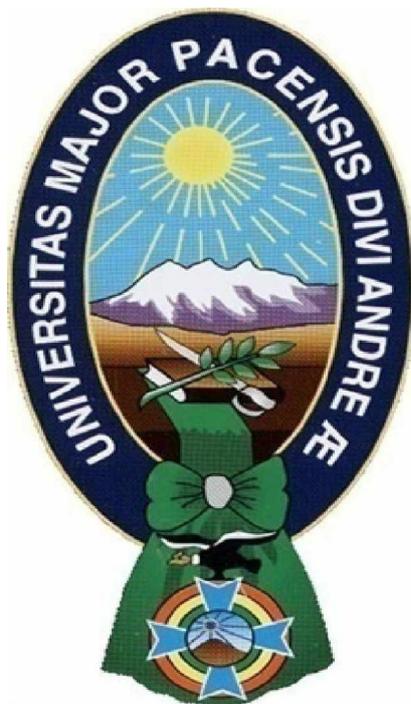


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**LEVANTAMIENTO DE SUELOS A NIVEL SEMIDETALLE DE LA ZONA NORTE Y
CENTRAL DEL MUNICIPIO DE PUCARANI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

EFRAIN ZUNAGUA ALVAREZ

La Paz – Bolivia

2013

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

**“LEVANTAMIENTO DE SUELOS A NIVEL SEMIDETALLE DE LA ZONA NORTE Y
CENTRAL DEL MUNICIPIO DE PUCARANI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

EFRAIN ZUNAGUA ALVAREZ

Asesor:

Ing. Ph. D. Vladimir Orsag Céspedes

Tribunal Examinador:

Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca

Ing. M.Sc. Fredy Navia Dávalos

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

Dedico a mi familia, quienes me brindaron su confianza y apoyo constantemente, pero en especial a mi querida madre Isabel Álvarez, quien estuvo conmigo durante los momentos más importantes de mi vida, brindándome su apoyo, cariño y en especial su amistad.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Instituto de Investigaciones Geológicas y Medio Ambiente (IGEMA), y en especial al coordinador del Proyecto, Ing. Ph.D. Jaime Argollo, quienes financiaron la ejecución del trabajo de investigación, concediéndome una Beca Tesis.

También deseo expresar el mayor de mi agradecimiento de manera especial a mi Asesor Ing. Ph.D. Vladimir Orsag Céspedes, por el asesoramiento, guía y orientación, durante el desarrollo la presente investigación y durante mi formación académica.

A los miembros del Tribunal Revisor: Ing. M.Sc. Paulino Ruiz e Ing. M.Sc. Fredy Navia, mis agradecimientos por la revisión, observaciones y recomendaciones para el trabajo de investigación.

A los ingenieros Andrés Bautista, Germán Copa, Julio Mendoza, Edwin Machaca y Nelson Aban, quienes aportaron amplio conocimiento en el trabajo realizado, en cuanto se refiere a Sistemas de Información Geográfica, Geología y Geomorfología.

A los docentes de las Carrera de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Geográfica, quienes agracias a sus conocimientos impartidos durante estos años, contribuyeron marcadamente en mi formación.

A mis compañeros de la Facultad, y a los de la Carrera de Ingeniería Geográfica, por brindarme su amistad.

Y a todos aquellos que de una u otra manera me brindaron su ayuda para la culminación de mi tesis.

CONTENIDO GENERAL

CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xii
ÍNDICE DE MAPAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3 REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
3.1 Definición de suelo y tierra.....	3
3.1.1 Suelo.....	3
3.1.2 Tierra.....	3
3.2 Geopedología.....	4
3.2.1 Geomorfología.....	4
3.2.1.1 Geoforma.....	4
3.2.2 Atributo de las geoformas.....	5
3.2.2.1 Atributos morfológicos.....	5
3.2.2.2 Atributos morfométricos.....	6
3.2.2.3 Atributos morfogenéticos.....	6
3.3 Fisiografía.....	6
3.3.1 Paisaje fisiográfico.....	7
3.4 Levantamiento de suelos.....	8
3.4.1 Clasificación de Suelos.....	9
3.4.2 Importancia de la clasificación.....	9
3.4.3 Uso Actual de la Tierra.....	10
3.4.4 Vegetación.....	10
3.4.4.1 Parámetros de medida de la vegetación.....	10
3.4.5 Capacidad de Uso de la Tierra.....	11
3.4.6 Clasificación Taxonómica de suelos.....	13
3.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	15
3.5.1 Los SIG en el levantamiento de suelos.....	15
3.6 Teledetección.....	16
3.6.1 Aplicaciones de la Teledetección.....	16
3.7 Cartografía de suelos.....	17
3.7.1 Unidades cartográficas.....	17
3.7.2 El mapa de suelos.....	18
3.7.3 La escala del mapa de suelos.....	18
3.7.4 La Leyenda.....	19

3.8	Conflictos de uso de la tierra	19
4	CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO	20
4.1	Ubicación	20
4.2	Clima	20
4.2.1	Precipitación	20
4.2.2	Temperatura	22
4.2.3	Balace hídrico	24
4.2.4	Riesgos climáticos	26
4.3	Hidrografía y cuencas	27
4.4	Geología	29
4.5	Geomorfología	30
4.6	Vegetación	30
4.7	Fauna	31
5	MATERIALES Y METODOS.....	32
5.1	Materiales	32
5.2	Metodología	33
5.2.1	Fase de gabinete I	32
5.2.2	Fase de campo	34
5.2.3	Fase de Laboratorio	40
5.2.4	Fase gabinete II	41
6	RESULTADOS	46
6.1	GEOMORFOLOGÍA	50
6.1.1	MONTAÑA ESTRUCTURAL EROSIONAL	50
6.1.1.1	Montaña alta, estructural con disección fuerte	50
6.1.1.2	Serranías altas afectadas por procesos periglaciares.....	51
6.1.1.3	Valles glaciares menores afectado por procesos de glaciación.....	53
6.1.2	SERRANÍA ESTRUCTURAL EROSIONAL	54
6.1.2.1	Serranía media, estructural con disección ligera	54
6.1.2.2	Serranía media, estructural con disección moderada	56
6.1.3	PIEDEMONTA AGRADACIONAL	57
6.1.3.1	Piedemonte superior con disección moderada	57
6.1.3.2	Piedemonte superior escarpado con disección moderada	58
6.1.3.3	Piedemonte inferior con disección moderada	59
6.1.4	VALLE GLACIAR EROSIONAL-AGRADACIONAL	60
6.1.4.1	Morrenas lateral y terminal	61
6.1.4.2	Conos aluviales	63
6.1.4.3	Llanura Aluvial con Disección Ligera	64
6.1.4.4	Terrazas aluviales	66
6.1.5	LLANURA AGRADACIONAL	67
6.1.5.1	Abanico aluvial	67
6.1.5.2	Llanura aluvial con disección moderada.....	69
6.1.5.3	Llanura aluvial con humedales	70
6.1.6	COLINA ESTRUCTURAL EROSIONAL	71
6.1.6.1	Colina baja estructural con disección ligera.....	71

6.1.7 Lechos de río	72
6.2 DESCRIPCION DE LA VEGETACION	74
6.2.1 Identificación de las especies vegetales	74
6.2.2 Determinación de las Asociaciones vegetales	75
6.2.3 Cobertura vegetal.....	77
6.2.4 Descripción de las Asociaciones vegetales	78
6.2.4.1Asociación Hypochoeris taraxcoides-Pycnophyllum sp.	78
6.2.4.2Asociación Distichia muscoides-Lachemilla piñata	79
6.2.4.3Asociación Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia	81
6.2.4.4Asociación Stipa ichu-Tetraglochin cristatum	82
6.2.4.5Asociación Festuca orthophylla-Distichlis humilis	84
6.2.4.6Asociación Bromus catharticus-Hordeum muticum	86
6.2.4.7Asociación Stipa obtusa-Stipa ichu	87
6.2.4.8Asociación Erigeron rosulatus-Deyexuia urbigyana	89
6.2.4.9Asociación Festuca dolichophylla-Lachemilla pinata	90
6.2.4.10 Asociación Festuca dolichophylla-Distichlis humilis	92
6.3 SUELOS	95
6.3.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte	95
6.3.2 Serranía media, estructural con disección ligera	95
6.3.3 Serranía media, estructural con disección moderada.....	99
6.3.4 Piedemonte superior con disección moderada	103
6.3.5 Piedemonte superior escarpado con disección moderada	105
6.3.6 Piedemonte inferior con disección moderada	107
6.3.7 Morrenas lateral y terminal	109
6.3.8 Conos aluviales	111
6.3.9 Llanura Aluvial con Disección Ligera	113
6.3.10 Terrazas aluviales	119
6.3.11 Abanico aluvial	122
6.3.12 Llanura aluvial con disección moderada	126
6.3.13 Llanura aluvial con humedales	130
6.3.14 Colina baja estructural con disección ligera	132
6.4 USO ACTUAL DE LA TIERRA	136
6.4.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte	136
6.4.2 Serranía media, estructural con disección ligera	136
6.4.3 Serranía media, estructural con disección moderada	136
6.4.4 Piedemonte superior con disección moderada	137
6.4.5 Piedemonte superior escarpado con disección moderada	137
6.4.6 Piedemonte inferior con disección moderada	137
6.4.7 Morrenas lateral y terminal	137
6.4.8 Conos aluviales	138
6.4.9 Llanura Aluvial con Disección Ligera	138
6.4.10 Terrazas aluviales antiguas	139
6.4.11 Abanico aluvial	139
6.4.12 Llanura aluvial antigua con disección moderada	139

6.4.13 Llanura aluvial con humedales	140
6.4.14 Colina baja estructural con disección ligera	140
6.4.15 Lechos de río	140
6.5 CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	143
6.5.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte	143
6.5.2 Serranía media, estructural con disección ligera	143
6.5.3 Serranía media, estructural con disección moderada	144
6.5.4 Piedemonte superior con disección moderada	145
6.5.5 Piedemonte superior escarpado con disección moderada	146
6.5.6 Piedemonte inferior con disección moderada	146
6.5.7 Morrenas lateral y terminal	148
6.5.8 Conos aluviales recientes	148
6.5.9 Llanura Aluvial con Disección Ligera	148
6.5.10 Terrazas aluviales antiguas	149
6.5.11 Abanico aluvial	149
6.5.12 Llanura aluvial antigua con disección moderada	150
6.5.13 Llanura aluvial con humedales	151
6.5.14 Colina baja, estructural con disección ligera	152
6.5.15 Lechos de río	152
6.6 CONFLICTO DE USO DE LA TIERRA	154
6.6.1 Adecuado	154
6.6.2 Sobre-uso	154
6.6.3 Sub-uso	154
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	157
7.1 Conclusiones	157
7.2 Recomendaciones	161
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Leyenda de un mapa de suelos	18
Cuadro N° 2. Límites y colindancias del Municipio Pucarani	20
Cuadro N° 3. Precipitación pluvial (mm)	22
Cuadro N° 4. Temperatura promedio máxima, media y mínima (°C) de la zona Norte	23
Cuadro N° 5. Temperatura promedio máxima, media y mínima (°C) de la zona Centro	23
Cuadro 6. Balance Hídrico - Estación Huayna Potosí	24
Cuadro 7. Balance Hídrico - Estación Chipamaya	25
Cuadro N°8. Geologica	29
Cuadro N°9. Principales geoformas y procesos identificados en el área de estudio	30
Cuadro N° 10. Principales especies silvestres del Municipio	31

Cuadro N° 11. Cuadro N° 11. Principales especies silvestres del Municipio	31
Cuadro N° 12 Clave de categorías de la cobertura	39
Cuadro N° 13. Unidades geomorfológicas	47
Cuadro N° 13. Conflicto de Uso de la Tierra de la montaña alta	50
Cuadro N° 14. Relación de las familias botánicas	74
Cuadro N° 15. Asociaciones vegetales y cobertura de la tierra identificadas en el área de estudio	76
Cuadro N° 16. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo	77
Cuadro N° 17. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación vegetal <i>Hypochoeris taraxcoides-Pycnophyllum sp.</i>	79
Cuadro N° 18. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Distichia muscoides-Lachemilla pinata</i>	80
Cuadro N° 19. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia</i>	82
Cuadro N° 20. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Stipa ichu-Tetraglochin cristatum</i>	84
Cuadro N° 21. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Festuca orthophylla-Distichlis humilis</i>	85
Cuadro N° 22. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Bromus cantharticus-Hordeum muticum</i>	87
Cuadro N° 23. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Stipa obtusa-Stipa ichu</i>	88
Cuadro N° 24. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Erigeron rosulatus-Deyexuia urbigyana</i>	90
Cuadro N° 25. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Festuca dolichophylla-Lachemilla pinata</i>	91
Cuadro N° 26. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación <i>Festuca dolichophylla-Distichlis humilis</i>	93
Cuadro N° 27. Propiedades físicas de la serranía media (Asociación ladera superior Khullcatina).....	96
Cuadro N° 28. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media, (Asociación pendiente superior Khullcatina).....	97
(Asociación ladera inferior Khullcatina)	
Cuadro N° 29. Propiedades físicas de la serranía media con disección ligera	98
Cuadro N° 30. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media con disección ligera (Asociación ladera inferior Khullcatina)	99
Cuadro N° 31. Propiedades físicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera superior Santa Ana)	100
Cuadro N° 32. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera superior Santa Ana)	100
Cuadro N° 33. Propiedades físicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera inferior Santa Ana)	102
Cuadro N° 34. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera inferior Santa Ana)	103

Cuadro N° 35. Propiedades físicas del piedemonte superior con disección moderada	104
Cuadro N° 36. Propiedades químicas y biológicas del piedemonte superior con disección moderada	105
Cuadro N° 51. Propiedades físicas del piedemonte escarpado	106
Cuadro N°52. Propiedades químicas y biológicas del piedemonte escarpado	107
Cuadro N° 37. Propiedades físicas del piedemonte inferior con disección moderada (consociación Cucuta)	108
Cuadro N° 38. Propiedades químicas y biológicas del piedemonte inferior con disección moderada (consociación Cucuta)	109
Cuadro N° 39. Propiedades físicas de las morrenas (terminal y lateral)	110
Cuadro N° 40. Propiedades químicas y biológicas de las morrenas (terminal y lateral)	111
Cuadro N° 41. Propiedades físicas de los conos aluviales	112
Cuadro N° 42. Propiedades químicas y biológicas de los conos aluviales	113
Cuadro N° 43. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Condoriri)	114
Cuadro N° 44. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Condoriri)	115
Cuadro N° 45. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chanuta-Tuni)	116
Cuadro N° 46. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chanuta-Tuni)	117
Cuadro N° 47. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección ligera(Asociación Chuñavi)	118
Cuadro N° 48. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chuñavi)	119
Cuadro N° 53. Propiedades físicas de la terraza aluvial	120
Cuadro N° 54. Propiedades químicas y biológicas de la terraza aluvial	121
Cuadro N° 55. Propiedades físicas de los abanicos aluviales (Asociación Vilaque)	123
Cuadro N° 56. Propiedades químicas y biológicas de los abanicos aluviales (Asociación Vilaque)	125
Cuadro N° 57. Propiedades físicas de los abanicos aluviales	125
Cuadro N° 58. Propiedades químicas y biológicas de los abanicos aluviales	127
Cuadro N° 59. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección moderada (Asociación Pucarani-Ancocahua)	128
Cuadro N° 60. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección moderada (Pucarani-Ancocahua)	129
Cuadro N° 61. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección moderada (Asociación Chipamaya)	129
Cuadro N° 62. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección moderada (Asociación Chipamaya)	130
Cuadro N° 63. Propiedades físicas de la llanura aluvial con humedales	131
Cuadro N° 64. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con humedales	132
Cuadro N° 65. Propiedades físicas de la colina baja con disección ligera	133
Cuadro N° 66. Propiedades químicas y biológicas de las colinas bajas con disección ligera	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Procedimiento para elaborar el mapa de conflictos de uso	45
Figura N° 2. Perfil topográfico del área de estudio en la imagen satelital	48
Figura N° 3. Perfil topográfico del área de estudio	48
Figura N° 4. Modelo 3D de la zona Norte y Cental del municipio de Pucarani en base a la imagen satelital LandSat TM	49
Figura N° 5. Montaña alta	50
Figura N°6. Serranía media, estructural con disección ligera	54
Figura N° 7. Perfil transversal de la serranía media, estructural con disección ligera	55
Figura N°8.Serranía media con disección ligera	56
Figura N° 9. Piedemonte superior	57
Figura N° 10. Piedemonte superior escarpado	58
Figura N° 11. Piedemonte inferior	59
Figura N°12. Perfil longitudinal del valle glaciar Tuni-Condoriri	61
Figura N° 13. Morrenas lateral y terminal.....	61
Figura N° 14. Conos aluviales	63
Figura N° 15. Llanura aluvial con disección ligera.....	64
Figura N° 16. Terrazas aluviales	66
Figura N° 17. Abanico aluvial.....	67
Figura N° 18. Llanura aluvial con disección moderada.....	69
Figura N° 19. Llanura aluvial con humedales	70
Figura N° 20. Colinas bajas	71
Figura N° 21. Lechos de río	72

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1. Comportamiento Pluvial de la zona de estudio	22
Gráfico N° 2. Comportamiento de temperaturas máximas, mínimas y medias de la zona Norte.	23
Gráfico N° 3. Comportamiento de temperaturas máximas, mínimas y medias de la zona Centro	24
Gráfico N° 4. Balance hídrico – Estación Huayna Potosí (5520 msnm)	25
Gráfico N° 5. Balance hídrico - Estación Chipamaya (3896 msnm)	26
Gráfico N° 6. Relación porcentual de las familias botánicas en el área de estudio	75
Gráfico N° 7. Porcentaje de las asociaciones vegetales y cobertura de la tierra	76
Gráfico N° 8. Porcentaje de cobertura vegetal (CV), pedregosidad y/o suelo desnudo (SCV)	77
Gráfico N° 9. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación vegetal Hypochoeris taraxcoides-Pycnophyllum sp.	78
Gráfico N° 10. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Distichia muscoides-Lachemilla pinata	80

Gráfico N° 11. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia	81
Gráfico N° 12. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Stipa ichu-Tetraglochin cristatum	83
Gráfico N° 13. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Festuca orthophylla-Distichlis humilis	85
Gráfico N° 14. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Bromus catharticus-Hordeum muticum	86
Gráfico N° 15. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Stipa obtusa-Stipa ichu	88
Gráfico N° 16. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Erigeron rosulatus-Deyexuia urbigyana	89
Gráfico N° 17. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Festuca dolichophylla-Lachemilla pinata.....	91
Gráfico N° 18. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación Festuca dolichophylla-Distichlis humilis	92

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N° 1. Glaciar Condoriri. Aguja u horn (A), arista (B), circo glaciar(C), derrubios (D)	52
Fotografía N° 2. Rocas aborregadas, al fondo se observa la laguna glaciar Tuni-Condoriri, vista desde la parte Norte.....	53
Fotografía N° 3. Conos de derrubio: conos antiguos (CA), conos recientes (CR).....	54
Fotografía N° 4. Serranía media con disección ligera	56
Fotografía N° 5 Serranía Santa Ana	57
Fotografía N° 6. Vista panorámica del piedemonte superior	58
Fotografía N° 7. Vista panorámica del piedemonte escarpado.....	59
Fotografía N° 8. Vista panorámica del piedemonte inferior	60
Fotografía N° 9. Morrena lateral (ML), terminal (MT) y laguna glaciar (LG)	62
Fotografía N° 10. Vista aérea de la serranía media, conos aluviales y la llanura aluvial	64
Fotografía N° 11. Vista panorámica de la llanura aluvial con meandros	65
Fotografía N° 12. Terraza aluvial de nivel	67
Fotografía N° 13. Ápice de abanico aluvial	68
Fotografía N° 14. Vista de la llanura aluvial	69
Fotografía N° 15. Llanura aluvial con humedales permanentes	70
Fotografía N° 16. Colinas bajas con disección ligera	71

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1. Ubicación	21
Mapa N° 2. Hidrografía y Cuencas	28
Mapa N° 3. Pendientes	35
Mapa N° 4. Topográfico	36
Mapa N° 5. Relieve sombreado	37
Mapa N° 6. Geomorfológico.....	73
Mapa N° 7. Asociaciones Vegetales	94
Mapa N° 8. Taxonómico	135
Mapa N° 9. Uso Actual de la Tierra	142
Mapa N° 10. Capacidad de Uso de la Tierra	153
Mapa N° 11. Conflictos de Uso	156

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la zona Norte y Central del municipio de Pucarani, el cual se encuentra en Región geomorfológica de la Cordillera Oriental y el Altiplano, presenta una superficie de 728.8 km². De acuerdo a su geomorfología, la zona Norte está constituida por diferentes unidades de paisaje, entre ellos se tiene a los formados por procesos estructurales y degradacionales, que son las montañas, serranías, colinas y valles glaciares, mientras en la zona Central tiene a los formados por procesos agradacionales entre ellos se tiene a los piedemontes, llanura, conos y abanicos aluviales.

En cuanto a la vegetación se identificó 134 especies distribuidas en 19 familias, de estas las gramíneas son la que presentan un mayor número de especies el cual representa el 39%, las rosáceas con el 11%, asterácea con el 10%, fabáceas con el 10%, y el resto corresponde a otras especies que se encuentran en menor porcentaje.

De acuerdo al uso actual, la ganadería extensiva (20.8%), es la más desarrollada debido a que se encuentra en zona Norte, donde la altitud y el clima no permite el desarrollo de la agricultura, mientras en la zona Central tiene un uso agrícola extensivo (19.9%).

En el levantamiento de suelos se realizó la apertura de 26 calicatas, donde, en descripción morfológica del perfil de suelo se utilizó la “Guía para la descripción de Perfiles de suelos” de la F.A.O. (2009), las muestras del suelo de cada horizonte fue enviada al laboratorio para su respectivo análisis. Con la información obtenida durante el levantamiento de suelos y los resultados de laboratorio, se realizó la evaluación de tierras mediante la metodología USDA (clases agrologicas o capacidad de uso), donde se determinó que el área de estudio presenta tierras arables que ocupan una superficie de 28765 ha (39%), entre ellas se tiene a la clase II, III, y IV, mientras las tierras no arables, ocupan 72883.7 ha, (57%), estas son de la clase V a la VIII. El restante 4% que equivales a 2607.2 ha, son cuerpos de agua, mancha urbana, lechos de rio y glaciares.

ABSTRACT

This study was conducted in the North and Central Pucarani Township, which is located in the Cordillera Region geomorphological and highlands, has an area of 728.8 km². According to its geomorphology, the North is made up of different landscape, among them is formed by the structural processes and degradation ones, which are mountains, hills, hills and valley glaciers, while in the Central area has to aggradational processes formed between them has to foothills, plains, cones and alluvial fans.

As for the vegetation we identified 134 species distributed in 19 families, of these grasses are presenting more species which represents 39%, the rose to 11%, with 10% Asteraceae, Fabaceae with 10%, and the rest belongs to other species found in a lower percentage.

According to the current use, ranching (20.8%) is the most developed because it is located in North area, where the altitude and the weather does not permit the development of agriculture, while in the central area has an agricultural use extensive (19.9%).

In soil survey was conducted 26 open pits, where morphological description of the soil profile was used the "Guide for the description of soil profiles" of FAO (2009), soil samples sent to the laboratory for examination.

With the information obtained during the soil survey and laboratory results, we conducted the evaluation of land through USDA methodology (agrológic classes or land capability), which determined that the study area has arable land covering an area of 28765 ha (39%) among them has to Class II, III and IV, while non-arable lands occupy 72883.7 ha (57%), which goes from Class V to VIII. The remaining 4% which equates to 2607.2 ha, are bodies of water, urban sprawl, river beds and glaciers.

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia, el mayor problema ambiental es la degradación del suelo, que es creciente y amenazadora, y se expresa fundamentalmente en un agudo proceso de erosión que trae consigo la pérdida de la capacidad agrícola y forestal del suelo, la destrucción de la base productiva del país y el agravamiento de la pobreza.

Bolivia cuenta con una extensión de 1'098.581 km², del cual solamente 3.05% de la superficie total, es utilizada con fines de producción agrícola, y estas van perdiendo su capacidad productiva por efecto de la degradación (Vargas, 2010).

La correcta planificación de las actividades agropecuarias (agricultura, ganadería) requiere de una detallada evaluación de las propiedades del suelo y de las posibles respuestas de éstos ante diferentes alternativas de manejo.

El principal propósito del levantamiento de suelos en la zona Norte y Central del municipio de Pucarani es posibilitar la realización de predicciones más precisas, numerosas y útiles sobre usos específicos de las tierras y su potencialidad, los cuales podrán brindar información valiosa para la planificación de los diferentes recursos naturales.

Por otra parte tomando en cuenta al recurso hídrico, y al suelo, ambos están en estrecha relación ya que el suelo forma parte del ciclo hidrológico, por tanto en el presente estudio se tiene como finalidad brindar información básica sobre las características del suelo que influyan en la infiltración, almacenamiento y escurrimiento del agua, y de esta manera pueda servir para posteriores estudios sobre las interacciones suelo-agua y las relaciones entre paisaje-suelo-agua, y así comprender el control edáfico sobre los procesos y propiedades hidrológicas y la incidencia de los procesos hidrológicos en la formación, variabilidad y funciones del suelo.

El presente trabajo, fue realizado dentro del proyecto **ANAISIS Y EVALUACION DE LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMATICO EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA, SECTOR TUNI CONDORIRI-CHACALTAYA Y SU AREA DE INFLUENCIA**, a través del Instituto de Investigaciones Geológicas y Medio Ambiente (IGEMA), el Instituto de Ecología y el Instituto de Investigaciones Físicas de la UMSA.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Realizar el levantamiento de suelos a nivel semidetalle de la zona Norte y Central del municipio de Pucarani del Departamento de La Paz.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar y describir las Unidades Geomorfológicas.
- Determinar las Asociaciones Vegetales.
- Determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos del área de estudio.
- Realizar la clasificación científica de suelos mediante el sistema USDA.
- Determinar el Uso Actual de la Tierra.
- Evaluar la Tierra de acuerdo a su Capacidad de Uso.
- Determinar las Áreas de Conflicto de Uso de la Tierra.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Definición de suelo y tierra

3.1.1 Suelo

Moreno (1989) indica que el suelo es una colección de cuerpos naturales sobre la superficie de la tierra, los cuales contienen materias vivientes y soportan o son capaces de soportar plantas.

Según el USDA (1993), citado por Rossiter (2000), señala que es la colección de cuerpos naturales que se encuentran sobre la superficie terrestre, en algunos sitios modificado, incluso originados por la actividad humana a partir de materiales terrosos, que contienen materia viva y que sustentan o que son capaces de sustentar plantas al aire libre.

Según Fitz Patrick (1993), el suelo, es el continuo de espacio-tiempo que forma la parte superior de la corteza terrestre. Esta definición, como la mayoría de las otras puede tener muchas deficiencias, incluye como suelo las arenas de los desiertos y las superficies desnudas de las rocas de las montañas, excluyendo así la presencia de las plantas y una superficie estable como esenciales para el suelo.

3.1.2 Tierra

La FAO (1982), citado por Rossiter (2000), define a la tierra como un área de la superficie terrestre, donde las características que abarca son razonablemente estables o predeciblemente cíclicas. Los atributos que corresponde a la Biosfera verticalmente arriba y debajo esta área, incluyen: La atmósfera, el suelo, la geología y geformas asociadas, la hidrología, la flora, la fauna, poblaciones microbiológicas, los resultados de la actividad humana pasada y presente. Al extremo que estos atributos ejercen una influencia significativa en usos presentes y futuros de la tierra por la humanidad.

FAO (1985), define tierra como un área de la superficie terrestre cuyas características incluyen todos los atributos de la biosfera razonablemente estables o

reduciblemente cíclicos, ya sea encima o debajo de dicha área; incluyendo aquellos de la atmósfera, el suelo, la geología subyacentes, la hidrología, las poblaciones de plantas y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente; en la medida que estos atributos ejerzan una influencia significativa en su uso.

3.2 Geopedología

Según Zinck (2012), la geopedología se refiere a las relaciones entre la geomorfología y la pedología, con énfasis de la contribución de la primera a la segunda. Más específicamente, geopedología es una instancia un enfoque metodológico para y al servicio del inventario de suelos, a la vez que provee un marco para el análisis de los patrones de distribución geográfica de los suelos.

La geomorfología contribuye a la pedología ofreciendo balances de materiales entre la superficie terrestre. El balance de materiales se encuentra bien ilustrado en el caso de las toposecuencias o catenas de suelos, por otra parte la geomorfología ofrece también un marco natural de la formación y evolución de los suelos. El medio geomorfológico integrando los factores formadores de material parental, relieve, tiempo y procesos superficiales, provee una parte esencial del marco espacial y temporal en el que los suelos se originan, se desarrollan, y evolucionan.

3.2.1 Geomorfología

Zinck (2012), define a la Geomorfología como la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre (geoformas), los procesos que las generaron, sus condiciones y la evolución en el tiempo, de modo tal que la gran variedad de formas del relieve sólo pueden entenderse de como pertenecientes a la totalidad del planeta e integradas y donde participan múltiples relaciones.

Para ello es preciso tener en cuenta el factor geológico que explica la disposición de los materiales. Las estructuras derivadas de la tectónica y de la litología; el clima, que introduce modalidades en la erosión y en el tipo de formaciones vegetales, de modo que la morfogénesis adquiere características propias en cada zona climática.

La elaboración de geoformas también depende de los paleo climas que se han sucedido en un determinado lugar.

De las condiciones tanto climáticas como biogeográficas, topográficas y litológicas, depende la eficacia erosiva de los cursos de agua y de otros modos de escorrentía y por lo tanto se debe considerar el conjunto de la red hidrográfica. La cobertura vegetal introduce un tapiz protector en la interfase atmósfera-litosfera, razón por la cual la biogeografía da claves importantes en el análisis de las geoformas y de los procesos que las modelan. Pero esta cobertura no depende sólo del clima y del sustrato rocoso, sino también de la acción antrópica.

3.2.1.1 Geoforma

Minár (2008), una geoforma es un cuerpo tridimensional: tiene forma, tamaño, volumen y topografía, elementos que generan un relieve. El primer paso para reconocerlas es identificar las geoformas con su topografía, drenaje, textura, tono, vegetación natural y uso de la tierra.

Una geoforma está compuesta por materiales que le son característicos como: grava, arena, limo, arcilla o cuerpos de rocas; tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman.

Utilizando fotografías aéreas se puede inferir que el tono y la textura dependen de la vegetación, que el uso del suelo permite hacer Asociaciones con aptitudes, que las formas de erosión permiten deducir el grado de consolidación de los materiales y el origen. La topografía a su vez, está relacionada con la pendiente, y puede ser: plana, ondulada, quebrada o escarpada; donde existen entrantes o salientes del terreno son factibles los cambios litológicos.

3.2.2 Atributo de las geoformas

3.2.2.1 Atributos morfográficos

Los atributos morfográficos son esencialmente descriptivos. Describen la geometría de las formas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geoformas a partir del DEM (Hengl, 2003 citado por Zinck, 2012)

3.2.2.2 Atributos morfométricos

La morfometría abarca los rasgos dimensionales de las geoformas derivada de una representación numérica de la topografía. Procedimientos computarizados permiten la extracción a través del DEM y la medición de una variedad de parámetros morfométricos, algunos de carácter local y otros de carácter regional, incluyendo pendiente, hipsometría, orientación, exposición visual, insolación y rugosidad (Olaya, 2008, citado por Zinck, 2012)

3.2.2.3 Atributos morfogenéticos

Ciertos atributos de las geoformas reflejan procesos y por eso pueden ser usados para reconstruir la evolución morfogenética de un área o condiciones medioambientales pasadas. Por lo general la relación atributo-proceso para identificar geoformas en ambientes deposicionales que en ambiente ablacional. Las geoformas construidas son usualmente más conspicuas que las geoformas de erosión, salvo como las cárcavas o las geoformas que resulten de la erosión cárstica.

3.3 Fisiografía

Villota (1992), indica que la etimología de la palabra fisiografía es physios=naturaleza y graphos=descripción; es decir, se trata de la "descripción de las producciones de naturaleza", entendiéndose por naturaleza el conjunto, orden y disposición de todas las entidades que componen el universo.

Desde un punto de vista aplicado, la fisiografía comprende el estudio, la descripción y la clasificación de las geoformas del terreno, considerando para esto aspectos de

geomorfología, geología, clima pasado y actual, hidrología, e indirectamente, aspectos bióticos (incluida la actividad humana), en la medida en que estas condiciones en las características edafológicas de tales formas, o al menos en su aptitud para uso y manejo, de manera que incidan para el establecimiento del patrón de los suelos en su delineación en las fotos aéreas.

Goosen (1967), citado por Villota (1991), la fisiografía tiene por objeto describir, clasificar y correlacionar aquellos paisajes terrestres, característicos de ciertos procesos fisiográficos, del modo en que aquellos puedan conducir al reconocimiento del patrón de suelos.

En términos más concretos dice este autor que la fisiografía es geografía de suelos, ya que aquella se enfoca principalmente al estudio de las características externas de los paisajes y la influencia que ellas ejercen sobre las características internas o pedológicas de los mismos.

Esta definición considera, por una parte, el suelo es un elemento del paisaje y por otra, que el ambiente geomorfológico (relieve, material parental y tiempo), junto con el clima, son factores de formación de estos paisajes y por tanto, también de los suelos que encierran.

3.3.1 Paisaje Fisiográfico

Corresponde al cuarto nivel de generalización del sistema y es la unidad fisiográfica fundamental de los levantamientos semidetallados, tanto generales como exploratorios de suelos, por cuanto es a este nivel que se definen las clases de suelos (taxones), con características y propiedades comunes; de igual manera, en este nivel es donde se esperan comunidades vegetales relativamente homogéneas o usos similares de la tierra (Villota, 1997).

Según Etter (1990), son factores formadores del paisaje: el clima, la litología, hidrología, el suelo, la vegetación, la fauna y el hombre, junto con sus actividades.

Las interacciones que tienen lugar entre estos factores le confieren una serie de cualidades propias a cada paisaje, de acuerdo con el estado y combinación particular de las variables. Estas propiedades se reflejan en aspectos como la forma del relieve, patrones de drenaje, fisonomía y estructura de la cobertura vegetal, biomasa, productividad del suelo, diversidad biológica y estabilidad de los geoprocesos y bioprocesos. En este sentido, un paisaje puede ser definido como una asociación característica de patrones estructurales y funcionales que responden a la interacción de los factores formadores.

Los paisajes así entendidos tienen dos componentes: el fenosistémico o conjunto de patrones visibles (geoformas, coberturas) y el criptosistémico o grupo de procesos no visibles que subyacen a la expresión fenosistémica.

3.4 Levantamiento de suelos

Jaramillo (2002), define el levantamiento de suelos como un conjunto de investigaciones necesarias para caracterizar, clasificar, delimitar y representar, en un mapa, los diferentes suelos de una región, para luego interpretar la Capacidad de Uso que tienen para un uso determinado y predecir su comportamiento y productividad bajo diferentes sistemas de manejo. El concepto levantamiento de suelos puede considerarse sinónimo de "mapeo de suelos".

El proceso de caracterizar un suelo consiste en describir y cuantificar, hasta donde sea posible, sus características (rasgos que pueden medirse o estimarse), de modo que se puedan establecer sus propiedades (rasgos derivados de la interacción de características) y deducir sus cualidades (comportamientos definidos por la interacción de características y propiedades); estos elementos pueden ser evaluados en el campo, mediante el estudio del *perfil del suelo*¹ o en el laboratorio, mediante análisis más detallados.

¹Corte en el terreno en el que se observa los horizontes correspondientes del suelo: Horizonte A, Horizonte B, Horizonte C y Roca madre (si el suelo es autóctono "in situ").

3.4.1 Clasificación de Suelos

Rossiter (2000), señala que en la etapa de la clasificación de los suelos, dentro de un levantamiento de suelos, consiste en ubicarlos dentro de un sistema de clasificación que permita agrupar aquellos cuyas características y propiedades estén variando dentro de un rango de valores permisible para ese grupo, separándolos de aquellos que están en otros grupos. Buol et al, (1983) citado por Jaramillo (2002) puntualizan que el hombre ha sentido la necesidad de clasificar los fenómenos naturales con los objetivos básicos de:

- Organizar el conocimiento.
- Entender las relaciones entre los individuos y los grupos de la población que analiza.
- Recordar propiedades de los objetos que estudia.
- Aprender nuevos principios y relaciones acerca de la población que estudia.
- Establecer clases con los objetos estudiados que le permitan:
 - Predecir su comportamiento.
 - Identificar su mejor uso.
 - Estimar su productividad.
 - Investigar los individuos y extrapolar el conocimiento que adquiere acerca de ellos.

3.4.2 Importancia de la clasificación

Quiroga (1984), indica que es importante la clasificación de tierras a pesar de que persiguen diferentes objetivos, pero sobre todo busca el mejor uso posible de una unidad de tierra conociendo su capacidad y sus limitaciones de los suelos.

Carrera (1986), señala que de los estudios de clasificación de tierras se puede obtener una predicción confiable concerniente a la capacidad natural productiva del recurso tierra, además de permitir normar adecuadamente el sistema de explotación empleado en la zona, mediante el establecimiento de un plan de acción pública regional.

Dalence (2001), menciona que la clasificación de las tierras estriba en que permite conocer el potencial y las limitaciones de las mismas, de tal manera que hace posible la planificación adecuada de su uso, proporcionando así, una base sólida para el desarrollo sostenido de las poblaciones dependientes

3.4.3 Uso Actual de la Tierra

El uso actual de la tierra constituye el marco inmediato de referencia, de las posibilidades de producción existentes al presente en el área de estudio así como de los recursos y factores de producción que disponen los productores.

En ese sentido es importante, en primer término, contrastar los usos actuales con la capacidad de uso de la tierra para los tipos de utilización considerados, a objeto de establecer la sostenibilidad de los mismos y, a partir de ello, poder derivar primeras recomendaciones relacionadas con el uso de la tierra. Este análisis permite establecer las áreas donde existe una adecuación entre los usos actuales de la tierra y su capacidad de uso, así como aquellas áreas que demandan adaptaciones, sea cambios de manejo o cambios de uso de la tierra. Este análisis también es útil para establecer la adecuación entre los factores productivos actualmente empleados y aquellos requeridos en función de la Capacidad de Uso de la tierra.

3.4.4 Vegetación

3.4.4.1 Parámetros de medida de la vegetación

a) Composición florística

Huss et al (1996), define la composición florística como la cantidad relativa de diferentes especies de plantas presentes; el porcentaje de composición puede ser basado en frecuencia, cobertura y densidades.

b) Frecuencia

Morales (1998), indica que la frecuencia se refiere a cuantas veces aparece una especie en los levantamientos. Puede ser expresado en número enteros o en

porcentaje, Huss et al (1996), define a la frecuencia como un parámetro que da una idea de la presencia o ausencia de una especie en la pradera.

c) Cobertura vegetal

Morales (1998), define a la cobertura vegetal como la superficie cubierta por la proyección vertical de la parte aérea de la planta sobre el suelo. Esta medida indica si las condiciones ambientales del lugar son favorables o desfavorables para el desarrollo de las plantas, se expresa en porcentaje de la superficie del área de muestreo.

3.4.5 Capacidad de Uso de la Tierra

FAO (2000), el Sistema fue estructurado por el Servicio de Conservación del Suelo de los Estados Unidos, desarrollado por Klingebiel y Montgomery (1961), adaptado y divulgado en Brasil por Marques (1971). Después fueron efectuadas otras aproximaciones, como las hechas por Lepsch (1983) y Lepsch (1991).

La utilización de este sistema es recomendada para fines de planeamiento de prácticas de conservación del suelo, al nivel de propiedades o empresas agrícolas, o para pequeñas cuencas hidrográficas. Su uso para otras finalidades, como en el caso de estudios regionales, debe ser hecho con adaptaciones y con acompañamiento de estudios que consideren las condiciones socioeconómicas y aptitud agroclimática de los cultivos (Lepsch 1991).

Conceptualmente, el sistema se basa en la interpretación de las características y propiedades intrínseca del suelo, del medio físico y del nivel tecnológico de los agricultores, con el objetivo de obtener clases homogéneas de tierras, y definir su máxima capacidad de uso sin riesgos de degradación del suelo, especialmente con relación a la erosión acelerada. De esta forma, el sistema toma en cuenta las limitaciones permanentes de la tierra, relacionándolas con las posibilidades y limitaciones de uso de la misma. Considera, sin embargo, aspectos socioeconómicos y de política agrícola (Lepsch, 1991).

Este sistema es jerarquizado de la siguiente forma:

- clases de capacidad de uso (I a VIII): basadas en el grado de limitación del uso;
- subclases de capacidad de uso (Ile, IIle, IIIs, etc.): basadas en la naturaleza de la limitación del uso;
- unidades de capacidad de uso (Ile-1, Ile-2, IIIa-1, etc.): basadas en condiciones específicas que afectan el uso o manejo de la tierra.

Son por lo tanto ocho clases organizadas en tres grupos, con la intensidad de uso en escala decreciente de I a VIII. El grupo A contiene tierras cultivables con cultivos anuales, perennes, pasturas y/o reforestación y/o vida silvestre, comprendiendo las clases I, II, III y IV. El grupo "B" comprende tierras adaptadas a las pasturas y/o reforestación y/o vida silvestre, incluyendo las clases V, VI y VII. El grupo C son tierras no cultivables, pero apropiadas para protección de la flora y de la fauna silvestre, recreación y almacenamiento de agua, abarcando la clase VIII.

Las clases II a VII, excepto la V, son subdivididas en subclases en función de sus limitaciones permanentes, relacionadas con erosión (e), suelo (s), agua (a) y clima (c). Las unidades de capacidad de uso tornan más explícita la naturaleza de las limitaciones, o sea, facilitan el proceso de establecimiento de las prácticas de manejo. El sistema de clasificación de la capacidad de uso tiene como ventaja el hecho de poder ser usado para trabajos de planeamiento e indicar el uso y las prácticas conservacionistas a nivel de finca. Como desventaja, el sistema presupone la utilización de un nivel avanzado de manejo del suelo, no considerando el uso de niveles de manejo menos desarrollados, como por ejemplo, los que utilizan tracción animal, pudiendo con eso subestimar el potencial agrícola de ciertas fincas.

De esta forma, tierras pedregosas con declives poco acentuados que con tracción animal pueden ser cultivadas con cultivos anuales, en ese sistema de evaluación son clasificadas como clase VI (inaptas para cultivos anuales), por no permitir la motomecanización. Además, el sistema exige un mapa básico de suelos o de atributos del medio físico a nivel detallado, no siempre disponible. Las

recomendaciones conservacionistas de uso de la tierra y la rigidez con la cual los riesgos de erosión son interpretados y mapeados, particularmente en las clases VI y VII (tierras inaptas para el uso con cultivos anuales), y la falta de informaciones científicas en cuanto a la recomendación de uso de estas áreas dificulta la determinación del potencial agrícola de las mismas (Streck, 1992).

3.4.6 Taxonomía de suelos

USDA (2006). La taxonomía de los suelos es un sistema morfogenético, (Smith, 1965) que considera los principios básicos de una clasificación de individuos naturales. Sin embargo, debido a la heterogeneidad y complejidad de los suelos, varios de estos principios tienen una aplicación limitada, como se verá más adelante.

El objetivo principal de la taxonomía es servir como instrumento para la elaboración e interpretación de los levantamientos de suelos; permite determinar áreas con base en el conocimiento de las características genéticas, morfológicas, físicas y químicas y de la distribución geográfica de rasgos diagnósticos; es útil además para precisar las unidades cartográficas, comprender las relaciones entre los suelos de diferentes zonas, a fin de establecer una buena correlación; también facilita reconocer ciertos parámetros que han intervenido en su evolución, lo cual resulta importante para predecir el comportamiento futuro del suelo.

Este sistema es multicategórico y objetivo, ya que permite la clasificación de los suelos en clases y categorías concebidas con base en definiciones precisas y cuantitativas de las propiedades mismas del suelo, incluyendo su humedad y temperatura.

El sistema presenta seis categorías mayores que en orden decreciente de generalización son las siguientes: Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia y Serie. En las cuatro primeras hay mayor énfasis en la escogencia de características que permiten organizar, comprender y comparar suelos; es decir, en ellas hay mayor contenido genético. En las dos últimas dominan criterios fundamentados en la

transferencia y la aplicabilidad de conocimientos, de tal manera que su mayor homogeneidad permite predecir el comportamiento de los suelos de la manera más precisa posible.

La categoría más alta del sistema es el Orden, el cual se alcanza mediante la identificación de criterios morfogenéticos (horizontes diagnósticos), teniendo en cuenta aquellas propiedades comunes a los suelos que marcan diferencias por la clase e intensidad de los procesos que tienden a desarrollar dichos horizontes diagnósticos; cuando un suelo se ha ubicado en esta categoría, su clasificación posterior es mucho más fácil de llevar a cabo, puesto que el sistema diferencia, mediante el cumplimiento de determinados requisitos, las categorías restantes, con la ayuda de las claves taxonómicas; las características físicas, mineralógicas y químicas particulares permiten identificar las categorías menores.

Los Subórdenes corresponden a subdivisiones de los órdenes y se establecen de acuerdo con las características que producen las clases de una alta homogeneidad genética, con la presencia o ausencia de propiedades asociadas como el material parental, los regímenes de humedad y de temperatura, los efectos de la vegetación definidos por la presencia de características diagnósticas específicas y el grado de descomposición de materia orgánica.

Al nivel de Gran Grupo los suelos presentan similitudes en la clase de ordenamiento y grado de expresión de los horizontes con igual régimen de humedad y temperatura, y semejanzas en el grado de saturación de bases. Constituye, conceptualmente, el control adicional en la evolución de los suelos.

El Subgrupo se forma por las variaciones que se dan con relación al suelo que tipifica el concepto central de Gran Grupo y las variaciones de este; es decir, los integrados o suelos transicionales a otros Órdenes, Subórdenes, Grandes Grupos e incluso a no suelo.

3.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Cárdenas (2008), la característica principal del SIG es la función de análisis geográfico (espacial) que ofrece medios para inferir nueva información basada en un lugar.

En sentido estricto un SIG es un sistema de cómputo para reunir, almacenar, manipular y desplegar información geográfica. Un Sistema de Información geográfica (SIG), es una integración Organizada de Hardware (equipos electrónicos), software (programas adecuados), datos espaciales (información geográfica) y personal técnico (capacitado), diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información geográfica, con el fin de ayudar a la toma de decisiones para la solución de problemas. Ej.: planificación uso de las tierras, riesgos naturales, cambios de uso de las tierras, meteorología, medio ambiente, manejo de los recursos naturales, planificación urbana, etc.

3.5.1 Los SIG en el levantamiento de suelos.

Stoorvogel (2000), indica que los SIG ya han sido usados para los levantamientos de suelos durante muchos años a diferentes escalas y en diferentes regiones geográficas, el almacenamiento de los datos, la transformación de las fotografías aéreas, imágenes satelitales y el análisis de los datos, son algunos de los aspectos por los que el SIG se ha introducido tan rápido. El uso de SIG para la aplicación de mapas esta descrito a continuación:

- Digitalización e interpretación de las fotografías aéreas, imágenes satelitales, puntos de observación y cartas topográficas.
- Transformación geográfica de las fotografías aéreas y/o imágenes satelitales a la carta topográfica con base en puntos de referencia.
- Interpretación de los datos básicos (curvas de nivel).
- Presentación del mapa de suelos y/o derivados.

FAO (1994), Entre las ventajas de esta herramienta SIG están su adaptabilidad a una gran variedad de modelamiento con una mínima inversión de tiempo y dinero; los

datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional; gran diversidad de modelos conceptuales en una forma relacional, gran diversidad de modelos conceptuales pueden ser probados rápidamente y repetidos varias veces facilitando su ajuste y evaluación.

3.6 Teledetección

Hernández (1993), define teledetección o sensoramiento remoto como "La utilización de sensores para la adquisición de la información sobre objetos o fenómenos sin que exista contacto entre ellos". Estos sensores pueden ser sistemas fotográficos u óptico-electrónicos capaces de registrar en forma de imágenes la energía emitida por objetos distantes y pueden ser montados en diferentes plataformas como aviones, satélites, etc.

La teledetección permite el estudio de los recursos naturales y la vegetación en los sistemas agropecuarios, pudiendo obtener información precisa en tiempo casi real de la situación del sector. Asimismo, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten el análisis integrado de información de sensores remotos, cartográfica y bases de datos georreferenciados.

3.6.1 Aplicaciones de la Teledetección

Montoya (1990), menciona, la aplicación de la teledetección, son realmente extensas y cubre una amplia gama del conocimiento humano; entre los campos en los cuales esta ciencia ha tenido mayor ampliación, se encuentra con varias ciencias, pero solo se menciona los de importancia en los recursos naturales como son los siguientes:

- **Recursos vegetales.** Manejo de pasturas, detección y análisis del "estrés" en la vegetación, análisis de cortes y reforestación en áreas boscosas, manejo de casos de infección e infestaciones en áreas cubiertas por vegetación, riesgos de erosión en zonas no explotadas, etc.
- **Recurso suelo.** Estimación de la erosión en suelos, mapeo de la erosión, inventario de suelos, análisis de problemas específicos (Salinidad, etc.)
- **Recurso agua.** Manejo de aguas, estudio del potencial del recurso agua, manejo de cuencas hidrográficas, análisis de la calidad del agua, análisis de

los aportes de contaminación de las corrientes a los depósitos captadores de agua (lagos, mares, etc.), detección de aguas subterráneas, etc.

- **Geología.** Prospecciones mineras, explotación petrolera, análisis de estructuras, estudios de potenciales geométricos.
- **Agricultura.** Inventario del uso agrícola, detección y manejo de problemas de suelo, irrigación, drenaje, inventario de los cultivos, evaluación de la producción agropecuaria, evaluación de daños a los cultivos, etc.

3.7 Cartografía de suelos

Paruelo (2006), define a la cartografía como la ciencia y arte de elaborar mapas estableciendo funciones que traducen fenómenos del mundo real (datos primarios) en representaciones correctas, claras y entendibles.

La cartografía digital surge como una técnica de elaboración cartográfica que presenta las siguientes características:

- Corrección y actualización de la cartografía más rápida y eficiente.
- Posibilidad de interacción con el mapa (selección de capas, realizar ampliaciones, etc.)
- Dispositivos de almacenamiento masivo.

3.7.1 Unidades cartográficas

León (1980), en los estudios cartográficos conviene distinguir tres conceptos referidos al suelo: el suelo como cuerpo natural (ente real que podemos muestrear), el tipo de suelo (la clase taxonómica, según la clasificación utilizada) y la unidad cartográfica (mancha cartográfica que representa el área que ocupa el suelo).

Dada la compleja distribución de los suelos, es necesario distinguir varias clases de unidades cartográficas.

- **CONSOCIACIONES.** Son unidades sencillas, constituidas por una sola clase de suelo.
- **ASOCIACIONES.** Se trata de unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, en las que es posible establecer las pautas de

distribución en el paisaje. Si la escala del mapa fuese más grande se separarían en varias unidades cartográficas.

- GRUPOS INDIFERENCIADOS. Unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, que se presentan íntimamente asociados y en las que no es posible establecer las pautas de distribución en el paisaje.
- AREAS MISCELÁNEAS. Zonas de no suelo, como son las áreas urbanas, polígonos industriales, afloramientos rocosos, arenales, masas de agua, etc.

3.7.2 El mapa de suelos

Jaramillo (2002), es un mapa temático que representa la distribución espacial de los suelos de una determinada región. Es uno de los medios más efectivos para comunicar los resultados de un levantamiento de suelos. En la elaboración del mapa de un levantamiento de suelos hay tres aspectos fundamentales a considerar: la escala, las unidades cartográficas y la presentación del contenido.

3.7.3 La escala del mapa de suelos

Jaramillo (2002), indica que la escala de un mapa, informa acerca de las veces que se han tenido que reducir las dimensiones de los objetos reales para poderlos representar en él. Definiéndose el tamaño mínimo que deben tener los objetos que quieren representarse en el mapa; en el caso de los levantamientos de suelos, el tamaño mínimo que debe tener un cuerpo suelo para que pueda ser representado en aquel. Así mismo, la escala a la cual se va a publicar el mapa del levantamiento define el tipo de imagen que se va a utilizar para la fotointerpretación, puesto que la transferencia de información entre documentos tiene limitaciones cartográficas y fotogramétricas debidas a la diferencia de escala. Cabe aclarar que el mapa de suelos se realiza sobre un mapa, generalmente topográfico, elaborado previamente, llamado mapa base y éste es el que le da la precisión cartográfica final al mapa de suelos.

3.7.4 La Leyenda

Una parte esencial del mapa son la leyenda el cual Jaramillo (2002), considera que un mapa, por ser una representación de la distribución de algún fenómeno, tiene que estar acompañado, necesariamente, de algo que explique lo que se está representando en él; ese algo es la leyenda, sin la cual el mapa pierde toda utilidad.

La leyenda es, en la práctica, es un resumen de los resultados obtenidos en el levantamiento; ella describe el contenido de las diferentes unidades cartográficas y su entorno; en lo posible, debe presentar la mayor cantidad de información relacionada con la interpretación del estudio; una leyenda de un mapa de suelos, en cualquier nivel de detalle, debe contener información acerca de los tópicos que se plantean en el siguiente modelo de encabezamiento:

Cuadro N° 1. Leyenda de un mapa de suelos

UNIDADE DE PAISAJE	UNIDADES TAXONOMICAS			UNIDADES CARTOGRAFICAS		USO ACTUAL	VEGETACION	CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA
	CONJUNTO	TAXON	%	TIPO Y NOMBRE	SIMBOLO			

3.8 Conflictos de uso de la tierra

Barreda (2002), citado por Ayala (2007), establece que el objetivo principal es la relación mutua entre el uso actual la capacidad de uso de la tierra. Cuando existe discrepancia entre el uso actual y la capacidad de uso, o se presenta desequilibrio debido ya que el uso actual no es el más adecuado, causando erosión y degradación de las tierras, se evidencian los conflictos de uso.

Metodológicamente los conflictos de uso se determinan comparando o sobreponiendo el mapa de uso actual, con el mapa capacidad de uso de la tierra. El resultado de este proceso permite luego de una confrontación de usos, generar un mapa de conflictos donde se ubican las áreas de uso adecuado o no conflictivo y los inadecuados.

La jerarquización de conflictos de uso de la tierra permite identificar prioridades para el ordenamiento territorial y constituye la base para la determinación de los tipos de uso alternativos.

4. CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

4.1 Ubicación

El Municipio de Pucarani, está ubicado en la Provincia Los Andes del Departamento La Paz, geográficamente la Provincia ocupa el territorio de la región Oeste del Departamento; ubicado entre las coordenadas geográficas 16°32'11,44" – 16°05'02,15" Latitud Sur y 68°43'44,15" – 68°09'09,7" Longitud Oeste, con una altitud aproximada de 4000 a 4400 msnm, cuenta con una superficie de 933.4 Km².

Cuadro N° 2. Límites y colindancias del Municipio Pucarani

Punto Cardinal	Descripción
Norte	4 ^a Sección "Puerto Pérez" y 3 ^a Sección "Batallas" Provincia Los Andes; 2 ^a Sección "Guanay" Provincia Larecaja.
Sur	2 ^a Sección "Laja" Provincia Los Andes y 3 ^a Sección "Tihuanacu" Provincia Ingavi.
Este	Sección Capital "La Paz" y 4 ^a Sección "El Alto" Provincia Murillo.
Oeste	3 ^a Sección "Tihuanacu" Provincia Ingavi y el Lago Titicaca.

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Pucarani (2007 – 2011).

El área de estudio cuenta con una superficie de 728.8 Km² correspondiente a la zona Norte y Central de municipio de Pucarani.

4.2 Clima

El clima es imperante, típico del altiplano con invierno seco y veranos lluviosos, durante el día los vientos son fríos y la temperatura disminuye notoriamente por la noche. La precipitación anual que percibe la zona es de 500 – 800 mm anual.

4.2.1 Precipitación

En municipio de Pucarani no cuenta con una estación meteorológica en la zona Norte, la más próximas al área de influencia de estudio es la estación Huayna Potosí que se ubica cerca al glaciar del mismo nombre, pero en la parte central del municipio se cuenta con la estación meteorológica de Chipamaya.

MAPA 1. UBICACIÓN

En el cuadro siguiente se observa el comportamiento de la precipitación pluvial de acuerdo a las referencias de la estación meteorológica Huayna Potosí (5520 msnm) y Chipamaya (3896 msnm) de la gestión 2011.

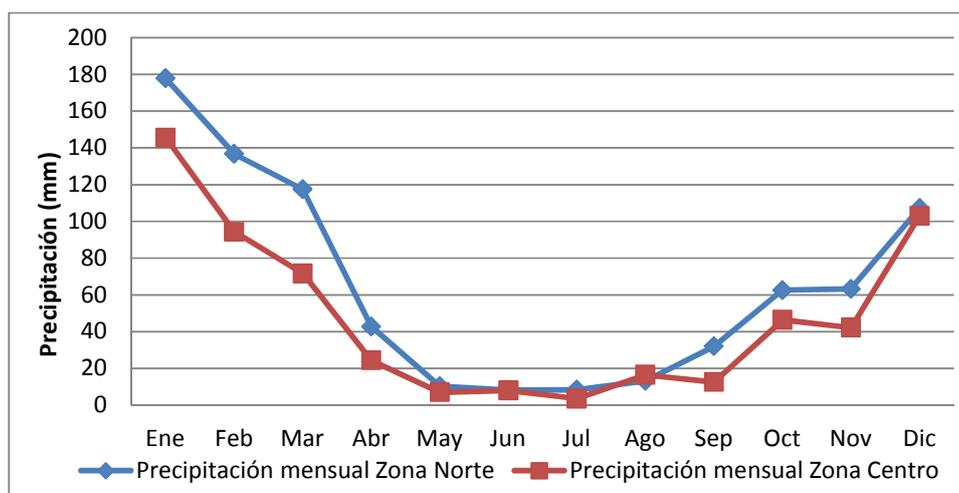
Cuadro N° 3. Precipitación pluvial (mm)

VARIABLE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación mensual Zona Norte	177,8	136,7	118	42,8	10,3	8,1	8,4	13,2	32,1	62,6	63,3	107,2
Precipitación mensual Zona Centro	145,6	94,38	71,7	24,5	7,07	8,02	3,59	16,48	12,6	46,45	42,21	103

Fuente: Elaboración propia en base a SENAMHI y COBEE (2011).

La precipitación presenta sus mayores valores entre los meses de diciembre a febrero, por el contrario, la evidencia el déficit de agua para todo uso, se presenta en los meses de junio y julio.

Gráfico N° 1. Comportamiento Pluvial de la zona de estudio



Fuente: COBEE y SENAMHI, Estación meteorológica de Huayna Potosí y Chipamaya (2011).

4.2.2 Temperatura

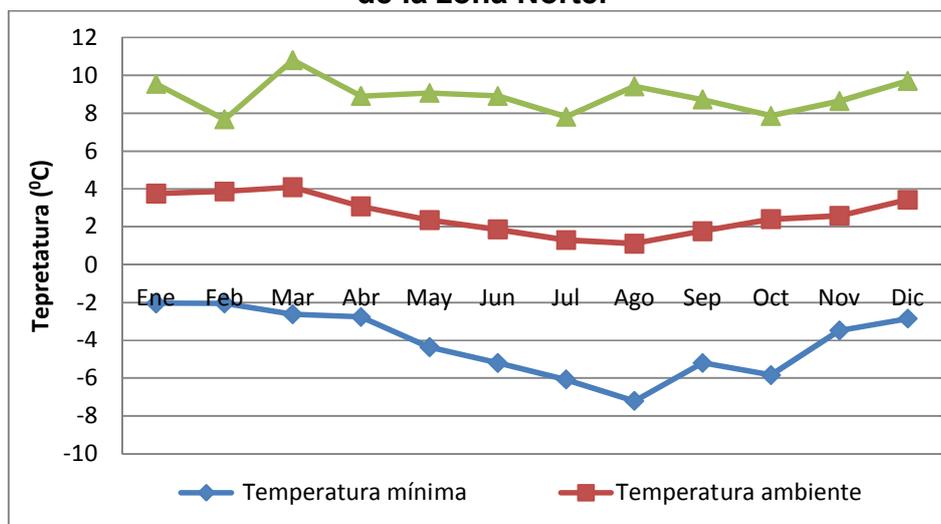
Según datos de la estación meteorológica Huayna Potosí, la zona Norte presenta tres valores: mínima extrema, media ambiente, máxima extrema mensual; las temperaturas más frías se presentan en el período junio – septiembre, mientras las temperaturas más elevadas se presentan entre diciembre – marzo.

Cuadro N° 4. Temperatura promedio máxima, media y mínima de la zona Norte

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínima Extrema	-2,04	-2,1	-2,6	-2,8	-4,4	-5,2	-6,07	-7,2	-5,2	-5,8	-3,5	-2,9
Media Ambiente	3,76	3,87	4,09	3,07	2,36	1,86	1,20	0,84	1,77	2,40	2,58	3,43
Máxima extrema	9,55	7,67	10,8	8,9	9,07	8,91	7,81	9,42	8,72	7,86	8,64	9,71

Fuente: COBEE, estación meteorológica Huayna Potosí (2011).

Gráfico N° 2. Comportamiento de temperaturas máximas, mínimas y medias de la zona Norte.



Fuente: COBEE, Estación meteorológica de Huayna Potosí (2011).

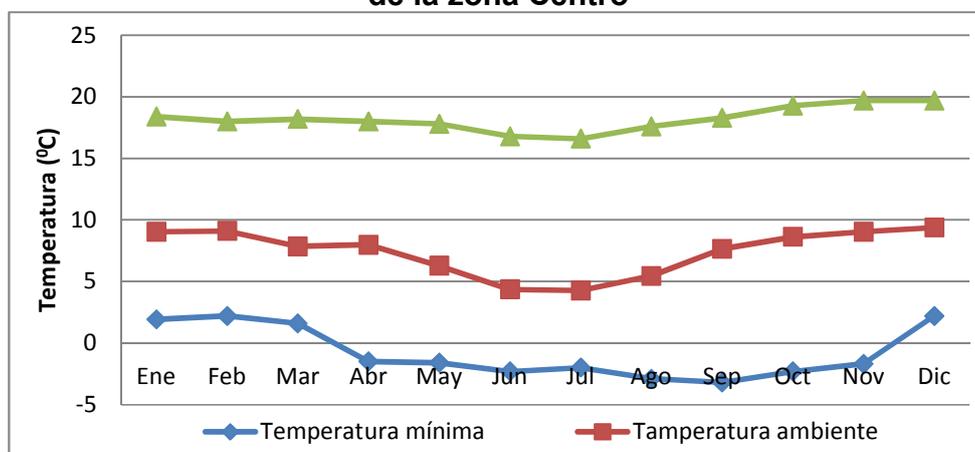
Según datos de la estación meteorológica Chipamaya, la zona Centro presenta tres valores: mínima extrema, media ambiente, máxima extrema mensual; las temperaturas más frías se presentan en el período mayo – agosto, mientras las temperaturas más elevadas se presentan entre octubre – febrero.

Cuadro N° 5. Temperatura promedio máxima, media y mínima de la zona Centro

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínima Extrema	1,92	2,2	1,6	-1,5	-1,6	-2,3	-2	-2,9	-3,2	-2,3	-1,7	2,2
Media Ambiente	9,04	9,11	7,86	8,0	6,28	4,36	4,27	5,46	7,65	8,63	9,04	9,38
Máxima extrema	18,4	18	18,2	18,1	17,8	16,8	16,6	17,6	18,3	19,3	19,7	19,7

Fuente: SENAMHI, Estación meteorológica de Chipamaya (2011).

Gráfico N° 3. Comportamiento de temperaturas máximas, mínimas y medias de la zona Centro



Fuente: SENAMHI, Estación meteorológica de Chipamaya, (2011).

4.2.3 Balance hídrico

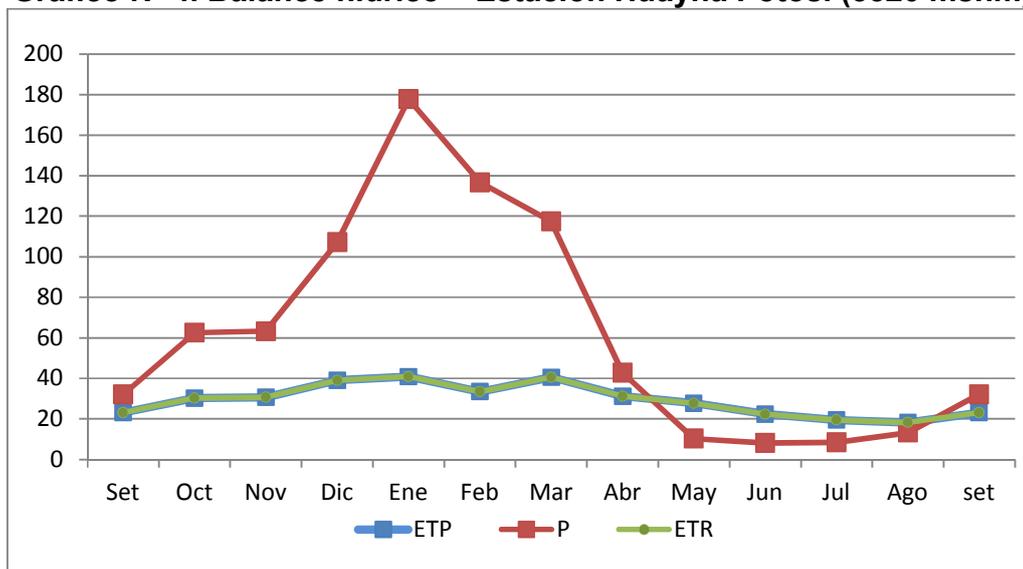
Los cuadros 3 y 4, presentan datos de precipitación, del área de influencia de las estaciones meteorológicas Huayna Potosí y Chipamaya, ya que son las estaciones más próximas. Con esta información se realizó el balance hídrico plasmado gráficamente en las Figura 4 y 5, según el método de Thornthwaite (1955).

Cuadro 6. Balance Hídrico - Estación Huayna Potosí (5520 msnm)

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
temp	1,77	2,4	2,58	3,43	3,76	3,87	4,09	3,07	2,36	1,86	1,3	1,11	
i	0,21	0,33	0,37	0,57	0,65	0,68	0,74	0,48	0,32	0,22	0,13	0,10	4,79
ETP sin corr	33,9	40,5	42,3	49,8	52,5	53,4	55,1	46,7	40,1	35,0	28,5	26,0	
nºdías mes	30	31	30	31	31	28,3	31	30	31	30	31	31	
nº horas luz	8,15	8,68	8,7	9,1	9,05	7,98	8,55	8,02	8,02	7,65	7,95	8,15	
ETP corr.	23,1	30,3	30,6	39,0	40,9	33,4	40,6	31,2	27,7	22,3	19,5	18,2	356,8
P	32,1	62,6	63,3	107,2	177,8	136,7	117,5	42,8	10,3	8,1	8,4	13,2	780,0
ETR	23,1	30,3	30,6	39,0	40,9	33,4	40,6	31,2	27,7	22,3	19,5	18,2	356,8
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reserva	9,0	41,4	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	32,6	18,4	7,3	2,3	
Excedentes	0,0	0,0	24,0	68,2	136,9	103,3	76,9	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	420,9

Fuente: elaboración propia en base a COBEE (2011)

Gráfico N° 4. Balance hídrico – Estación Huayna Potosí (5520 msnm)



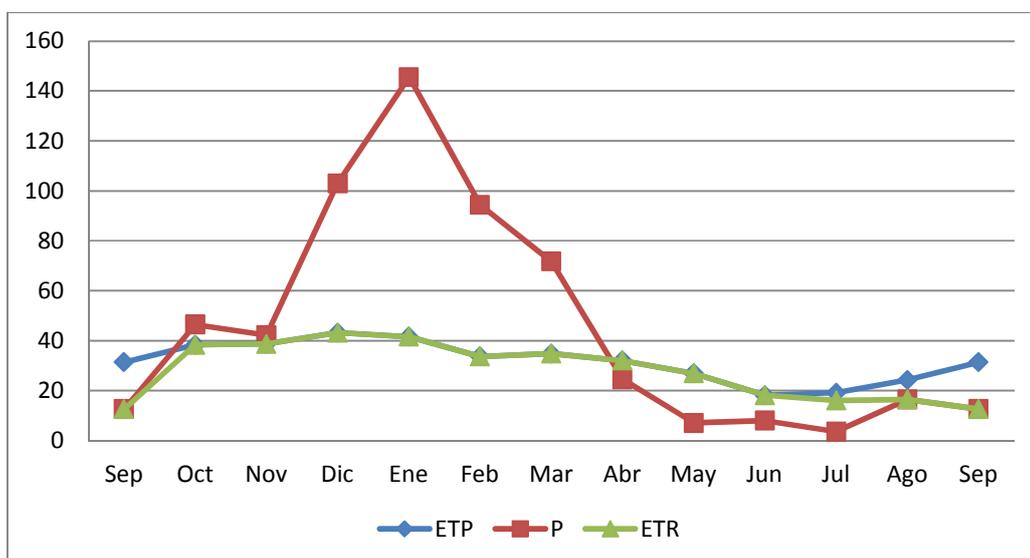
Fuente: elaboración propia en base a COBEE (2011)

Cuadro 7. Balance Hídrico - Estación Chipamaya (3896 msnm)

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
Temp (°C)	7,65	8,63	9,04	9,38	9,04	9,11	7,86	7,98	6,28	4,36	4,27	5,46	
i	1,90	2,28	2,45	2,59	2,45	2,48	1,98	2,03	1,41	0,81	0,79	1,14	22,33
ETP sin corr	46,2	51,3	53,4	55,1	53,4	53,7	47,3	47,9	39,0	28,5	28,0	34,6	
n°días mes	30	31	30	31	31	28,3	31	30	31	30	31	31	
n° horas luz	8,15	8,68	8,7	9,1	9,05	7,98	8,55	8,02	8,02	7,65	7,95	8,15	
ETP corr.	31,4	38,3	38,7	43,2	41,6	33,6	34,8	32,0	26,9	18,2	19,1	24,3	382,2
P (mm)	12,6	46,5	42,2	103,0	145,6	94,4	71,7	24,5	7,1	8,0	3,6	16,5	575,6
ETR	12,6	38,3	38,7	43,2	41,6	33,6	34,8	32,0	26,9	18,2	16,0	16,5	352,6
Déficit	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	7,8	29,7
Reserva	0,0	8,1	11,6	50,0	50,0	50,0	50,0	42,4	22,6	12,4	0,0	0,0	
Excedentes	0,0	0,0	0,0	21,5	104,0	60,7	36,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	223,1

Fuente: elaboración propia en base a SENAMHI (2011).

Gráfico N° 5. Balance hídrico - Estación Chipamaya (3896 msnm)



Fuente: elaboración propia en base a SENAMHI (2011).

Los gráficos 4 y 5 tienen el siguiente significado de las áreas entre las líneas:

- Entre ETP y ETR es el déficit.
- Donde P está por encima de ETR, corresponde al Almacenamiento en Reserva + Excedentes.
- Donde ETR está por encima de P corresponde a la Utilización de la reserva del suelo.

4.2.4 Riesgos climáticos

El Municipio por su ubicación y sus características ambientales, geomorfológicas, presenta riesgos climáticos que se evidencian tales como: heladas, granizadas, sequías e inundaciones.

Zona Norte

La zona Norte es la que presenta mayor incidencia de heladas con rigurosidad en los meses de junio a julio, tiene mayor prevalescencia en esta zona la época de invierno, y esto es atribuida por su cercanía a la Cordillera.

La presencia de granizada es frecuente así como las nevadas. La presencia de períodos de sequía en el norte es menor por la presencia de fuentes de agua del lugar, el peligro de sufrir inundaciones es reducido por las características físicas de la zona.

Zona Central

Los días con heladas son menores a la del Norte; la presencia de granizada es difícil de predecir y, la nevada en la zona tiene es menos frecuente que la zona Norte.

En períodos de sequía disminuye de manera dramática la producción de leche y alfalfa, el peligro de inundación se presenta sobre todo en la pampa de Cota Cota y de Iquiaca – Huarialtaya por la presencia del río Sehuenca como consecuencia del descenso de las aguas de la cordillera que se acumulan en las comunidades de la zona Central.

Zona Sur

Presenta una menor cantidad de días con heladas, por efecto del movimiento constante de aire en la superficie, las granizadas no tienen mayor efecto, las nevadas marcan generalmente la preparación de suelos, su presencia es menor en comparación a las anteriores pero suficiente. Es una zona muy susceptible a inundaciones es un depósito natural de grandes ríos como el Sehuenca y el Katari por la presencia de planicies que fácilmente son inundables.

4.3 Hidrografía y cuencas

La hidrografía que presenta el municipio Pucarani, forma parte de la *cuenca endorreica*² o del Altiplano, su territorio posee dos microcuencas importantes que vierten sus aguas al Lago Titicaca, entre ellas tenemos la microcuenca del río Sehuenca y la microcuenca del río Pampajasi.

Los ríos principales del municipio, se han determinado tomando en cuenta el recorrido a través de las comunidades y los afluentes que posee, entre ellos destacan por su importancia los siguientes: Pampajasi, Sehuenca, Huancane y Vilaque.

² Área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el mar

MAPA 2. HIDROGRAFIA Y CUENCAS

4.4 Geología

Según el mapa geológico de La Paz (1995), y complementado con el informe de Argollo (1984), el área de estudio pertenece a los periodos³ Ordovícico, Silúrico, Devonico, Terciario y Cuaternario, de estos dos últimos, su distribución son rocas principalmente de origen sedimentario, con depósitos aluviales y coluviales. Dentro las principales formaciones⁴ que se han originado por los movimientos orogénicos que tienen gran influencia en las geoformas del área de estudio, a continuación se describe con mayor detalle:

Cuadro N° 8. Ciclo Geológico.

Era	Periodo	Época	Formación/deposito	Descripción
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales	Cantos, gravas, arenas, limos y arcillas
			Depósitos de abanico aluvial	Cantos, gravas, arenas y limos
			Depósitos coluviales	Bloques y gravas
			Depósitos fluvio-glaciario	Gravas, arenas y arcillas
			Depósitos glaciares	Bloques, gravas y arcillas
	Oligoceno	Kollu Kollu	Areniscas rojo claro, lentes conglomerados, tobas y arcillas	
Terciario	Paleoceno	Peñas	Conglomerados polimicticos rojizos y areniscas rojas a rosadas	
Paleozoico	Devónico	Superior	Colpapucho	Areniscas marron amarillentas
	Silúrico	Superior	Catavi	Areniscas cuarcíticas y pizarras grises
		Medio	Uncia	Pizarras gris oscuras y metacuarcitas basales
			Cancañiri	Diamicitas, cuarcitas y pizarras, con metamorfismo débil
Ordovícico	Superior	Amutara	Metacuarcitas, metalimolitas, meta-areniscas y pizarras	

Fuente: Elaboración propia en base a SERGEOTECMIN (1995).

³ Divisiones de la Era geológica. Dos o más periodos comprenden una Era geológica.

⁴ Es una secuencia de rocas, generalmente de características semejantes, en cuanto a litología, fósiles y edad. Por lo tanto poseen una facies semejante, cuencas de deposición semejantes y cercanas, y fuentes de aportes de materiales también semejantes

4.5 Geomorfología

El estudio geomorfológico pretende analizar y proporcionar información sobre formas, relieves, aspectos de erosión y los posibles tipos de suelos. Morfoestructuralmente el área de estudio se encuentra en las cadenas montañosas de Los Andes, por lo tanto encontraremos geoformas originadas por procesos exógenos (*degradacional*⁵ y *agradacional*⁶), y procesos endógenos como se describe a continuación:

Cuadro N° 9. Principales geoformas y procesos identificados en el área de estudio

Geoforma	Proceso
Montañas Altas	Tectodinamico (Plegamiento)
Serranías Medias	Plegamiento y Degradacional
Valles glaciares	Degradacional
Morrenas	Agradacional
Conos aluviales	Agradacional
Llanuras aluviales	Agradacional
Terrazas aluviales	Agradacional
Abanicos aluviales	Agradacional
Piedemonte	Agradacional

Fuente: Elaboración propia en base a Villota (1991).

4.6 Vegetación

En la Zona Norte, la vegetación presenta diferencias entre cada uno de sus pisos ecológicos, así en el piso alpino, las fanerógamas son las que con mayor frecuencia se encuentran, en lugares de mayor escurrimiento superficial de agua, se reúnen las especies típicas del borde de los bofedales, como *Senecio serratifolius*, hierba perenne rizomatosa, estos campos son de origen glacial y en ellos se observan piedras y gravas redondeados.

⁵ Corresponde a procesos de sedimentación coluvial, es decir, depositación o acumulación de materiales heterogéneos de variado tamaño (partículas y fragmentos de suelo), sobre rellanos y bases de laderas de montañas y colinas; y sedimentación aluvial en donde el agua impulsada por la gravedad en forma de corrientes fluviales (agua de escorrentía) es el agente de transporte y de depositación.

⁶ Es el proceso de remodelado y reducción de los relieves iniciales por meteorización de las rocas (desintegración y descomposición); remoción en masas (desplazamiento, soliflucción, reptación, etc.); y la erosión, ocasionada por desprendimiento y transporte de productos de la meteorización por agentes como el agua y el viento.

En el piso subalpino, la vegetación es más abundante destacando la presencia de la Huaycha, Añahuaya, Kaylla, Ichu, Muña Muña, etc. forman campos nativos para la alimentación del ganado.

En la Zona Central y Zona Sur (piso montano) la vegetación es más abundante destacando la presencia de Chiji, Cebadilla, Chillihua, totorilla, etc., las principales variedades del Municipio se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 10. Principales especies de plantas en el municipio

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Ojho siki	<i>Hypochoeris taraxcoides</i>	Gramma	<i>Distichlis humilis</i>
	<i>Pycnophyllum sp</i>	Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i>
Kunkuna	<i>Distichia muscoides</i>	Choklla	<i>Bromus cantharticus</i>
Totorilla	<i>Scirpus rigidus</i>	Sikuya	<i>Stipa ichu</i>
Ok'e ok'e	<i>Alchemilla erodifolia</i>		<i>Deyexuia urbigyana</i>
Trevol	<i>Trifolium repens</i>		<i>Erigeron rosulatus</i>
Sikuya	<i>Stipa ichu</i>	Chillihua	<i>Festuca dolichophylla</i>
Kaylla	<i>Tetraglochin cristatum</i>		<i>Lucilia tunariensis</i>
Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i>		<i>Calamagrotis curvula</i>

Fuente: Transectos en campo y descripción botánica (Herbario Nacional UMSA).

4.7 Fauna

La variedad de pisos ecológicos, permite que en el Municipio se presenten una variedad de aves, mamíferos, arácnidos, etc.; muchos de ellos tienen un significado bastante profundo para la población puesto que se constituyen en bioindicadores, algunos como la liebre son consideradas muy perjudiciales por su efecto negativo en las cosechas.

Cuadro N° 11. Principales especies silvestres del Municipio

ZONA NORTE		ZONA CENTRAL Y SUR	
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Águila (Maman)	<i>Buteo poecilochorus</i>	Flamenco andino Huallata	<i>Chloephaga melanoptera</i>
Cóndor	<i>Vultur Gruphus</i>	Kurkuta	<i>Metriopelia ceciliae</i>
Vizcacha	<i>Lagidium viscaccia</i>	Lagarto (pararancu)	<i>Leolaemus alticolor</i>
Ratón (achaku)	<i>Mus musculus</i>	Lechuza (Jucku)	<i>Tyto alba</i>
Liebre	<i>Orytalagus cuniculus</i>	Liebre	<i>Orytalagus cuniculus</i>
Kurkuta	<i>Metriopelia ceciliae</i>	Pato (Chok'a)	<i>Anas flavirostris</i>
Yaca yaca	<i>Colaptes rupicola</i>	Gaviotas	<i>Gallinago andina</i>
Zorritos (Anathuya)	<i>Conepatus chinga</i>	Ratón (achaku)	<i>Mus musculus</i>
Alcón	<i>Falco sparverius</i>	Sapo (Jampatu)	<i>Bufo spinulosus</i>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Pucarani (2007-2011)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente estudio, se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales y Equipos para mediciones

- GPS navegador.
- Wincha.
- Flexo metro.

5.1.2 Materiales para el estudio de los perfiles del suelo

- Cuchillo edafológico.
- Pala.
- Picota.
- Barreta.

5.1.3 Materiales para la descripción de los perfiles

- Guía de descripción de perfiles de la FAO.
- Tabla Munsell (para determinar el color del suelo).
- Frasco gotero con HCL al 15% (para determinar carbonatos del suelo).
- Lupa.
- Cuchillo de geólogo.
- Tarjeta de descripción de perfiles.

5.1.4 Materiales para anotación y recolección de muestras

- Tarjeta de muestreo.
- Bolsas de polietileno.
- Etiqueta de codificación.

5.1.5 Material cartográfico y otros

- Imágenes satelitales LandSat TM 2006.
- Imágenes ASTER GDEM
- Carta topográfica 1: 50 000
- Cámara fotográfica (digital).

5.2 Metodología

Para fines del presente estudio de suelos, la metodología utilizada está respaldado por teorías que se citan en: Moreno, (1991); Chilón, (1996); Rossiter, (2000); Jaramillo (2002) y sugerencias de Orsag (2011).

En el presente trabajo se consideró cuatro fases que son:

1. Fase de Gabinete I
2. Fase de Campo
3. Fase de Laboratorio
4. Fase de Gabinete II

5.2.1 Fase de gabinete I

En esta fase se realizó la recopilación y procesamiento de la información existente relacionada con la zona de estudio, como ser datos climáticos (precipitación y temperatura), cartas topográficas (Hoja 5845-I, 5845-II, 5845-III y 5845-IV), *imágenes satelitales*⁷ *LandSat*⁸ TM, que permitieron la preparación del mapa base y los diferentes mapas temáticos.

5.2.1.1 Procesamiento de imágenes satelital LANDSAT TM

Se realizó la corrección del desplazamiento de las imagen, con relacion a la base cartográfica del IGM. Para ello se buscaron ocho *puntos de control*⁹ en la carta topográfica y sus correspondientes en la imagen, distribuyéndolos de manera uniforme en toda el área de la imagen, para comparar la exactitud de la corrección geométrica se desplegó la imagen corregida y los datos de la base cartográfica del IGM (archivo *Shapefile*¹⁰) en la misma vista.

⁷ Imagen tomada a través de satélites, el cual representa entidades geográficas dividiendo el mundo en cuadrados denominados celdas.

⁸ Satélite tecnológico terrestre. Land = tierra, Sat = Satélite, lanzado por la NASA-USA con el objeto de obtener imágenes de la superficie terrestre y realizar con éstas estudios de los recursos naturales.

⁹ Ubicación de coordenadas x, y conocidas, usadas para georeferenciar un raster.

¹⁰ Formato de almacenamiento de datos tipo vector para guardar la ubicación, forma y atributos de las entidades geográficas. Un shapefile es almacenado en una carpeta y contiene una clase de entidad.

5.2.1.2 Integración al Sistema de Información Geográfica

Con la finalidad de realizar diferentes análisis concernientes a los temas espaciales entre ellos: Ubicación espacial, cálculo de superficies y perímetros, análisis espacial, incluir bases de datos, topologías, etc. los elementos gráficos resultantes del área de trabajo fueron integrados al Sistema de Información Geográfica. Posteriormente se realizó la interpretación de la imagen satelital, por el método del análisis geomorfológico para la elaboración del mapa base, que se fundamentó en la estrecha relación que existe entre las formas de paisaje y las características del suelos.

Paralelamente se utilizó además cuatro cartas topográficas a escala 1:50.000 las cuales fueron convertidas a formato *Shapefile* (reconocible en ArcGis), donde se utilizaron las curvas de nivel y la red hídrica, por otra parte, con ayuda del modelo digital de elevación (DEM), se generó de curvas de nivel, el mapa de pendientes y el Hillshade (Relieve), el cual se sobrepuso a la imagen satelital LandSat TM para poder la delimitación con mayor exactitud de las unidades de paisaje, el resultado fue la impresión de un mapa geomorfológico preliminar para el trabajo de campo.

En lo referido a la identificación del uso actual de la tierra, se utilizó la imagen satelital LandSat TM (2006) procesada, donde se delimito las unidades de uso actual de la tierra. Para la identificación de unidades de vegetación del área de estudio, en base a la imagen procesada con los índices de vegetación *bandas*¹¹ 5-4-3, se digitalizaron unidades homogéneas para obtener un mapa preliminar de vegetación.

5.2.2 Fase de campo

5.2.2.1 Reunión y talleres con comunidades

El taller con sub-centrales permitió involucrar a los comunarios con el tema de estudio, y además coordinar la apertura de calicatas en las unidades de paisaje, por otra parte se realizó talleres para concientizar sobre el uso adecuado de sus tierras.

¹¹ Medida de alguna características o calidad de las entidades observadas en un raster. Normalmente las imágenes satelitales tienen múltiples bandas que representan diferentes longitudes de onda electromagnética a lo largo del espectro electromagnético.

MAPA 3. PENDIENTE

MAPA 4. TOPOGRAFICO

MAPA 5. RELIEVE SOMBREADO

5.2.2.2 Corroboración del paisaje

En esta fase se realizó una salida de campo donde incluyó un reconocimiento general de la zona de estudio, a objeto de corroborar los límites de las unidades geomorfológicas y del patrón de distribución de los suelos, posteriormente la información se describió en un formulario de campo para ajustar y validar el mapa preliminar, se *georeferenciaron*¹² los puntos de observación y se tomaron fotografías de apoyo.

5.2.2.3 Suelos

Se identificaron y seleccionaron sitios representativos del área de estudio a partir del mapa geomorfológico preliminar. Las prospecciones fueron en *calicatas*¹³ y en observaciones detalladas de corroboración mediante la barrenación. En la calicata se realizó la descripción morfológica el perfil representativo en forma detallada, tomando los criterios de la guía para descripción del perfil de los suelos, publicada por la FAO (2009).

Las barrenaciones verificaron la continuidad de una clase de suelo dentro de la unidad geomorfológica. Para la caracterización de propiedades físicas y químicas, se tomaron muestras de suelos de los diferentes horizontes y posteriormente fueron enviados al laboratorio para su análisis físico-químico respectivo.

5.2.2.4 Vegetación

Para la identificación de las unidades de vegetación se utilizó la metodología de Braun Blanquet (1979) modificado por Huss et al (1996), el cual se basa en técnicas cualitativas a partir del conocimiento de las especies y cuantitativas utilizando el método de transecto al paso, el mismo que consiste en la delimitación de 50 metros lineales (75 pasos), donde en cada paso se registran datos de las especies vegetales que hacen contacto con una varilla.

¹² La georreferenciación es el proceso por el cual dotamos de un sistema de referencia (coordenadas terreno) a una imagen digital que se encuentra en coordenadas de píxel (filas y columnas).

¹³ Excavación de 1.50 m de largo, 1.0 m de ancho y 1.5 m de profundo, aproximadamente, en la cual se describe el suelo y sus capas u horizontes, y se toman diversas muestras para su análisis en laboratorio.

Se efectuó un total de 48 transectos en toda el área de estudio, en cada uno se registró los puntos de control con datos de latitud, longitud y altitud; se realizó también una descripción cuantitativa de la vegetación circundante (frecuencia, densidad y especies dominantes) como se describe a continuación.

- **Composición florística**

En base al levantamiento de los transectos se determinó la composición florística de las Asociaciones vegetales, las mismas están referidas al porcentaje total o parcial de especies características de las praderas.

- **Asociaciones vegetales**

Para la identificación de las *Asociaciones vegetales*¹⁴, se tomó como criterio la dominancia de las especies en la composición florística. Para ello se resumieron las tablas de censos de vegetación, obteniendo promedios y porcentajes de cada una de las especies y se ordenaron según el número decreciente total de las especies, tomando las dos primeras especies dominantes para la asociación y codificarlas en claves.

- **Cobertura vegetal**

Para el cálculo de la cobertura vegetal, se sumaron los porcentajes de las especies deseables, poco deseables, indeseables, musgos, expresadas en porcentajes de cobertura vegetal con relación al porcentaje de suelo desnudo, afloramientos rocosos, pavimentos de erosión y la presencia de piedras.

Cuadro N°12. Clave de categorías de la cobertura

Cobertura (%)	Índice	Densidad	Código
1 -5	1	Muy escasa	me
5 - 10	2	Escasa	e
10 - 25	3	Muy clara	mc
25 -50	4	Clara	c
50 - 75	5	Poco densa	pd
75 - 90	6	Densa	d
90 - 100	7	Muy densa	md

Fuente: Valdivia (1993)

¹⁴ Es un grupo vegetal de composición florística determinada con una apariencia uniforme y que crece en condiciones estacionales uniformes

5.2.2.5 Uso Actual de la tierra

El trabajo de campo se basó en la delimitación de las unidades de uso, que representan los conjuntos de prácticas de uso actual de la tierra, producción de cultivos y sistemas de manejo, para este trabajo se hizo uso de formularios. La ubicación de los sitios de observación en campo se determinó mediante el uso de GPS y la imagen satelital.

Para la elaboración de la Leyenda se utilizó el mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra de Bolivia 2010, elaborado por el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (escala 1:100000).

5.2.3 Fase de Laboratorio

En esta fase el análisis de laboratorio se dividió en tres partes, a continuación se describen los siguientes:

Análisis físico

- Granulometría por el método de Hidrómetro de Bouyucus.
- Contenido de grava.

Análisis químico

- Reacción del suelo en suspensión agua–suelo 1:5 por el método del potenciómetro.
- Reacción del suelo en suspensión de cloruro de potasio, relación 1:5 por el método del potenciómetro.
- Conductividad eléctrica en suspensión agua–suelo, relación 1:5 por el método del puente de Wheastone.
- Capacidad de Intercambio Catiónico por extracción con acetato de amonio 1N a pH 7.
- Cationes cambiables calcio y magnesio por el método del versenato; sodio y potasio por el método de fotómetro de llama.

Análisis Biológico

- Carbono orgánico por combustión húmeda por el método de Walkey Black.
- Nitrógeno por el método de Khendahl.
- Fósforo por el método de Olsen.

5.2.4 Fase gabinete II

En esta fase se realizó la evaluación, interpretación, sistematización y análisis de toda la información obtenida en campo, contrastando con la información secundaria (bibliográfica y cartográfica).

5.2.4.1 Geomorfología

Se generó el mapa respectivo con los debidos ajustes en lo concerniente a las divisiones de las unidades de geomorfológicas presentes en la zona, ese trabajo significó un relacionamiento minucioso de la imagen satelital, la carta topográfica, los mapas generados a través del DEM y lo observado en campo, para luego proceder a su vectorización y posterior creación de la respectiva base de datos y los cálculos que permiten apreciar las dimensiones superficiales de cada tipo de paisaje geomorfológico representado en el área de estudio.

5.2.4.2 Vegetación

Con base en la información de campo se procedió a delimitar las unidades de vegetación, uso actual de la tierra y la generación de polígonos independientes con su respectiva información.

5.2.4.3 Suelos

En base a los informes del análisis físico-químico de laboratorio se caracterizó los suelos por unidad de paisaje, determinando así la capacidad de uso de la tierra y la clasificación taxonómica.

5.2.4.4 Clasificación Taxonomía de Suelos

La metodología utilizada para clasificar los suelos fue del Sistema del Soil Taxonomy 2006 (USDA). Donde la clasificación del suelo, se basó en la información obtenida en el trabajo de campo, a través de la descripción de perfiles según el método de FAO y del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los EEUU., donde se describió las características morfológicas de cada horizonte, identificando así los horizontes de diagnóstico (epipedones y endopedones), cuya información se confirmó y amplió con los resultados del análisis de laboratorio de muestras de suelos y las fotografías tomadas (perfil y medio circundante), además para la clasificación se tomó en cuenta los regímenes de humedad y temperatura.

Según este sistema, las categorías de agrupación parten del Orden que es la categoría superior del sistema, luego está el Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia, Serie y Fase.

Para el presente estudio, posterior a la descripción morfológica del perfil del suelo y los resultados del análisis de laboratorio, se utilizó el Manual de Claves para la Taxonomía de Suelos (2006), obteniendo como resultado final, la clasificación de los suelos a nivel de **Subgrupo**.

5.2.4.5 Capacidad de Uso de la Tierra

El método utilizado fue el elaborado por el Soil Conservation Service de USA según el sistema propuesto por Klingebiel y Montgomery (1961). Donde establecen tres niveles de clasificación:

- Clases,
- Subclases,
- Unidades.

Pero para el presente estudio, se llegó a clasificar la tierra hasta el segundo nivel, el cual es Subclases de Uso.

A continuación se definen las 8 clases con limitaciones de utilización crecientes desde la I a la VIII.

- *Clase I.* Dentro de esta clase se incluyen tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona.
- *Clase II.* Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.
- *Clase III.* Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.
- *Clase IV.* Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas, excepto en climas pluviales, donde este tipo de cultivo no es recomendable.
- *Clase V.* Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural.
- *Clase VI.* Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.
- *Clase VII.* Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la

restauración forestal por medio de la regeneración forestal por medio de la regeneración natural.

- Clase VIII. Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

Dependiendo del tipo de limitación se establecen varias subclases de capacidad, Klingebiel y Montgomery definieron cuatro.

- Erosión (e): Es la pérdida actual o potencial de suelo provocada por la escorrentía superficial y la acción del viento. La erosión actual o sufrida ocurre por malas prácticas de manejo de las tierras según el grado de inclinación de la pendiente.
- Suelo (s): Se refiere a las limitaciones que se presentan, provocadas por uno o varios de los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad.
- Drenaje (w): Agrupa las limitaciones causadas por exceso o deficiencia de humedad en el suelo o por el riesgo de inundación.
- Clima (c): Son limitaciones debidas a las distintas características climáticas que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. Para caracterizar las limitaciones por clima, se emplean las zonas de vida (Holdridge 1982), el periodo seco, el viento y la neblina.

5.2.4.6 Conflicto de uso.

En esta etapa se realizó el reconocimiento, registro, evaluación y descripción *in situ* de los principales, y más representativos usos que generan conflictos en la zona de estudio. De igual manera se sostuvo dialogo directo con pobladores líderes dentro de las comunidades, con la finalidad de identificar el grado de importancia frente a los problemas existentes en su zona.

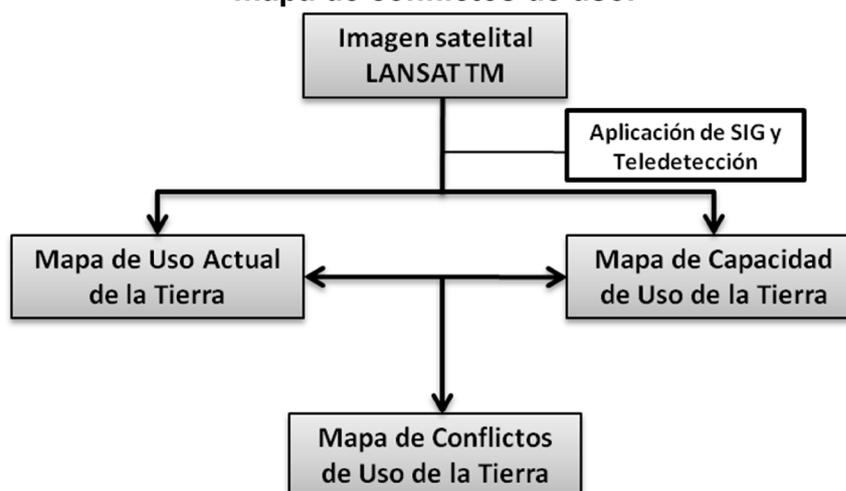
Posteriormente con la aplicación de programas ArcGis 10.1 (sistemas de información geográfica), se generó el mapa de Conflictos de Uso de la Tierra, mediante la superposición del mapa de Uso Actual con el de Capacidad de Uso de la Tierra, adicionalmente se complementó con información recolectada en campo.

Para la denominación de las diferentes unidades que especifican los conflictos de uso de la tierra, se adoptaron las siguientes:

1. **Adecuado.** Indica que el suelo esta utilizado de forma correcta, significa que el uso existente tiene exigencias similares a su Capacidad de Uso, es decir se encuentra en equilibrio.
2. **Sub-uso.** Cuando las exigencias del uso o cobertura vegetal actual son menores a Capacidad de Uso ofertada, se puede decir que el suelo puede dar más de lo actual.
3. **Sobre-uso.** Cuando las exigencias del uso o cobertura vegetal actual son mayores a la Capacidad de Uso ofertada, es decir el suelo esta degradado o degenerado por empobrecimiento de sus condiciones iniciales.

Las etapas de la elaboración del mapa de conflictos es la siguiente:

Figura N° 1. Esquema del procedimiento para elaborar el mapa de conflictos de uso.



Fuente: Elaboración propia en base a Rabanal (2010)

Posteriormente a la realización del informe por área temática, se procedió a integrar la información para la redacción del documento final y la generación de los diferentes mapas temáticos.

6. RESULTADOS

La interpretación de la imagen satelital sirvió de apoyo para la elaboración del mapa geomorfológico, vegetación y uso actual; se obtuvieron diversos índices y clasificaciones que permitieron elaborar mapas preliminares, con los cuales sirvieron para realizar la validación del trabajo de campo, y posteriormente generar los mapas definitivos.

El análisis geomorfológico y los estudios de suelos efectuados en el área de estudio, permitieron la delimitación de las principales unidades de paisaje, el grado de *disección*¹⁵, así como las características y clases de suelos.

Estas formas fueron descritas tomando en cuenta su génesis, litología, diseño de drenaje, gradiente, contenido de pedregosidad, uso actual de la tierra, grado de disección y erosión del suelo.

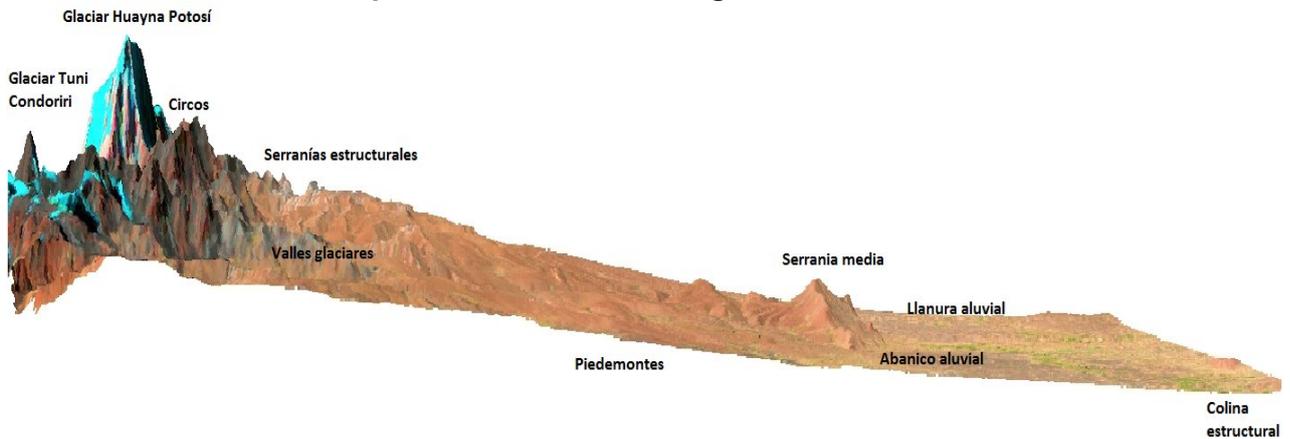
¹⁵ Define los procesos morfogenéticos que originan el entalle de una forma topográfica a partir de su superficie original

Unidades geomorfológicas

REGION GEOMORFOLOGICA	UNIDAD GENETICA	PAISAJE	CODIGO	SUPERFICIE (ha)	%
CORDILLERA ORIENTAL	Montaña Estructural Erosional	Montaña Alta, Estructural con Disección Fuerte	MaeF	9641.9	13.2
	Serranía Estructural Erosional	Serranía Media, Estructural con Disección Ligera	CsmeL	5385.0	7.4
		Serranía Media, Estructural con Disección Moderada	CsmeM	5920.1	8.1
	Piedemonte Agradacional	Piedemonte Superior escarpado con diseccion moderada	CiaMe	2189.6	3.0
		Piedemonte Superior con Disección Moderada	CiaM	15584.7	21.4
		Piedemonte Inferior con Disección Moderada	CibM	4851.8	6.7
	Valle Glaciar Erosional/agradacional	Morrenas Lateral y Terminal	Cuo	127.3	0.2
		Conos Aluviales	Cur	155.2	0.2
		Llanura Aluvial con Disección Ligera	CuLL	1258.5	1.7
		Terrazas Aluviales	Cuta	583.1	0.8
	ALTIPLANO	Llanura Agradacional	Abanicos Aluviales	Alr	2534.2
Llanura Aluvial con Disección Moderada			AlIM	16556.5	22.7
Llanura Aluvial con Humedales			AlIh	4842.8	6.6
Colina Estructural Erosional		Colinas Bajas, Estructural con Disección Ligera	AcbeL	725.5	1.0
	Glaciar	Cg	969.3	1.3	
	Laguna glaciar	Clg	415.5	0.6	
	Lecho de rio	Lr	1242.7	1.6	
TOTAL				72883.7	100

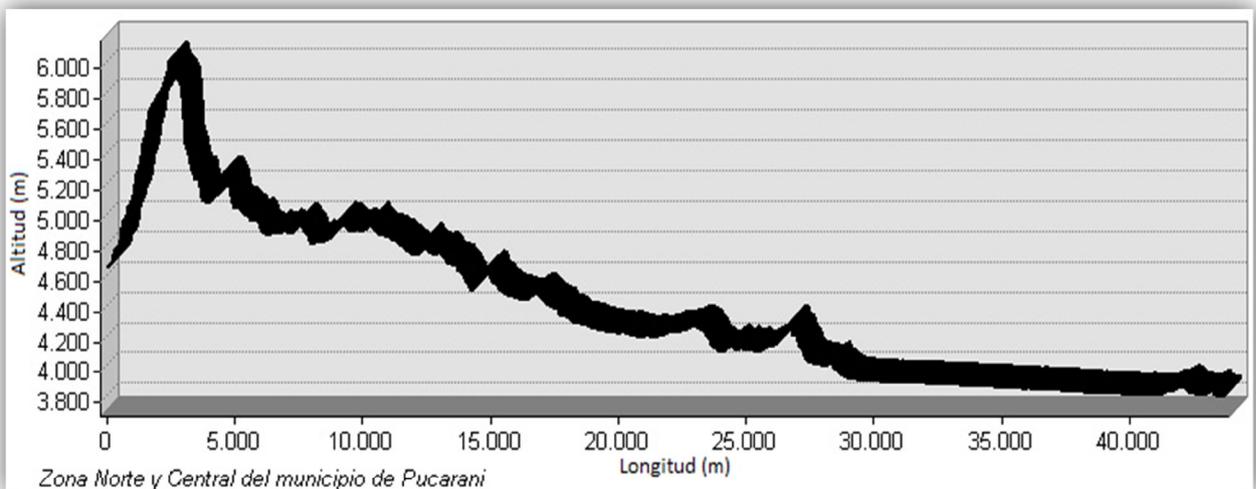
Fuente: Elaboración propia en base a Villota (2001) y Zinck (2012).

Figura N° 2. Perfil topográfico¹⁶del área de estudio, mediante la representación en la imagen satelital



En la figura 2, se puede observar el perfil topográfico de área de estudio, generada a través de un corte y visualización (ArcScen 10.1), el área abarca desde los glaciares Tuni-Condoriri y Huayna Potosí que se encuentran aproximadamente a los 6045 msnm, hasta la extensa llanura aluvial, donde se encuentra la capital municipal de Pucarani, a 3855 msnm.

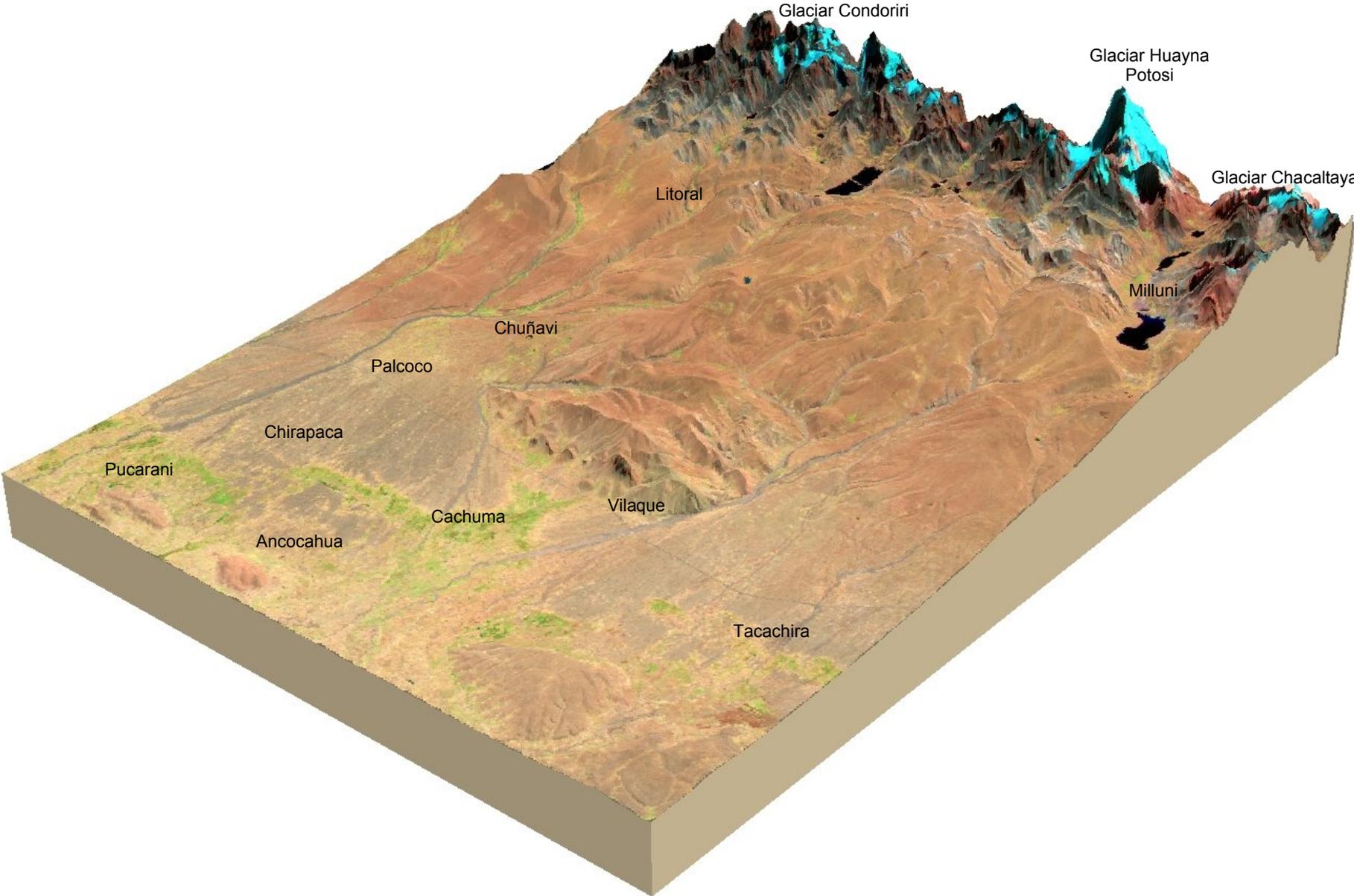
Figura N° 3. Perfil topográfico del área de estudio



En la figura 3, se puede observar la diferencia de altura entre la parte más elevada del área de estudio que son los glaciares (6045 msnm), y la parte más baja, que corresponde a la llanura aluvial, el cual se encuentra a los 3855 msnm. Por tanto existe una diferencia de alturas de 2195 m.

¹⁶Es el corte transversal de una región de la superficie terrestre donde se muestran todos los accidentes topográficos. La escala vertical normalmente se exagera con el objeto de mostrar mejor los accidentes del paisaje.

Figura N°4. Modelo 3D de la zona Norte y Central del municipio de Pucarani en base a la imagen satelital LandSat TM



6.1 GEOMORFOLOGÍA

6.1.1 MONTAÑA ESTRUCTURAL EROSIONAL

6.1.1.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte

Esta unidad tiene gran representatividad por formar parte de la cordillera Real de Los Andes, se halla ubicado al Norte del municipio, donde se encuentran los *glaciares*¹⁷ Tuni-Condoriri y Huayna Potosí, estas montañas abarcan una superficie de 9641.9 ha, lo que representa el 13.2% del total de la superficie del área de estudio.

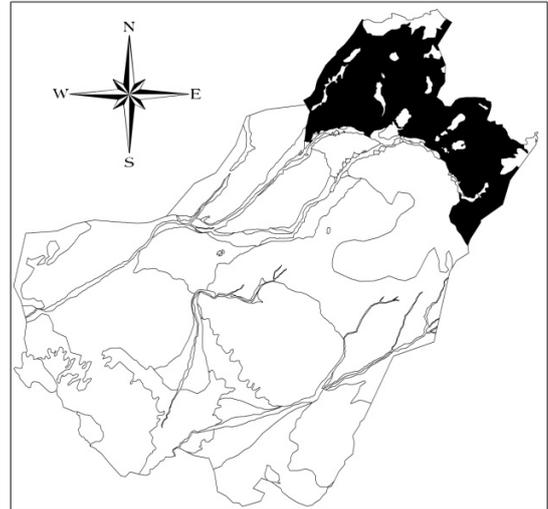


Figura N° 5. Montaña alta

De acuerdo a su geología, están formadas por rocas paleozoicas constituidas por cuarcitas, metacuarcitas, metalimolitas, pizarras, diamicitas, arcillitas, limolitas, etc. (SERGEOTECMIN, 1995).

Las condiciones climáticas presente en la montaña, mantienen la predominancia de la meteorización mecánica de la roca sobre la química, siendo más intensos en este caso los procesos de disgregación y fragmentación, en respuesta al mayor grado de diaclasamiento y fracturación que ésta presenta. Estas condiciones favorece la penetración del agua a través de la roca produciendo su alteración y posterior fragmentación de acuerdo principalmente a los procesos de gelifracción y de dilatación-contracción propia de la roca, al calentarse y enfriarse debido a la fuerte amplitud térmica entre el día y la noche; éstos procesos son fuertemente favorecidos por el clima de alta montaña, con frecuentes e intensas heladas en los periodos fríos.

En esta unidad se encierran formas de origen glacial, como: circos, horns, aristas, valles, morrenas, lagos glaciares, etc. Las partes bajas de la montaña, se encuentran bajo la acción de procesos periglaciares, los cuales dieron origen a suelos estriados y conos de derrubio (ver fotografía 1).

¹⁷ Son extensas masas de hielo que se originan por acumulación, compactación y recristalización de la nieve.

Conformado por seis valles glaciares menores, la montaña presenta unidades menores que no están representadas en el mapa geomorfológico (Horns, aristas, circos, lenguas glaciares y rocas aborregadas), debido a que son unidades menores que no tienen un fin agropecuario, pero para fines prácticos, a continuación serán descritos de manera general.

6.1.1.2 Valles glaciares menores afectados por procesos de glaciación.

El principal *agente geomorfológico*¹⁸ modelador de este paisaje está representado por los glaciares, los cuales modelaron la superficie a través de la erosión glacial (*abrasión*¹⁹ y *fracturamiento*²⁰) sobre las diferentes rocas que conforman esta unidad.

Estos valles glaciares se caracterizan por presentar un perfil transversal en "U", considerado como el rasgo principal que permite diferenciar estos tipos de canales, por los que se deslizó la lengua glacial.

A continuación se describe algunas unidades menores identificadas en los valles glaciares:

- Los ***circos glaciares***²¹, se encuentran en la cabecera de valle, se caracterizan por presentar una forma semicircular cóncava. Actualmente debido al retroceso de los glaciares solamente uno de los seis valles está cubierto de hielo glacial, los restantes están vacíos (sin hielo glacial), en ello se pueden apreciar la cabecera, la cuenca y el umbral, la base de los circos fueron ocupados por pequeñas lagunas (*Tarn*²²).
- Las **agujas glaciares (horn)**, presentan cimas afiladas característico de una sola montaña, y presenta una forma piramidal producto del encuentro y retroceso de varios circos glaciares, este se observa claramente en los glaciares Tuni-Condoriri, el cual se encuentra a una elevación de 5554 msnm (ver fotografía 1).

¹⁸ Es cualquier medio natural capaz de obtener y transportar material de la superficie de la tierra.

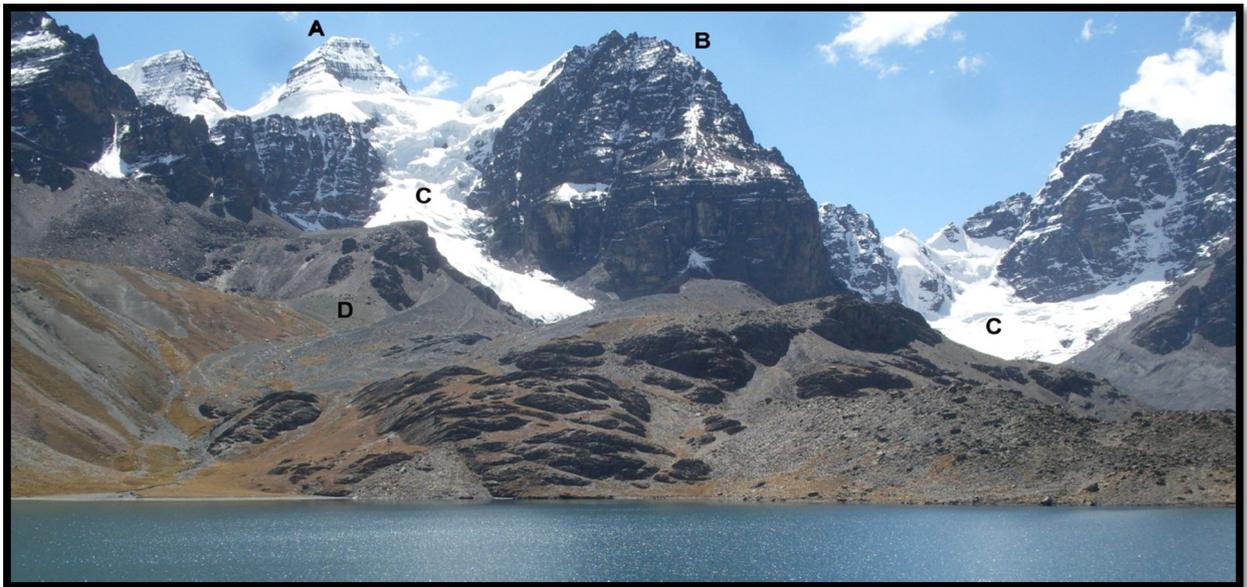
¹⁹ Proceso por el cual el lecho de las rocas es rayado (o limado) y triturado en partículas finas por el roce con otros fragmentos de roca embebidos en el hielo, hacia la base del glaciar.

²⁰ Ruptura de los minerales o rocas sin seguir direcciones definidas, producto de grandes bloques suspendidos en hielo que son presionados contra protuberancias del lecho hasta arrancarlos.

²¹ Valle profundo circular o subcircular formado por la erosión y arranque glacial, acumulación de nieve y formación de glaciares.

²² Lago que se forma en las rocas del fondo del circo glacial.

- Las **aristas glaciares**, son unidades menores de borde afilados ubicadas en la cabecera de los circos desde lados opuestos llegaron a formar un continuo de crestas, y se caracterizan por presentan pendientes mayores al 90%. Gran parte de estas aristas prácticamente no están cubiertas por el glaciar a excepción de los que conforman el glaciar Tuni-Condoriri y Huayna Potosí.



Fotografía N° 1. Glaciar Condoriri: aguja u horn (A), arista (B), circo glaciar(C) y conos de derrubios (D).

- Las **rocas aborregadas**²³ se encuentran generalmente en grupos, sobre sustratos de rocas cristalinas que estuvieron cubiertas por *lenguas glaciares*²⁴. El tamaño observado en campo es muy variable, desde unos metros hasta varios cientos de longitud, y gran parte se encuentra al Norte de la laguna glaciar Tuni.

²³ Fragmento rocoso cuya superficie ha sido sometida al proceso de erosión glaciar (abrasión), presentando la forma de un lomo de cordero (borrego).

²⁴ Curso de un glaciar por donde se desplaza el hielo valle abajo. Las lenguas arrastran muchas rocas, que forman a su vez depósitos de rocas llamados morrenas.



Fotografía N° 2. Rocas aborregadas, al fondo se observa la laguna glaciar Tuni-Condoriri, vista desde la parte Norte

6.1.1.3 Serranías altas afectadas por procesos periglaciares

Esta unidad fue afectada por procesos *periglaciares*²⁵, ya que antiguamente los glaciares se extendieron hasta estas áreas. Las diferentes formas que se encuentran en ella, fueron producto de los cambios de temperatura diurnos y nocturnos, que dieron lugar al resquebrajamiento de las rocas. Estas alternancias de expansión y contracción diferente, provocaron distintos desplazamientos e incluso en superficies llanas. Así llegaron a formarse polígonos, suelos estriados, pavimentos de piedra y suelos abollados.

Como producto de los procesos periglaciares, en el área de estudio podemos encontrar las siguientes unidades menores:

- **Suelos estriados** (*criogenicos*²⁶), estos suelos se ubican en las crestas de las serranías, generalmente coinciden con áreas donde están situados antiguos circos glaciares. La presencia de estas formas está asociada con los afloramientos de lutitas y limolitas, y se presentan en formas de paredes rasgadas.
- **Conos de derrubios**, fueron formados por la acumulación gravitacional de derrubios producto de la meteorización mecánica (*gelifracción*²⁷) de las rocas, y que se han depositado al pie de las serranías, generalmente coinciden con los

²⁵ Material o proceso relacionado con los márgenes de los glaciares.

²⁶ Término aplicado a todos los procesos físicos que se realizan en condiciones de temperatura extremadamente frías. Se incluye los procesos geológicos (glaciares).

²⁷ Expresa la fragmentación de una roca por efecto de la congelación del agua contenida en poros o fisuras.

afloramientos de lutitas. Estos conos de derrubio presentan pendientes mayores al 80%, donde los conos más antiguos fueron colonizados por vegetación herbácea, mientras que en los conos recientes, no existe vegetación, pudiéndose observar solamente material detrítico. (Ver fotografía 3).



Fotografía N° 3. Conos de derrubio: conos antiguos (CA), conos recientes (CR)

6.1.2 SERRANÍA ESTRUCTURAL EROSIONAL

6.1.2.1 Serranía media, estructural con disección ligera

Este paisaje se encuentra ubicado al Nor-Este del municipio, abarca una extensión de 5385 ha, lo que representa el 7.4% de la superficie total, la cota máxima es de 4912 msnm y presenta una amplitud de relieve de 502 m.

Estas serranías son de origen estructural, producto de fallas de gran magnitud y el plegamiento de los estratos sedimentarios (SERGEOTECMIN 1995), pero a ello, durante la glaciación, fueron cubiertos por extensas masa

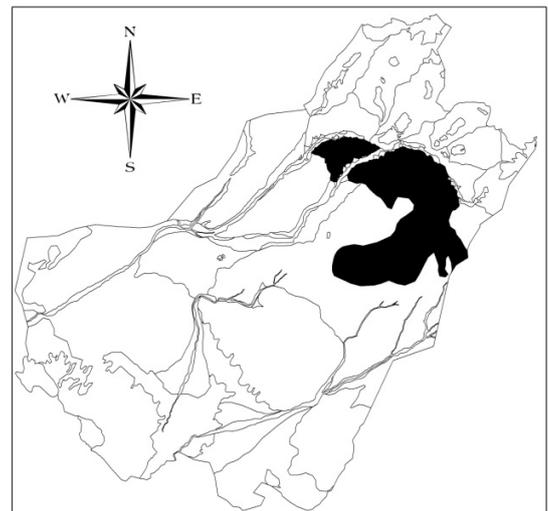


Figura N°6. Serranía media, estructural con disección ligera

de hielo (glaciares), y que posteriormente los procesos y agentes geomorfológicos son los que se encargaron de modelado actual, siendo uno de los más importantes, los procesos glaciares, a través de la erosión por abrasión y fracturamiento.

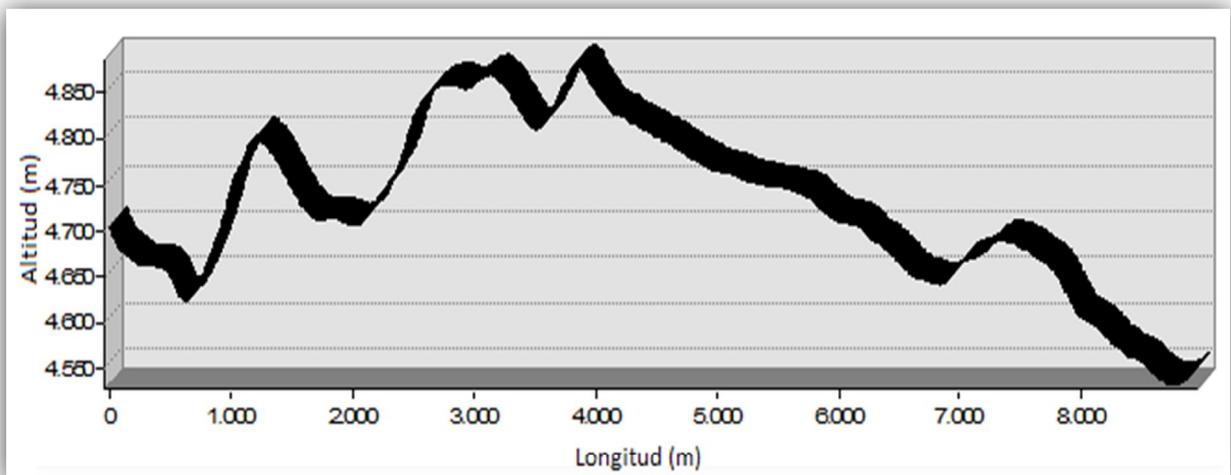
Litológicamente esta compuestas por areniscas, lutitas y pizarras que pertenecen a la formación Cancañiri, Llallagua, Uncia y Catavi, del periodo Silúrico (Argollo 1984).

El *diseño de drenaje*²⁸ característico de esta unidad es el *dendrítico*²⁹, de moderada integración, uniformes, característicos de una baja cobertura vegetal, este diseño es producto del material litológico por el cual fluye y que presenta una alta homogeneidad.

Presenta cimas y laderas convexas en las partes altas y cóncavas en las partes bajas, gradiente general de 22%, y una amplitud de relieve de 502 m.

Este paisaje está conformada por una *asociación de suelos*³⁰: asociación pendiente superior Khullcatina y la asociación pendiente inferior Khullcatina.

Figura N° 7. Perfil transversal de la serranía media, estructural con disección ligera



La figura 7, muestra el perfil transversal de la serranía media, donde se puede observar formas irregulares del paisaje y la presencia de laderas convexas-concavas.

²⁸ Arreglo espacial y ordenamiento vectorial de una o varias corrientes que se hallan ajustadas ya sea a un control estructural, litológico o morfológico.

²⁹ Red de drenaje que presenta el aspecto de ramificación de árboles.

³⁰ Un grupo de unidades taxonómicas de suelos, definidas y ordenadas, que ocurren juntas en un patrón individual y característico en una región geográfica, comparable en muchas formas con las asociaciones de plantas (llamada a veces "tipo natural de terreno").



Fotografía N° 4. Serranía media con disección ligera

6.1.2.1 Serranía media, estructural con disección moderada

Este paisaje se encuentra en la parte central del área de estudio, al Norte de la carretera panamericana a Copacabana entre la comunidades Vilaque y Patamanta, ocupa una superficie de 5920.1 ha, equivalente al 8.1% del total de la superficie, y presenta una elevación máxima de 4367 msnm.

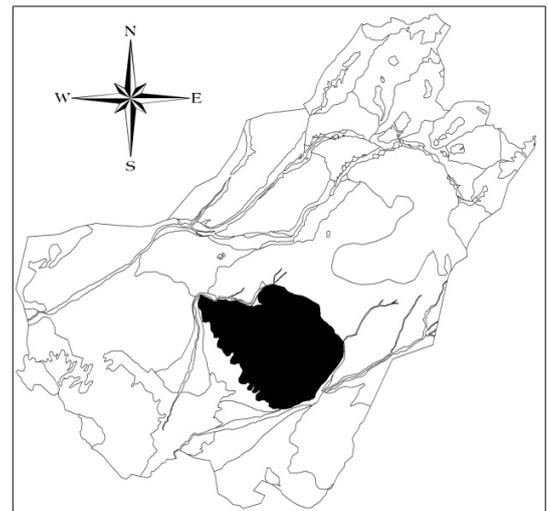


Figura N°8. Serranía media con disección ligera

Este paisaje se originó por proceso endógenos (orogénicos), producto del plegamiento de los materiales acumulados (estratos), pero posteriormente en el periodo de degradación, el relieve original fue lentamente atacado por procesos exógenos y agentes geomorfológicos hasta modificar en gran parte su relieve. Caracterizado por presentar un diseño de drenaje dendrítico uniforme con moderada disección, la *amplitud de relieve*³¹ es de 598 m, con una longitud de 11.20 km y un espesor de 8.33 km. Las cimas presentan afloramientos rocosos en grandes extensiones, las laderas con dirección oeste son cóncavas con gradiente general de 35%, y una menor disección que las laderas con dirección Este (gradiente de 25%).

³¹ Es la distancia vertical entre los puntos más altos y más bajos de un paisaje o geoforma.

Litológicamente están compuestas por rocas sedimentarias como areniscas rojas, conglomerados y arcillas pertenecientes a la formación Peñas y Kollu Kollu (SERGEOTECMIN, 1995).



Fotografía N° 5. Serranía Santa Ana

6.1.3 PIEDEMONTES AGRADACIONAL

6.1.3.1 Piedemonte superior con disección moderada

Los Piedemontes se encuentran al Norte del área de estudio entre los 4725 y 4115 msnm, abarcan una gran extensión, siendo la segunda unidad con mayor superficie, 15 584.7 ha el cual representa el 21.4% del total

Esta unidad se caracteriza por presentar un diseño de drenaje dendrítico bien integrado, con baja uniformidad y dirección Sur, el sistema de drenaje presenta un orden cuatro, con *tributarios*³² de gran longitud que recorren parte de la superficie de esta unidad y que generalmente son perenes.

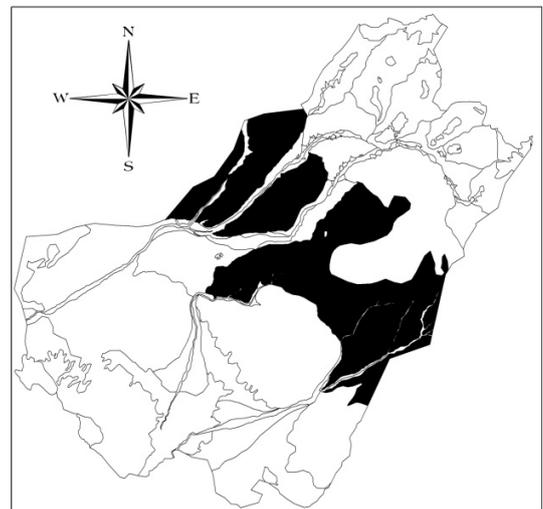


Figura N° 9. Piedemonte superior

³²Es el río que desemboca en otro río de mayor importancia.

Presenta una amplitud de relieve de 510 m y un gradiente general entre 7% a 25% con ondulaciones extensas.



Fotografía N° 6. Vista panorámica del piedemonte superior

6.1.3.2 Piedemonte superior escarpado con disección moderada

Esta unidad al igual que la anterior se encuentra en Unidad genética de piedemonte, presenta una superficie de 1635.8 ha, el cual representa el 3.0% del total.

Se caracteriza por presentar laderas con pendientes que van desde escarpado a muy escarpado, son ligeramente cóncavo, con diseño de drenaje dendrítico, de flujo *intermitente*³³ y una amplitud de relieve de 107m.

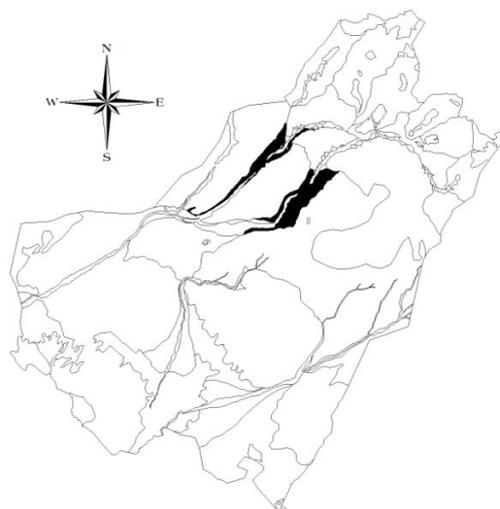
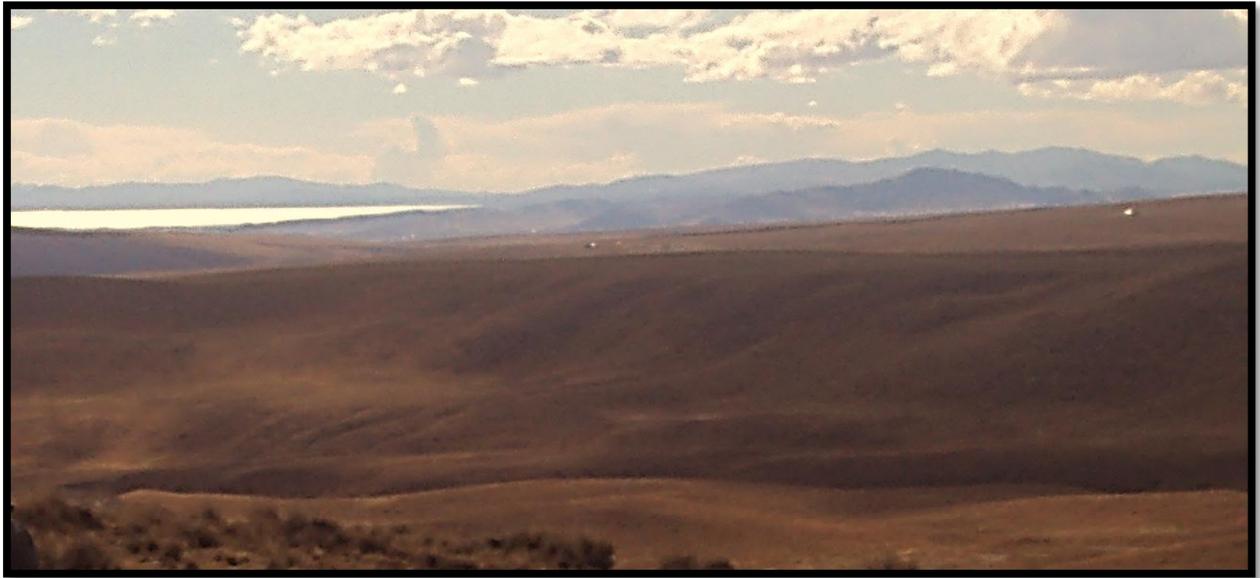


Figura N° 10. Piedemonte sup. escarpado

³³Río que lleva agua solo determinadas épocas del año.



Fotografía N° 7. Vista panorámica del piedemonte escarpado.

6.1.3.3 Piedemonte inferior con disección moderada

Este paisaje es intermedio entre el Norte y Centro del municipio, colindante a la serranía media con disección moderada (Serranía Santa Ana), ocupa una superficie de 4851.8 ha, representando el 6.7% del total.

Se caracteriza por presentar superficies con un diseño de drenaje dendrítico bien integrado, de bajo grado de uniformidad, con dirección Sur, el relieve es fuertemente ondulado, gradiente general de 5% y una amplitud de relieve de 210 m.

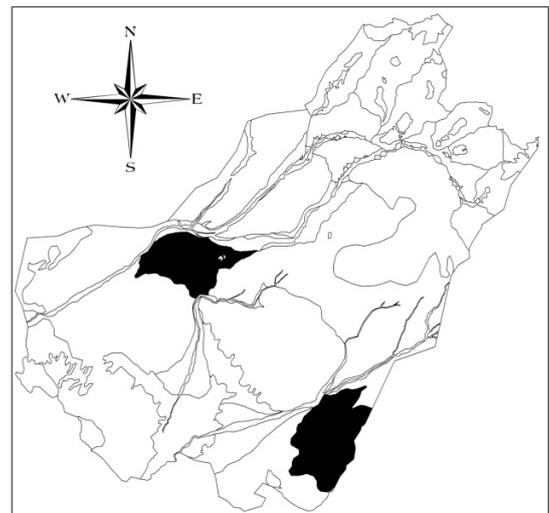


Figura N° 11. Piedemonte inferior



Fotografía N° 8. Vista panorámica del piedemonte inferior, al fondo se observa la serranía Santa Ana y la comunidad Vilaque.

6.1.4 VALLE GLACIAR EROSIONAL-AGRADACIONAL

Esta Unidad genética se ubicada al Nor-Oeste del municipio, el cual abarca una extensión de 4313.7ha (5.9%), presenta una amplitud de relieve de 255 m y un largo de 14.4 km de longitud.

De acuerdo a su génesis, este valle tienen un origen fluvial el cual se formó durante miles de años dándole una característica del perfil transversal en forma de "V", posteriormente durante la *glaciación*³⁴ esos valles se ensancharon y profundizaron (erosión por abrasión), lo que dio lugar a la creación de un valle glaciar en forma de U, la principal característica del este valle es su perfil longitudinal, que muestra irregularidades (forma escalonada) con respecto al perfil de un valle fluvial. Durante el *retroceso*³⁵ de los glaciares se produjo la deposición material que previamente habían sido erosionados por el hielo. Dichos materiales son muy heterogéneos y llegaron a formar diversos tipos de depósitos glaciares (*Till*³⁶), entre ellos se tiene *morrenas*³⁷ terminales, laterales y de retroceso, etc.

³⁴ Proceso geológico de formación de glaciares en una determinada región y en diversas épocas de la historia de la tierra. La glaciación en geología, se considera desde la etapa de formación del hielo, hasta la etapa de deshielo considerando todos los efectos de erosión, transporte y sedimentación.

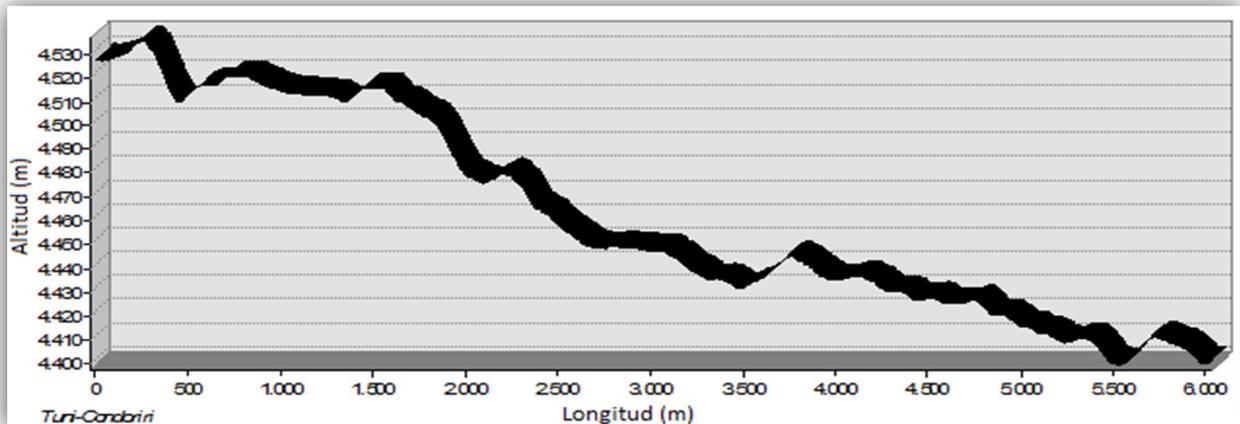
³⁵ Recesión del margen frontal de un glaciar. El retroceso se realiza por pérdida de la masa glaciar por el deshielo y por la contracción de todo el conjunto.

³⁶ Depósitos glaciares de sedimentos compuestos por material depositados directamente por el glaciar, los cuales no tienen estratificación, sus fragmentos presentan estrías y son heterométricos desde el punto de vista granulométrico.

³⁷ Depósito glaciar heterogéneo en cuanto a forma y tamaño de los fragmentos, generalmente son de aristas redondeadas por el poco transporte sufrido.

En la parte media y en la base del valle glaciar, llegaron a formar unidades menores, deposicionales de origen fluvial como la llanura aluvial y conos aluviales, en la parte del baja de valle, llegaron a formarse diferentes terrazas aluviales.

Figura N°12. Perfil longitudinal del valle glaciar Tuni-Condoriri



La figura 11. Muestra el perfil longitudinal del valle glaciar, donde se puede observar una forma escalonada, debido a retroceso de lenguas glaciares arrastrando material rocoso, producto de ello se originó la forma actual.

6.1.4.1 Morrenas lateral y terminal

Los depósitos de till; morrenas *lateral*³⁸ y *terminal*³⁹ se encuentran ubicadas al Nor-Este del área de estudio, a 4440 msnm, forman parte de los valle glaciar mayor, ocupan una superficie de 127.3 ha, lo cual representa un 0.2 % del área de estudio,

Estos paisajes son de origen glaciar deposicional (agradacional), producto del acarreo y deposición de sedimentos, material de suelo preglaciar, material de abrasión y derrubios de gelifracción.

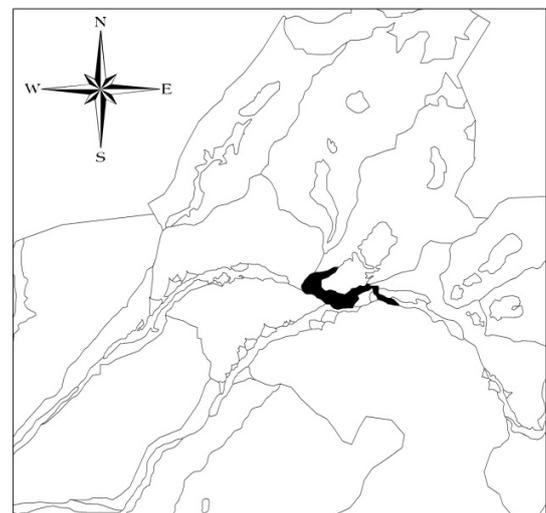


Figura N° 13. Morrenas lateral y terminal

³⁸ Depósitos glaciares que se hallan ubicados entre las paredes del cuerpo del valle glaciar.

³⁹ Depósitos glaciares que se hallan ubicados en la parte terminal de la lengua glaciar y marcan etapas del avance y retroceso de los glaciares.

A continuación se describe los dos tipos de morrenas presentes en el municipio de Pucarani.

a) Morrena lateral

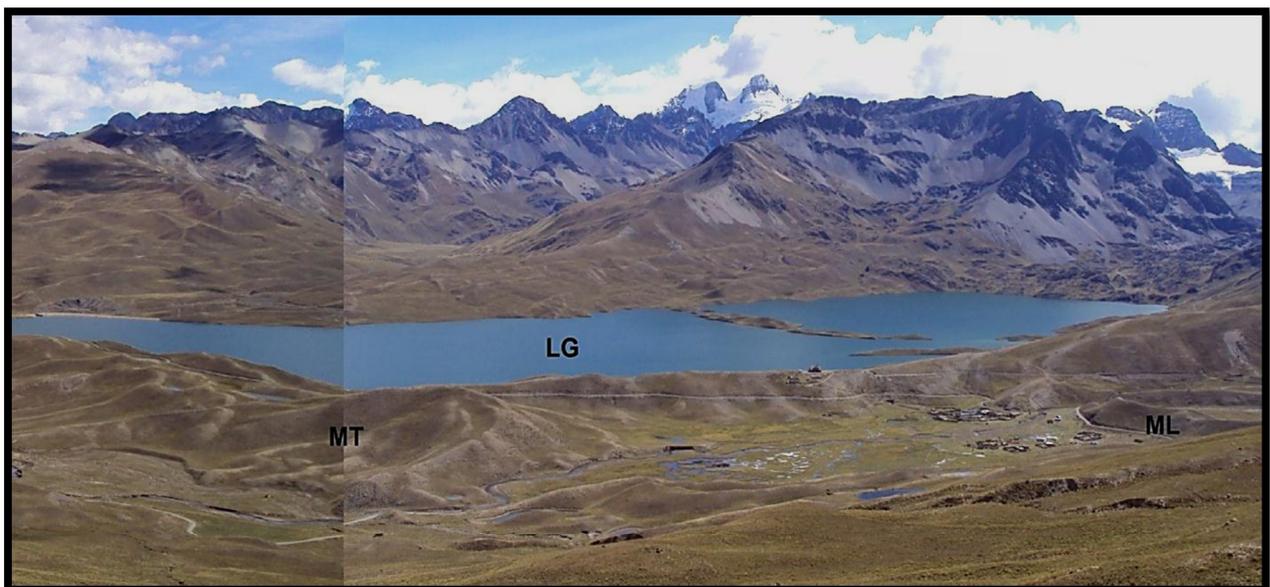
En este paisaje los depósitos glaciares fueron productos de los desprendimientos de las paredes del cuerpo de valle. Se caracteriza por presentar forma de lomas elongadas de 927 m, se ubican a lo largo del valle, y presenta un espesor aproximado de 109 m, las cimas son estrechas con fuertes laderas y una amplitud de relieve es de 9 m.

El material depositado (Till), es heterogéneo con partículas y fragmentos que varían en tamaño y de bordes irregulares.

b) Morrena terminal

Esta morrena se formó hacia la parte terminal de la lengua glaciar, por acumulación sucesiva de los materiales empujados por el frente de la lengua. Se caracteriza por presentar una forma de lomas elongadas y semicircular de aproximadamente 2070 m de largo, 342 m de espesor, con una amplitud de relieve de 46 m, de cimas convexas y laderas que presentan un gradiente general de 25%.

Al igual que la morrena lateral está compuesta por material heterogéneo de va desde arcillas hasta bloque de 2 m de diámetro.



Fotografía N° 9. Morrena lateral (ML), terminal (MT) y laguna glaciar (LG)

6.1.4.2 Conos aluviales

Este paisaje se encuentra ubicado al Norte del municipio, llega a conformar parte del valle glaciar mayor, abarca una superficie de 155.2 ha, el cual representa el 0.2% de la superficie total.

Es una unidad de paisaje fluvial deposicional (agradacional), se originó por el peso del material transportado (grava, arena, limos, etc.) que superó la capacidad de carga del antiguo curso principal. Cuando los ríos emergieron de la serranías que conforma el valle, al entrar en contacto la llanura aluvial, se redujo bruscamente su velocidad debido a la disminución de la pendiente, causando la deposición de material transportado, los materiales más gruesos (cantos y gravas) se depositó en el ápice del cono y el material más fino (limos y arcillas) fueron depositados en la base del cono aluvial.

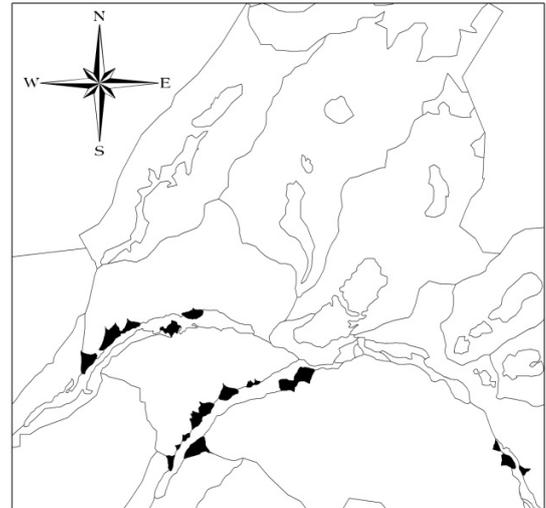


Figura N° 14. Conos aluviales

Caracterizado por presentar forma de un segmento de cono, con un gradiente general de 56% mayor que los abanicos aluviales, presenta una amplitud de relieve de aproximadamente 64 m, el diseño de drenaje característico de esta unidad es el *dicotómico*⁴⁰ (rio ramificado) con dirección Este, el cual va a desembocar al curso principal del valle glaciar mayor.

Caracterizado por presentar forma de un segmento de cono, con un gradiente general de 56% mayor que los abanicos aluviales, presenta una amplitud de relieve de aproximadamente 64 m, el diseño de drenaje característico de esta unidad es el *dicotómico*⁴⁰ (rio ramificado) con dirección Este, el cual va a desembocar al curso principal del valle glaciar mayor.

⁴⁰ Diseño de drenaje, en el cual la forma se desarrolla en conos aluviales o deltas. Los cursos se disponen en forma de abanico, distribuyendo el agua del curso principal



Fuente: Google Earth Pro (2012)

Fotografía N° 10. Vista aérea de la serranía media, conos aluviales (CA) y la llanura aluvial (LAA)

6.1.4.3 Llanura Aluvial con Disección Ligera

Este paisaje se ubica la Norte del municipio entre los 4390 y 4420 msnm en forma parte de la unidad genética de valle glaciar mayor, cuenta con una superficie de 1258.5 ha, el cual representa el 1.7% del total.

Esta unidad es de origen fluvial deposicional, se desarrolló debido al desplazamiento lateral de los meandros de los ríos Tuni y Condoriri, cuyo proceso, produjo la erosión lateral y posteriormente la deposición de los materiales que transportaba, lo que dio lugar al ensanchamiento de la llanura y formación de diferentes depósitos.

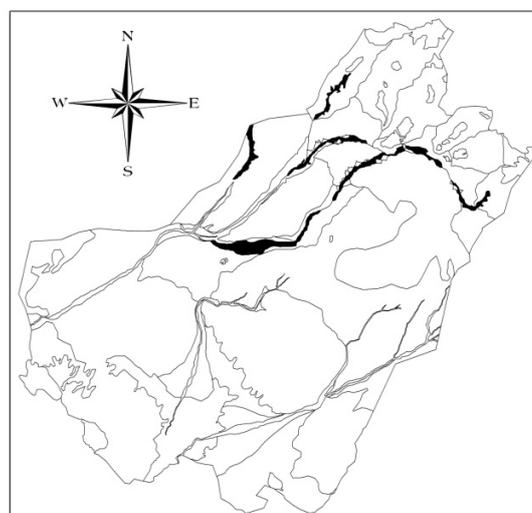


Figura N° 15. Llanura aluvial con disección ligera

Se caracteriza por presentar un diseño de *drenaje meándrico*⁴¹ con un ancho de faja promedio de 72 m, la superficie del terreno presenta una topografía relativamente plana con diferencias de nivel muy ligeras, sujetas a inundaciones periódicas y con una *vega*⁴² de inundación que tiene un ancho promedio de 44 m.

En cuanto a las características *morfométricas*⁴³, presenta una dimensión de aproximadamente 450 m en el extremo superior y 180 m en el extremo inferior de la llanura y un largo aproximado de 3196 m, el río principal fluye muy lejano de los bordes de la llanura, por tanto no se ajusta al movimiento meándrico de la llanura, lo cual indica senectud o vejez de este paisaje.

Las unidades menores más comunes que se encontraron en esta llanura son los meandros abandonados los cuales muestran los cursos de ríos abandonados antiguos, las barras de meandros de forma semicircular ubicadas al lado interno de las curvas de meandro y algunas terrazas aluviales de pequeña extensión.



Fotografía N° 11. Vista panorámica de la llanura aluvial con meandros

⁴¹ Diseño de drenaje: Éste es el caso en el cual un río posee una extensión apreciable como llanura de inundación, allí se generan curvas pronunciadas conocidas como meandros.

⁴² Tierra baja y llana fértil, zona de inundación.

⁴³ Estudio y comparación de las relaciones de los paisajes, teniendo en cuenta sus dimensiones, tanto en el presente como en el desarrollo evolutivo de las formas.

6.1.4.4 Terrazas aluviales

Las *terrazas aluviales*⁴⁴ se encuentran al Oeste del municipio, ocupan gran parte del valle abajo, entre la unión de los ríos Tuni y Condoriri, cuentan con una superficie de 583.1 ha, el cual representa el 0.8% de la superficie total.

Antiguamente esta superficie conformaba una llanura aluvial del río Sehuena, se originó producto del transporte de sedimentos (*aluvión*⁴⁵) de las partes altas del valle y su correspondiente deposición, posteriormente se produjo la

profundización de la llanura, por efecto de la acción erosiva de los ríos, que finalmente dieron origen a estas terrazas aluviales.



Figura N° 16. Terrazas aluviales

Estas terrazas se caracterizan por ser terrazas cíclicas de nivel uno, con superficies relativamente planas, gradiente general 3 a 5%, el talud de terraza es relativamente escarpado con 3 a 4 m por encima del *lecho*⁴⁶, y a lo largo de curso de los ríos Tuni y Condoriri. En estas terrazas podemos encontrar una capa profunda de material aluvial depositado por el río, estos materiales son: Bloques, gravas, arenas y limos.

⁴⁴Plataformas planas, más o menos extensas y continuas, que tienen un desnivel constante en relación con el lecho fluvial. El desnivel más elevado corresponde con las terrazas situadas en los márgenes de la llanura aluvial y va descendiendo según se aproximan al cauce.

⁴⁵Material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua. Puede estar compuesto por arena, grava, limo o arcilla, y es un material no consolidado.

⁴⁶Canal por donde discurren las aguas de un río en épocas normales.



Fotografía N° 12. Terraza aluvial de nivel 1

6.1.5 LLANURA AGRADACIONAL

6.1.5.1 Abanico aluvial

Este paisaje se encuentra al Sur del área de estudio, dentro de la Unidad Genética Llanura, ocupa una superficie de 2534.2 ha el cual representa el 3.5% del total de la superficie.

De acuerdo a su morfogénesis, esta unidad fue producto de los cursos de agua que cargados de material, bajaron de la serranía y llegaron a la llanura, se produjo un fuerte cambio en el gradiente y en consecuencia los cursos de agua perdieron gran parte de su poder de transporte.

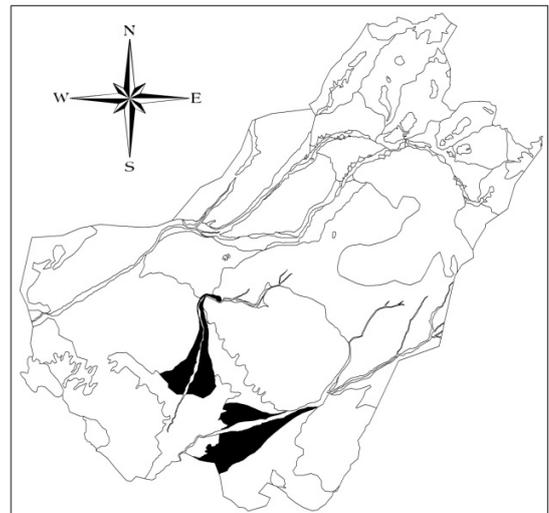


Figura N° 17. Abanico aluvial

El resultado fue que una parte del material se sedimentó y formó una acumulación de material en el lugar donde el río hizo contacto con la llanura. Así la deposición del material no se concentró en un lugar sino que se extendió en forma de abanico desde el lugar donde el río entra en la llanura. Esta división del agua en varios cauces es además otra razón de la sedimentación.

Es claro que el material más grueso fue el primero en depositarse, localizándose por consiguiente más cerca del ápice del abanico. Dirigiéndose hacia abajo (base del abanico) se hallarán sedimentos más finos. También sucede que en el perfil del suelo se encuentre material fino por encima del grueso (ver calicata 16), lo cual se puede explicar por las diferentes condiciones estacionales (húmedo con material grueso y seco con material fino) o por un cambio de las condiciones erosionables aguas arriba.

El perfil longitudinal de un abanico muestra siempre una pendiente cóncava de la cual el gradiente varía según la granulometría del material depositado.

La parte alta del abanico tiene normalmente un drenaje excesivo, únicamente por su posición respecto a la llanura. La parte baja del abanico tiene un drenaje menor tanto por su posición topográfica como debido al material más fino que se depositó en ese sitio.



Fotografía N° 13. Ápice de abanico aluvial

6.1.5.2 Llanura aluvial con disección moderada

Esta unidad de paisaje se encuentra en la Región Geomorfológica del Altiplano, al Sur del área de estudio comprendida entre los 3873 y 3929 msnm, abarca una superficie de 16556.5 ha, el cual representa el 22.7% del área de estudio, siendo la primera unidad de paisaje con mayor superficie.

Esta llanura se formó como producto de la acumulación o sedimentación aluvial. Se caracteriza por presentar una superficie muy amplia con un gradiente de 0 a 2%, una longitud de 20.69 km, presenta un grado de disección medio, los ríos que constituyen la llanura aluvial son: río Sehuenca, Pampajasi, Tiraquincha, Chuñavi, Khora, Vilaque, etc.

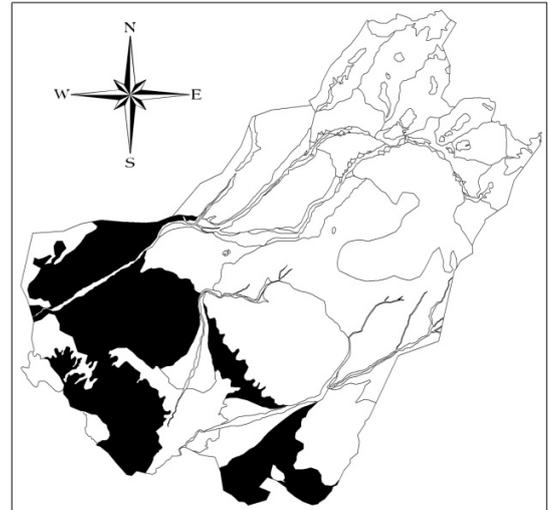


Figura N° 18. Llanura aluvial con disección moderada



Fotografía N° 14. Vista de la llanura aluvial, al fondo se observa el glaciar Huayna Potosí y la serranía Santa Ana

6.1.5.3 Llanura aluvial con humedales

La llanura aluvial con *humedales*⁴⁷ se ubica en la Región Geomorfológica del Altiplano, al Sur del área de estudio, a una altura aproximada de 3880 msnm, y ocupa una superficie de 4842.8 ha, representando el 6.6% del total de la superficie.

Se caracteriza por presentar un relieve plano, con gradiente general de 2%, presenta problemas de drenaje y con nivel freático cercano a la superficie (profundidad menor de 10 cm), los cursos fluviales y subterráneos generalmente son efluentes o sea constituyen zonas de descarga del agua freática. En éste ámbito, la recarga normalmente se produce en las partes topográficamente elevadas de las Montañas, valle glacial y piedemontes (Zona Norte) o intermedia, por tanto esta llanura, hidrogeológicamente constituyen los reservorios más importantes de agua subterránea para el municipio.

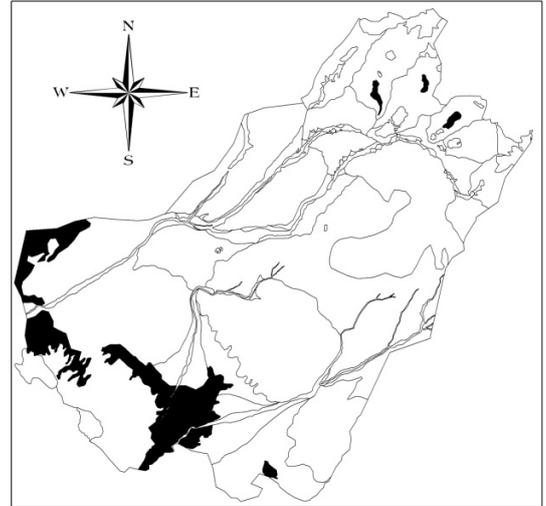


Figura N° 19. Llanura aluvial con humedales



Fotografía N° 15. Llanura aluvial con humedales permanentes

⁴⁷ Área con terrenos permanentemente húmedos y condiciones ecológicas especiales de vegetación propia de ambientes húmedos, suelos muy pobremente drenados y fauna permanente o de paso.

6.1.6 COLINA ESTRUCTURAL EROSIONAL

6.1.6.1 Colina baja estructural con disección ligera

Las colinas bajas se encuentran en la Región Geomorfológica del Altiplano, al sur del área de estudio a 3911msnm, abarcan una superficie de 725.5 ha, el cual representa el 1.0% del total de la superficie.

Se caracteriza por presentar cimas convexas, con una gradiente general de 20 % donde se puede observar una moderada cantidad de piedras en la superficie, sus laderas son convexas con problemas de erosión laminar y en surcos. Diseño de drenaje dendrítico uniforme, poco integrado y con flujos de agua

intermitente. La amplitud de relieve es de 60 m, la longitud promedio de la colina es 2.97 km y un ancho de 1.42 km.

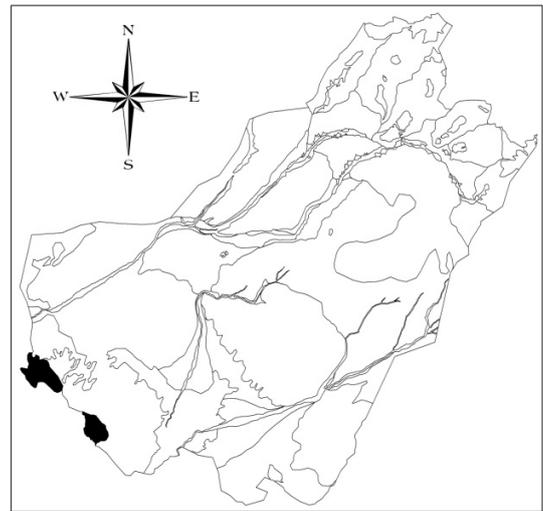


Figura N° 20. Colinas bajas



Fotografía N° 16. Colinas bajas con disección ligera

6.1.7. Lechos de río

Los *lechos de río*⁴⁸ ocupan una superficie de 1142.7 ha, aproximadamente, esto representa el 1.6% del total del área de estudio.

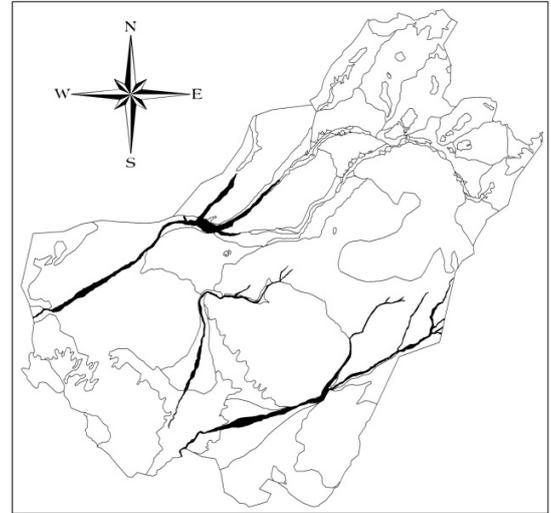


Figura N° 21. Lechos de río

⁴⁸ Canal por donde discurren las aguas de un río en épocas normales.

MAPA 6. GEOMORFOLOGICO

6 DESCRIPCION DE LA VEGETACION

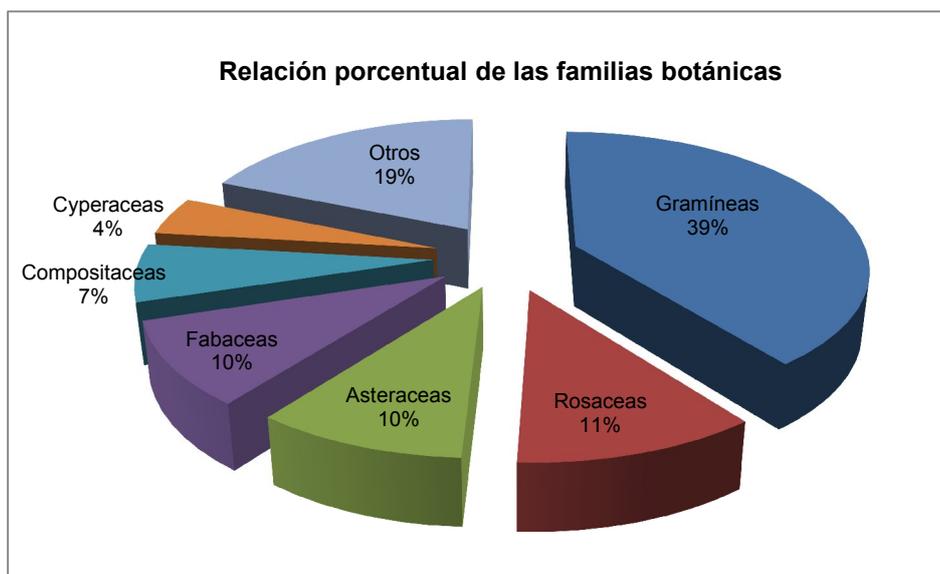
6.2.1 Identificación de las especies vegetales

En la recolección de las especies vegetales durante los levantamientos, se obtuvieron 134 especies distribuidas en 19 familias, donde la familia de gramíneas son la que presentan una mayor proporción con 53 especies, estas representa el 39%, las rosáceas con 15 especies (11%), asteráceas con 13 especies (10%), fabáceas con 13 especies (10%), compositaceas con 9 especies (7%), cyperaceas con 6 especies (4%) y las demás familias representan el 19% del total de las especies en el área de estudio (ver cuadro 68).

Cuadro N° 14. Relación de las familias botánicas

N°	Familia	N° especies	%
1	Gramíneas	53	39.0
2	Rosaceae	15	11.0
3	Asteraceae	13	10.0
4	Fabaceae	13	10.0
5	Compositae	9	7.0
6	Cyperaceae	6	4.0
7	Juncaeeae	5	3.0
8	Frankeniaceae	3	2.2
9	Gram	3	2.2
10	Umbeliferaceae	3	2.2
11	Caryphyllaceae	2	1.5
12	Ranunculaceae	2	1.5
13	Brassicaceae	1	0.7
14	Geraniaceae	1	0.7
15	Labiaceae	1	0.7
16	Onotheraceae	1	0.7
17	Oxaliaceae	1	0.7
18	Plantaginaceae	1	0.7
19	Scropuleraceae	1	0.7
	Total	134	100

Gráfico N° 6. Relación porcentual de las familias botánicas en el área de estudio



6.2.2 Determinación de las Asociaciones vegetales

La identificación de las Asociaciones vegetales se realizó a través de la evaluación de la composición florística, la notación de las especies dominantes fue de la siguiente manera:

Ejemplo:	Género	Especie	Clave
	<i>Festuca</i>	<i>dolichophylla</i>	Fedo
	<i>Stipa</i>	<i>ichu</i>	Stic
	<i>Taraxacum</i>	<i>officinale</i>	Taof

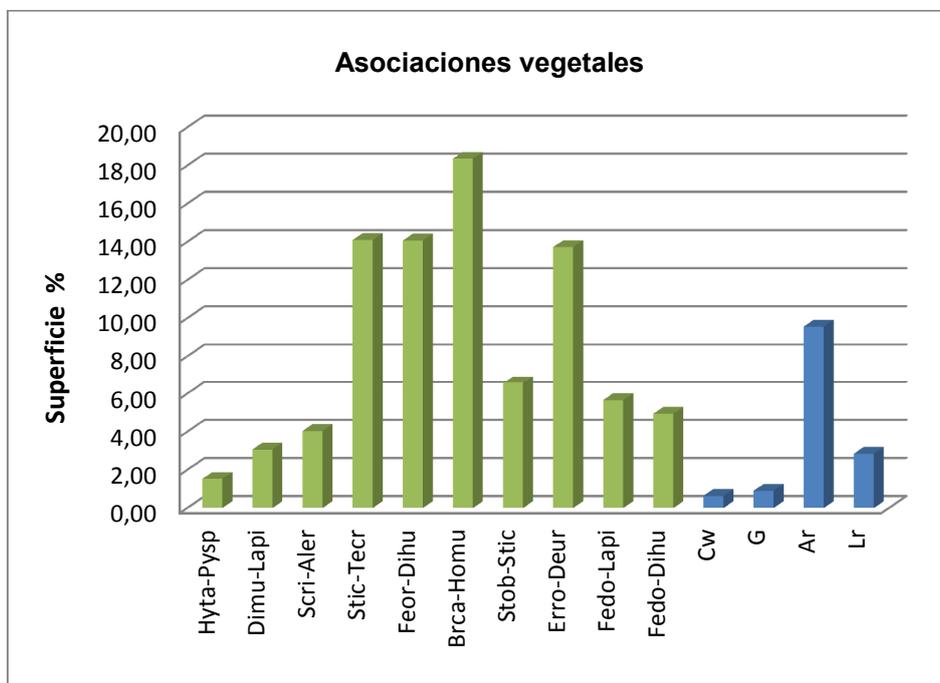
Se escribió las dos primeras letras corresponden al género y las dos primeras letras correspondientes a la especie, dando una clave el cual pueda identificar en la leyenda del mapa de vegetación (ver mapa 7). La identificación de las 10 asociaciones vegetales fue el resultado de los 43 levantamientos realizado en toda el área de estudio.

Cuadro N° 15. Asociaciones vegetales y cobertura de la tierra identificadas en el área de estudio

N°	Asociación	Clave	Superficie (ha)	%
1	<i>Hypochoeris taraxcoides-Pycnophyllum sp.</i>	Hyta-Pysp	1111.0	1.52
2	<i>Distichia muscoides-Lachemilla pinata</i>	Dimu-Lapi	2233.7	3.07
3	<i>Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia</i>	Scri-Aler	2943.2	4.04
4	<i>Stipa ichu-Tetraglochin cristatum</i>	Stic-Tecr	10272.5	14.10
5	<i>Festuca orthophylla-Distichlis humilis</i>	Feor-Dihu	10250.8	14.07
6	<i>Bromus cantharticus-Hordeum muticum</i>	Brca-Homu	13375.6	18.35
7	<i>Stipa obtusa-Stipa ichu</i>	Stob-Stic	4794.8	6.58
8	<i>Erigeron rosulatus-Deyexuia urbigyana</i>	Erro-Deur	9999.3	13.72
9	<i>Festuca dolichophylla-Lachemilla pinata</i>	Fedo-Lapi	4126.7	5.66
10	<i>Festuca dolichophylla-Distichlis humilis</i>	Fedo-Dihu	3601.7	4.94
11	<u>Cuerpos de agua</u>	Cw	415.5	0.6
12	<u>Glaciar</u>	G	969.3	1.3
13	<u>Afloramientos rocosos</u>	Ar	6965.4	9.56
14	<u>Lecho de río</u>	Lr	1142.7	1.6
Total			72883.7	100.0

Fuente: elaboración propia en base a Quisbert 2002.

Gráfico N° 7. Porcentaje de las asociaciones vegetales y cobertura de la tierra



Elaboración propia en base a Quisbert 2002.

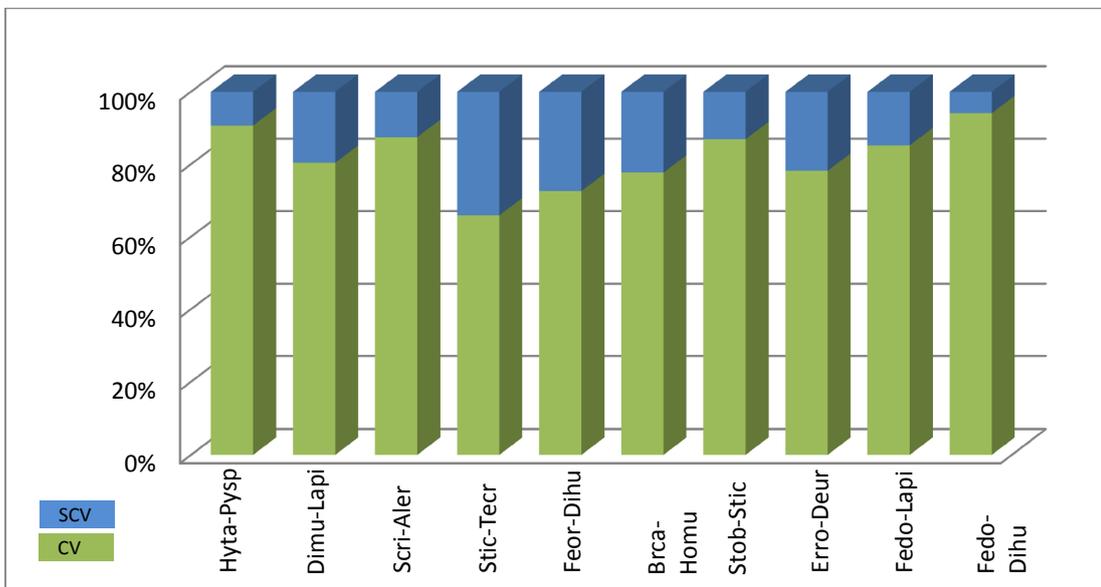
6.2.3 Cobertura vegetal

En el cuadro 16 muestra una síntesis de los resultados de los suelos con cobertura vegetal de las 10 asociaciones identificadas en el área de estudio, y suelos sin cobertura (suelo desnudo, suelo erosionado y afloramiento rocoso).

Cuadro N° 16. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo

N°	Asociación vegetal	Cobertura Vegetal (%)	Pedregosidad y/o suelo desnudo (%)
1	Hyta-Pysp	90.7	9.3
2	Dimu-Lapi	80.4	19.6
3	Scri-Aler	87.5	12.5
4	Stic-Tecr	65.9	34.1
5	Feor-Dihu	72.6	27.4
6	Brca-Homu	77.7	22.3
7	Stob-Stic	86.9	13.1
8	Erro-Deur	78.2	21.8
9	Fedo-Lapi	85.2	14.8
10	Fedo-Dihu	94.1	5.9

Gráfico N° 8. Porcentaje de cobertura vegetal (CV), pedregosidad y/o suelo desnudo (SCV)



6.2.4 Descripción de las asociaciones vegetales

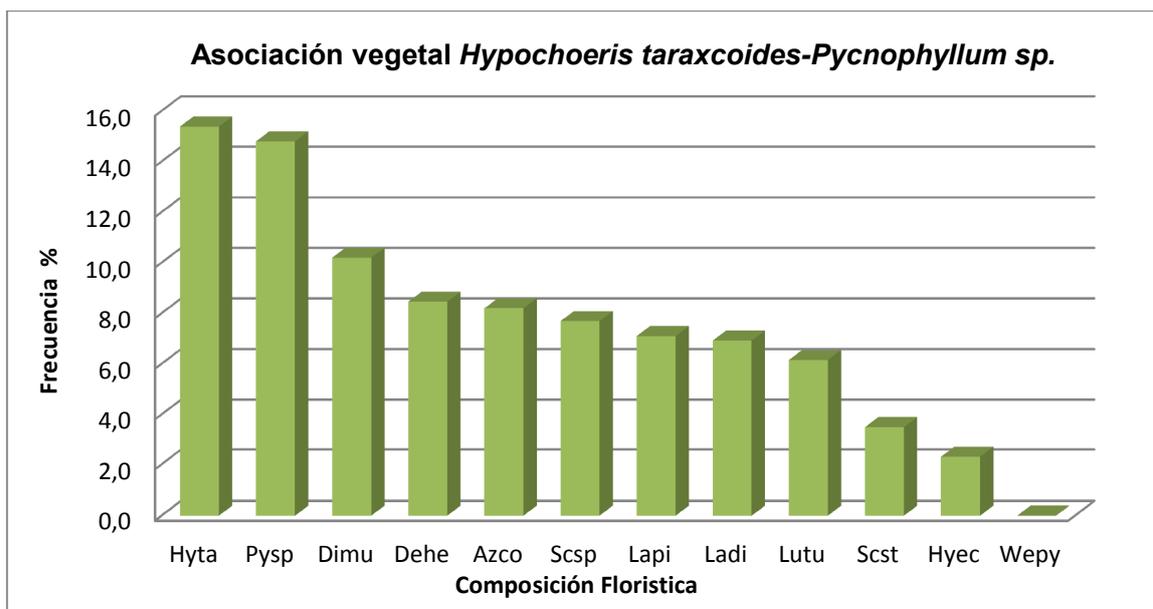
6.2.4.1 Asociación *Hypochoeris taraxcoides*-*Pycnophyllum* sp.

Esta asociación vegetal se encuentra ubicada al norte, se desarrolla en el valle glaciar circundante a la llanura aluvial del río Condoriri y en depresiones, cerca de las montañas Tuni-Condoriri y Huayna Potosí, ocupa una superficie de 1111ha (1.52%).

Se desarrolla sobre suelos con pendientes planas (0-2%), poco profundos, caracterizados por presentar problemas de drenaje, la textura va de franco a franco arcillo-limosos, vegetado por especies de estrato bajo, en cuanto al uso, es destinada al pastoreo de ganado camélido y ovino, tanto en época seca como en húmeda.

El nombre de esta asociación vegetal se debe a las especies *Hypochoeris taraxcoides* (Hyta), común mente conocida como: Ojho siki y *Pycnophyllum* sp. (Pysp), ambas especies se desarrollan en bofedales de puna que son las que se encuentran con mayor frecuencia en la pradera, y son apetecibles para el ganado, a la vez están acompañadas por otras especie como *Distichia muscoides* (Dimu), *Deyeuxiz heterophylla* (Dehe), y *Azorella compacta* (Azco), pero estas se encuentran en menor proporción (ver gráfico 9).

Gráfico N° 9. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación vegetal *Hypochoeris taraxcoides*-*Pycnophyllum* sp.



La cobertura vegetal ocupa el 90.7%, y el restante 9.3% está representado por piedras y suelo desnudo, según Valdivia (1993), estaría categorizada como cobertura muy densa (90 - 100%), estos datos indican que estos suelos están bien protegidos de los agentes erosivos.

Cuadro N° 17. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación vegetal *Hypochoeris taraxcoides*-*Pycnophyllum* sp.

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Hypochoeris taraxcoides</i>	Hyta	15.4	Compositae
<i>Pycnophyllum</i> sp.	Pysp	14.8	Caryophyllaceae
<i>Distichia muscoides</i>	Dimu	10.2	Juncaee
<i>Deyeuxiz heterophylla</i>	Dehe	8.5	Gramínea
<i>Azorella compacta</i>	Azco	8.2	Umb
<i>Scirpus</i> sp.	Scsp	7.7	Cyperaceae
<i>Lachemilla pinata</i>	Lapi	7.1	Rosaceae
<i>Lachemilla diplophylla</i>	Ladi	6.9	Rosaceae
<i>Lucilia tunariensis</i>	Lutu	6.2	Compositae
<i>Scirpus stipulatus</i>	Scst	3.5	Cyperaceae
<i>Hypochoeris echegarayi</i>	Hyec	2.3	Compositae
<i>Werneria pygmaea</i>	Wepy	0.7	Compositae
COBERTURA VEGETAL		90.7	
SIN COBERTURA		9.3	
TOTAL		100.0	

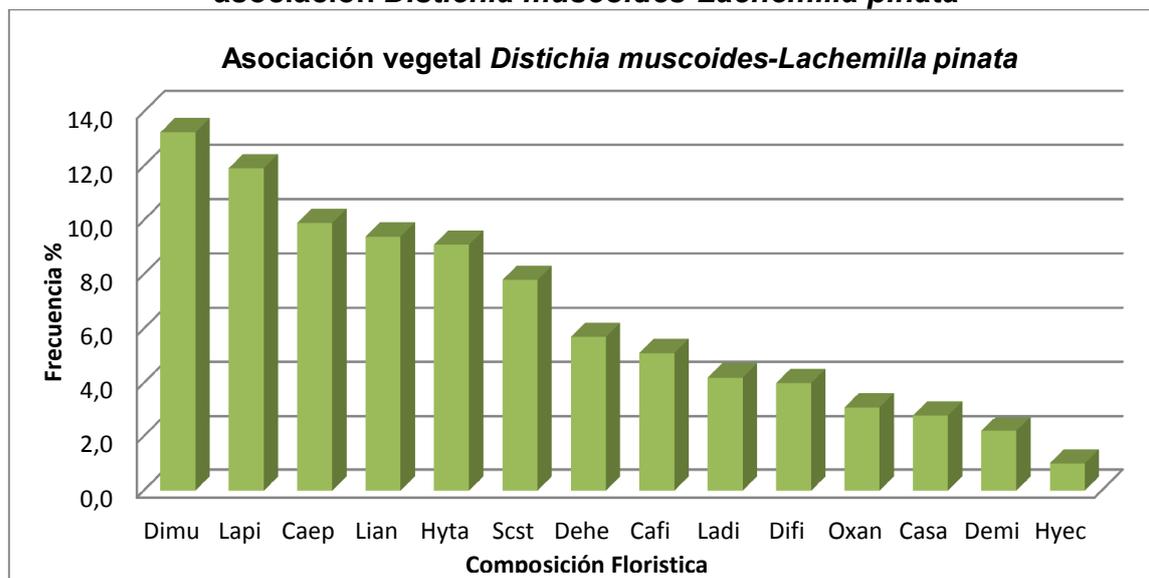
6.2.4.2 Asociación *Distichia muscoides*-*Lachemilla pinata*

Esta asociación vegetal se encuentra en terrazas y llanuras aluviales del valle glaciar y en menor proporción en la base de circos glaciares, ocupa una superficie de 2233.7 ha, representando el 3.07% del total de la superficie.

Se desarrolla sobre suelos con pendientes planas (0 – 2%), moderadamente profundos, de textura franca a franco arenosos con piedras en la superficie (clase 1), al igual que el anterior esta vegetado por especies herbáceas de estrato bajo

Las especies *Distichia muscoides* (Dimu), conocida como kunkuna, y *Lachemilla pinata* (Lapi), se desarrollan en suelos anegados, cubre extensas zonas de los bofedales y son apetecibles para el ganado camélido y ovino. Las especies que acompañan esta asociación son *Carex* sp (Caep), *Lilaeopsis andina* (Lian), *Hypochoeris taraxcoides* (Hyta) y *Scirpus stipulatus* (Scst).

Gráfico N° 10. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Distichia muscoides-Lachemilla pinata*



Los suelos con cobertura vegetal ocupan un 80.4% y los suelos sin cobertura el 19.6%, categorizados como cobertura densa (75 – 90%), lo cual significa que estos suelo tienen una protección moderada de los suelos frente a los agentes erosivos, lo cual se pudo evidenciar a través de la reducción de la cobertura vegetal.

Cuadro N° 18. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Distichia muscoides-Lachemilla pinata*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Distichia muscoides</i>	Dimu	13.2	Juncaeeae
<i>Lachemilla pinata</i>	Lapi	11.9	Rosaceae
<i>Carex sp</i>	Caep	9.9	Cyperaceae
<i>Lilaeopsis andina</i>	Lian	9.4	Umb
<i>Hypochoeris taraxcoides</i>	Hyta	9.1	Compositae
<i>Scirpus stipulatus</i>	Scst	7.8	Cyperaceae
<i>Deyeuxiz heterophylla</i>	Dehe	5.7	Gramínea
<i>Castillja fissifolia</i>	Cafi	5.1	Scropuleraceae
<i>Lachemilla diplophylla</i>	Ladi	4,2	Rosaceae
<i>Disticha filamentosa</i>	Difi	4.0	Juncaeeae
<i>Oxychloe andina</i>	Oxan	3.1	Juncaeeae
<i>Caltha sagitata</i>	Casa	2.8	Ranun
<i>Deyeuxia minima</i>	Demi	2.2	Gramínea
<i>Hypochoeris echegarayi</i>	Hyec	1.0	Compositae
COBERTURA VEGETAL		80.4	
SIN COBERTURA		19.6	
TOTAL		100.0	

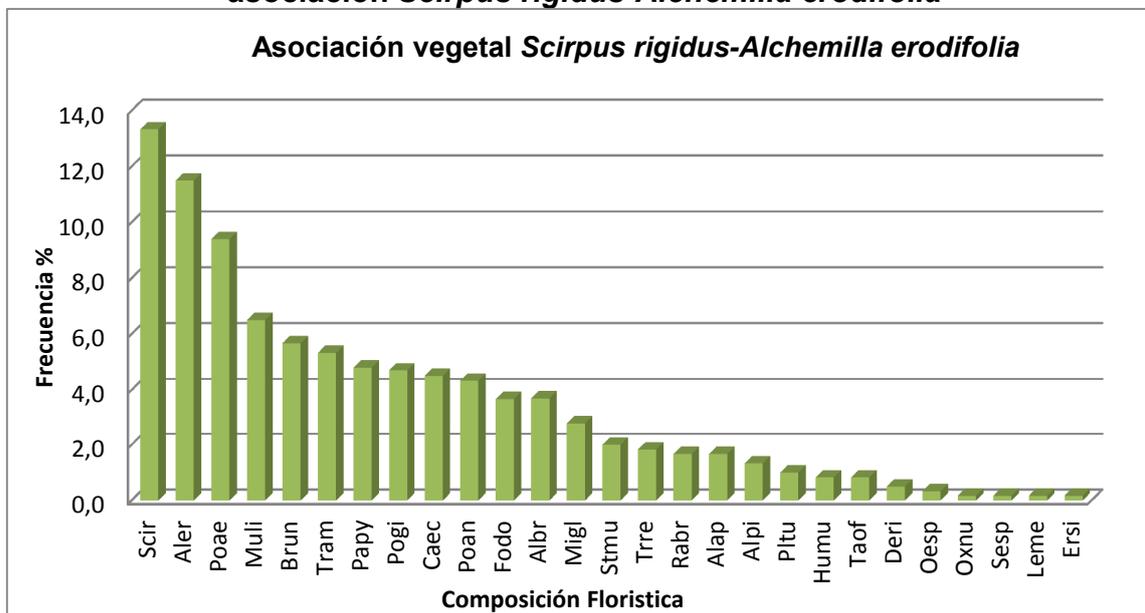
6.2.4.3 Asociación *Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia*

Esta asociación vegetal se encuentra ubicada en la zona central, en llanura aluvial con humedales, ocupa una superficie de 2943.2 ha lo cual representa el 4.04% del total de la superficie.

Se desarrollan en suelos con una pendiente plana a ligeramente inclinada (0 – 6%), con problemas de anegamiento debido a que la napa freática se encuentra muy cerca a la superficie del suelo, por tanto presentan horizontes con procesos de gleyzación, de textura franco y altos contenidos de materia orgánica (8.82%).

Entre las especies más frecuentes se pueden mencionar el *Scirpus rigidus* (Scri), conocida como totorilla, *Alchemilla erodiifolia* (Aler), conocida como ok'e ok'e, así como las gramíneas altas *Poa aequigluma* (Poae), *Muhlenbergia ligularis* (Muli), *Bromus unioloides* (Brun), *Festuca dolichophylla* (Fedo), *Trifolium repens* (Trre), etc. La gran diferencia con las otras Asociaciones es la riqueza y variedad de especies cortas (27 especies) y que suministran una vegetación muy apetecible para el ganado vacuno y ovino.

Gráfico N° 11. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia*



Los suelos presentan una cobertura vegetal de 94.9% y un 5.1% representa al suelo desnudo, lo cual significa que presentan una cobertura muy densa no pudiendo observarse problemas de erosión de ningún tipo.

Cuadro N° 19. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Scirpus rigidus-Alchemilla erodifolia*

Espece	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Scirpus rigidus</i>	Scir	13.3	Gramínea
<i>Alchemilla erodifolia</i>	Aler	11.5	Rosaceae
<i>Poa aequigluma</i>	Poae	9.4	Gramínea
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	Muli	8.5	Gramínea
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	57	Gramínea
<i>Trifolium amabile</i>	Tram	53	Fabaceae
<i>Paspalum pygmaeum</i>	Papy	4.8	
<i>Poa gilgiana</i>	Pogi	4.7	Gramínea
<i>Carex ecuadorica</i>	Caec	4.5	
<i>Poa annua</i>	Poan	4.3	Gramínea
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fodo	3.7	Gramínea
<i>Alopecurus bracteata</i>	Albr	3.7	
<i>Mimulus glabratus</i>	Migl	2.8	
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	2.0	Gramínea
<i>Trifolium repens</i>	Trre	1.8	Fabaceae
<i>Ranunculus brebiscapus</i>	Rabr	1.7	Ranunculaceae
<i>Alchemilla aphanoides</i>	Alap	1.7	Rosaceae
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	1.3	Rosaceae
<i>Plantago tubulosa</i>	Pltu	1.0	Plantaginaceae
<i>Hordeum mutivum</i>	Humu	0.8	Gramínea
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	0.8	Asteraceae
<i>Deyeuxia rigescens</i>	Deri	0.5	Gramínea
<i>Oenothera sp.</i>	Oesp	0.3	Oenotheraceae
<i>Oxalis nubigena</i>	Oxnu	0.2	Oxaliaceae
<i>Senecio sp.</i>	Sesp	0.2	Asteraceae
<i>Lepechinia meyeri</i>	Leme	0.2	Labiaceae
<i>Erodium cicutarium</i>	Ersi	0.2	Geraniaceae
COBERTURA VEGETAL		94.9	
SIN COBERTURA		5.1	
TOTAL		100.0	

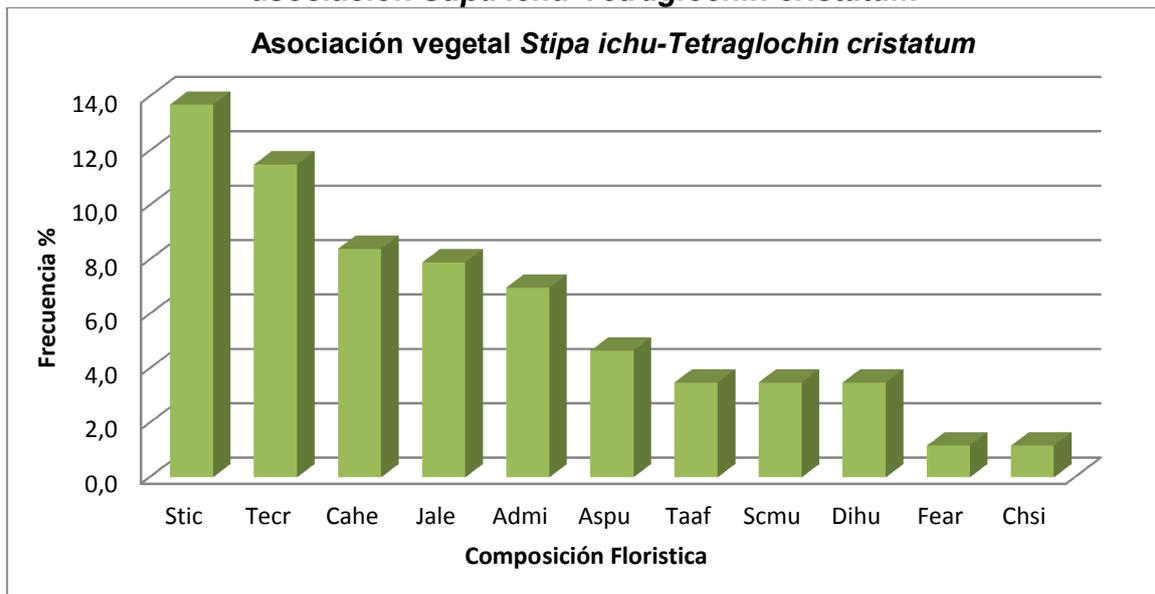
6.2.4.4 Asociación *Stipa ichu-Tetraglochin cristatum*

Esta asociación se ubica en gran parte en la serranía media moderadamente disectada y en piedemonte escarpado, ocupa una superficie de 10272.5 ha, representando el 14.1% del total.

Se desarrolla sobre suelos con pendientes que van desde ligeramente escarpados a muy escarpados (14 – 75%), los suelos son muy superficiales (< 25 cm) a superficiales (25 – 50 cm) de textura Franco limoso a franco limo-arcilloso, con altos contenidos de grava y presencia de afloramientos rocosos.

Las especies más representativas son *Stipa ichu* (Stic), conocida como Sikuya es una plantaperenne; crece en manojos densos, de 20 – 60 cm de altura poco apetecibles para el ganado vacuno y ovino, pero apetecible para camélidos. *Tetraglochin cristatum* (Tecr), conocido como Kaylla es una especie semi-leñosa de estrato bajo que es consumida generalmente por ganado camélido. A estas dos especies acompañan *Calamagrotia heterophylla* (Cahe), *Jarava leptostachya* (Jale), *Adesmia miraflorensis* (Admi), *Astragalus pusillos* (Aspu), en menor proporción en la pradera.

Gráfico N° 12. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Stipa ichu-Tetraglochin cristatum*



La cobertura vegetal de esta asociación representa el 65.9% y los restantes (34.1%) representan a los suelos sin cobertura, catalogados como suelos de cobertura poco densa. Por sus características de pendiente, textura, cobertura vegetación y a la vez el mal uso del suelos (parcelación excesiva), éstos presentan problemas de erosión laminar severa, donde en algunas partes se presenta la pérdida total del horizonte superficial, en algunos casos se puede observar surcos y cárcavas.

Cuadro N° 20. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Stipa ichu-Tetraglochin cristatum*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Stipa ichu</i>	Stic	13.7	Gramínea
<i>Tetraglochin cristatum</i>	Tecr	11.5	Rosaceae
<i>Calamagrotia heterophylla</i>	Cahe	8.4	Gramínea
<i>Jarava leptostachya</i>	Jale	7.9	Gramínea
<i>Adesmia miraflorensis</i>	Admi	7.0	Fabaceae
<i>Astragalus pusillos</i>	Aspu	4.7	Fabaceae
<i>Taraxacum officinale</i>	Taaf	3.5	Asteraceae
<i>Schkuhria multiflora</i>	Scmu	3.5	Asteraceae
<i>Distichlis humilis</i>	Dihu	3.5	Gramínea
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	1.2	Gramínea
<i>Chondrosium simplex</i>	Chsi	1.2	Gramínea
COBERTURA VEGETAL		65.9	
SIN COBERTURA		34.1	
TOTAL		100.0	

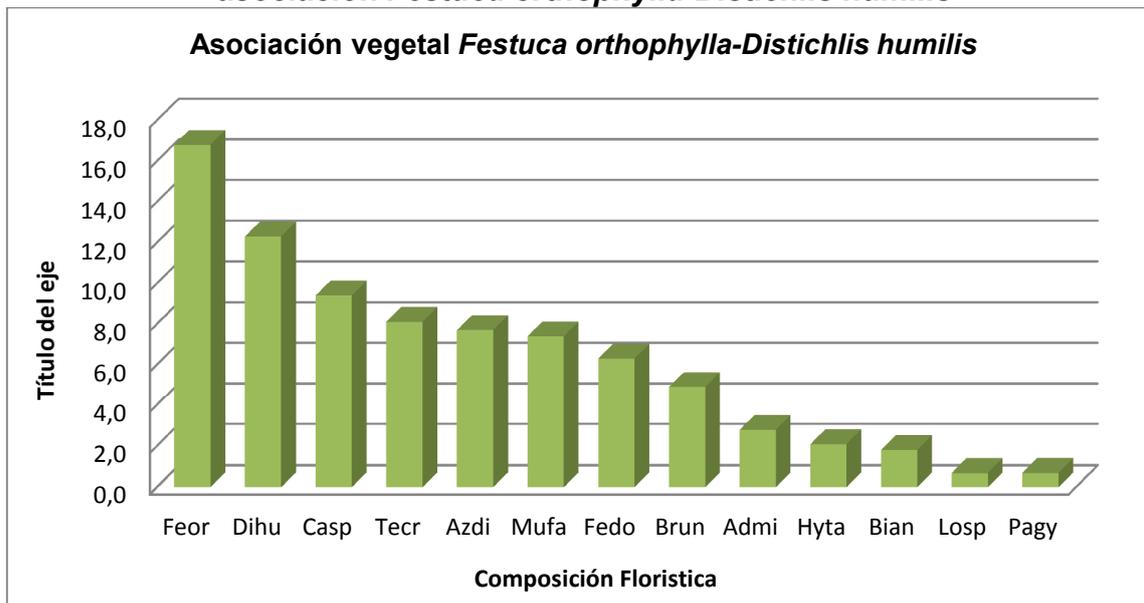
6.2.4.5 Asociación *Festuca orthophylla-Distichlis humilis*

Esta asociación vegetal se ubica en su totalidad en el piedemonte superior y en baja proporción en piedemonte escarpado, siendo la tercera asociación con mayor superficie, con 10250.8 ha representado el 14.07% del total.

Se desarrolla sobre suelos con pendientes que van desde inclinado a escarpado (7 – 55%), presentan déficit de humedad, con suelos de textura franca a franco limoso.

Las especies que se presentan con mayor frecuencia son *Festuca orthophylla* (Feor), conocida como paja brava, el cual es una especie perenne, de 15 – 30 cm de altura; forma densas matas consumida especialmente por camélidos, siendo poco apetecibles para ovinos y vacunos. La especie *Distichlis humilis* (Dihu), es una especie perenne, algo rizomatosa, de 3.5 cm de altura, siendo muy apetecible para ovinos. Otras especies de gran importancia son *Calamagrotis sp* (Casp), *Tetraglochin cristatum* (Tecr), *Azorella diapensioides* (Azdi), *Muhlenbergia fastigiata* (Mufa), pero estas se encuentran en bajas proporciones.

Gráfico N° 13. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Festuca orthophylla-Distichlis humilis*



Los suelos presentan una cobertura vegetal del 72% y un 27.4% esta descubierto, según Valdivia (1993), estaría catalogado como suelos de cobertura poco densa. Lo cual significa que la vegetación presente no protege completamente al suelo de los agentes erosivos, lo cual es evidente al observar en ciertas partes erosión laminar y en surcos.

Cuadro N° 21. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Festuca orthophylla-Distichlis humilis*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	16.8	Gramínea
<i>Distichlis humilis</i>	Dihu	12.3	Gramínea
<i>Calamagrotis sp</i>	Casp	9.4	Gramínea
<i>Tetraglochin cristatum</i>	Tecr	8.1	Rosaceae
<i>Azorella diapensioides</i>	Azdi	7.7	Umbeliferaceae
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	7.4	Gramínea
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	6.3	Gramínea
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	4.9	Gramínea
<i>Adesmia miraflorensis</i>	Admi	2.8	Fabaceae
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Hyta	2.1	Compositae
<i>Bidens andicola</i>	Bian	1.8	Asteraceae
<i>Lolium sp.</i>	Losp	0.7	
<i>Paspalum pygmaeum</i>	Pagy	0.3	
COBERTURA VEGETAL		72.6	
SIN COBERTURA		27.4	
TOTAL		100.0	

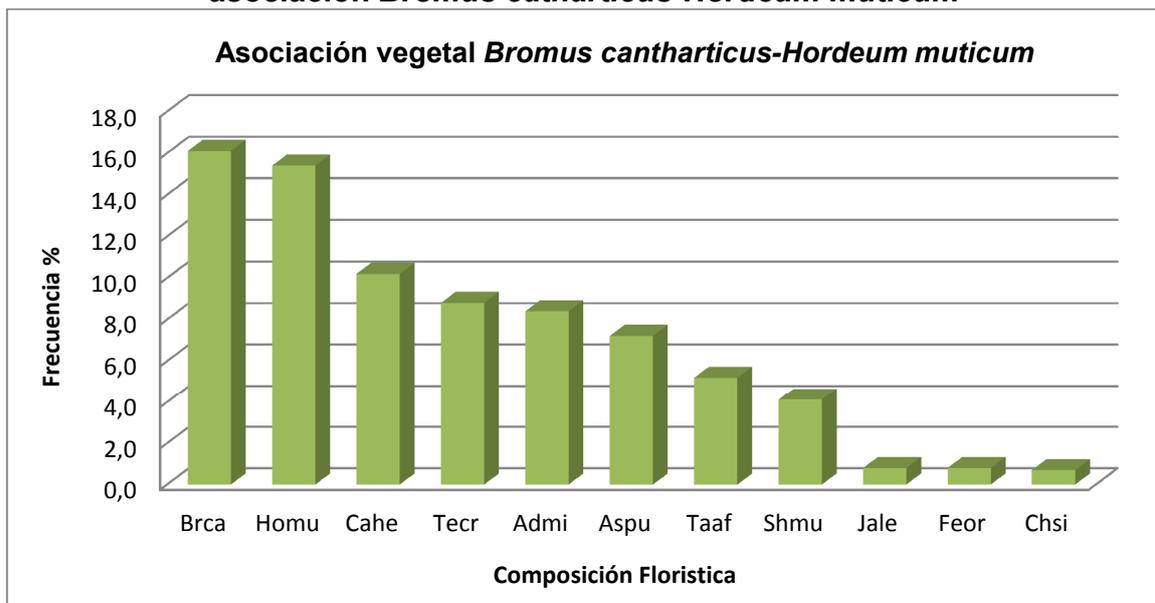
6.2.4.6 Asociación *Bromus catharticus-Hordeum muticum*

Esta asociación vegetal se encuentra ocupando gran parte de la llanura aluvial y en menor proporción el piedemonte inferior, siendo la asociación con mayor superficie (13375.6 ha), representando el 18.35% del total de la superficie.

Se desarrolla sobre suelos con pendientes que van desde planas a ligeramente inclinada (0 – 6%), con textura franco a franco arcilloso, moderadamente húmedos y pH 5 (ligeramente ácido).

La asociación está representada por *Bromus cantharticus* (Brca), conocido como choklla, es una planta anual de hasta 80 cm de altura, hojas suaves, de hasta 20 cm de largoy es muy apetecible para el ganado vacuno, ovino y camélido. *Hordeum muticum* (Homu), conocida como cola de ratón; es una planta perenne, de 10 – 35 cm de altura; hojas de 5 – 15 cm de largo, suaves. Su presencia no es muy significativa en época de seca, pero si aumenta considerablemente en la época lluviosa, consumido mayormente por ovinos y camélidos (Mayta 2004). Otras especies como *Calamagrotia heterophylla* (Cahe), *Tetraglochin cristatum* (Tocr), y *Adesmia miraflorensis* (Admi), se encuentran en menor proporción en la pradera.

Gráfico N° 14. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Bromus catharticus-Hordeum muticum*



Los suelos presentan una cobertura vegetal del 77.3 % y un 23.7% representa al suelos descubierto, está catalogado como suelos de cobertura densa (Valdivia, 1993).

Cuadro N° 22. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Bromus cantharticus-Hordeum muticum*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Bromus cantharticus</i>	Brca	16.1	Gramínea
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	15.4	Gramínea
<i>Calamagrotia heterophylla</i>	Cahe	10.2	Gramínea
<i>Tetraglochin cristatum</i>	Tecr	8.8	Roseceae
<i>Adesmia miraflorensis</i>	Admi	8.4	Fabaceae
<i>Astragalus pusillos</i>	Aspu	7.2	Fabaceae
<i>Taraxacum officinale</i>	Taaf	5.2	Asteraceae
<i>Schkuhria multiflora</i>	Shmu	4.1	Asteraceae
<i>Jarava leptostachya</i>	Jale	0.8	Gramínea
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	0.8	Gramínea
<i>Chondrosium simplex</i>	Chsi	0.7	Gramínea
COBERTURA VEGETAL		77.7	
SIN COBERTURA		22.3	
TOTAL		100.0	

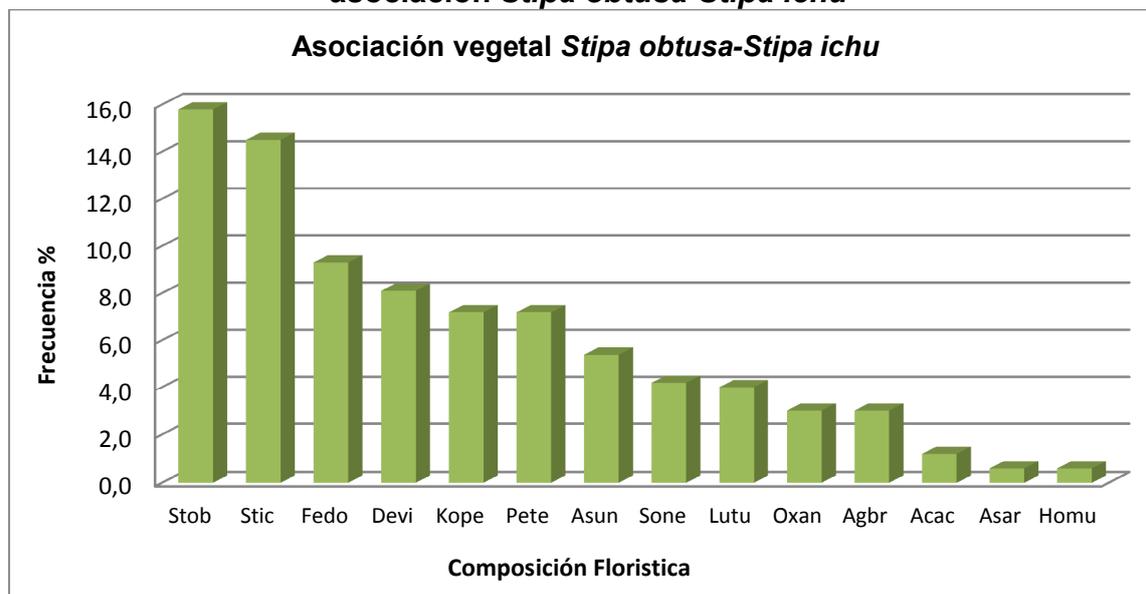
6.2.4.7 Asociación *Stipa obtusa-Stipa ichu*

Esta asociación vegetal se encuentra sobre la llanura de piedemonte inferior, al Nor-Oeste de la serranía Santa Ana, ocupa una superficie de 4794.8 ha, representando el 6.58% del total.

Se desarrolla sobre suelos con pendientes de 3 – 6% (ligeramente inclinado), superficiales a a poco profundo, con déficit de humedad, textura franco limoso y altos contenidos de grava en horizontes subsuperficiales (61%).

Las especies dominantes son: *Stipa obtusa* (Stob), comúnmente conocida como Tisiña, pertenece a la familia de las gramíneas al igual que *Stipa ichu* (Stic), conocida como sikuya la cual es una planta perenne; crece en manojos densos, de 20 – 60 cm de altura, apetecible generalmente para camélidos. Otras Gramíneas que acompañan a estas dos especies dominantes son: *Festuca dolichophylla* (Fedo), *Deyeuxia vicunarium* (Devi), *Koeleria permollis* (Kope).

Gráfico N° 15. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Stipa obtusa-Stipa ichu*



Esta pradera presenta suelos con una cobertura vegetal herbácea densa del 84% indicando una buena protección del suelo; las especies presentan estratos medio a alto (20 – 80 cm), y la pedregosidad y/o suelo desnudo representa el 14%.

Cuadro N° 23. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Stipa obtusa-Stipa ichu*

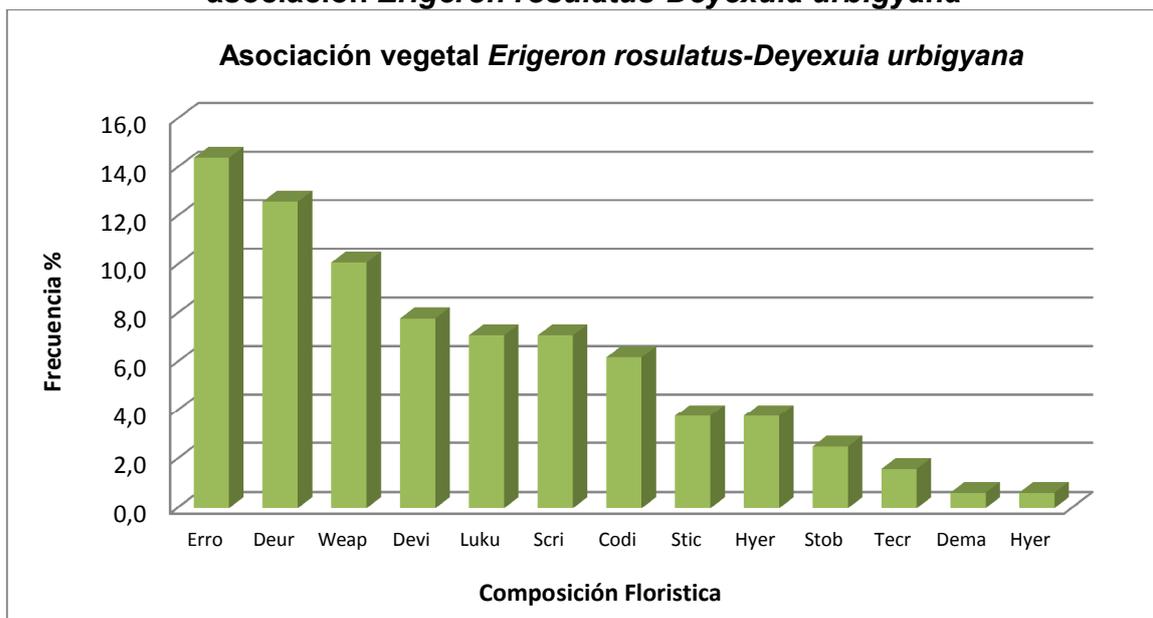
Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Stipa obtusa</i>	Stob	15.8	Gramínea
<i>Stipa ichu</i>	Stic	14.5	Gramínea
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	9.3	Gramínea
<i>Deyeuxia vicunarium</i>	Devi	8.1	Gramínea
<i>Koeleria permollis</i>	Kope	7.2	Gramínea
<i>Pencuphyllum tetrastichium</i>	Pete	7.2	Caryphyllaceae
<i>Astralagus uniflora</i>	Asun	5.4	Fabaceae
<i>Soliva neglecta</i>	Sone	4.2	Asteraceae
<i>Lucilia tunariensis</i>	Lutu	4.0	Compositae
<i>Oxychloe andina</i>	Oxan	3.0	Juncaeeae
<i>Agrotis breviculmis</i>	Agbr	3.0	Gramínea
<i>Acianchne acicularis</i>	Acac	1.2	Gramínea
<i>Astragalus araquipensis</i>	Asar	0.6	Fabaceae
<i>Hordium muticum</i>	Homu	0.6	Gramínea
COBERTURA VEGETAL		84.0	
SIN COBERTURA		16	
TOTAL		100.0	

6.2.4.8 Asociación *Erigeron rosulatus*-*Deyexuia urbigyana*

Esta asociación vegetal se ubica en laderas de las serranías medias (ligera y moderada disección) y parte del piedemonte superior, abarca una superficie de 9999.3 ha (13.72%) Se desarrolla sobre suelos con pendiente que oscilan entre ligeramente inclinado hasta escarpado, de superficiales a moderadamente profundos, textura franco a franco limosos.

Las dos especies dominantes a la cual se debe el nombre de la asociación es: *Erigeron rosulatus* (Erro), que pertenece a la familia asteraceae y *Deyexuia urbigyana* (Deur), perteneciente a la familia de las gramíneas, ambas son especies de estrato bajo (0 - 25), son especies poco palatables para el ganado (vacuno, ovino o camélido). Las especies que conforman esta asociación pero en menor proporción son *Werneria apiculata* (Weap), *Deyexuia vincularum* Weap (Devi), y *Lucilia kuntiana* (Luku), etc.

Gráfico N° 16. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Erigeron rosulatus*-*Deyexuia urbigyana*



Los suelos donde se encuentran esta asociación presentan un 78.2 % de cobertura vegetal y un 21,8% de pedregosidad, afloramiento rocoso y suelo desnudo, de acuerdo a estas proporciones son catalogado como suelos de cobertura densa, pero presentan moderados problemas de erosión, ya que estas especies de estrato bajo y a la vez no presentan un alto macollamiento, lo cual deja susceptible al suelo del impacto de las gotas de lluvia.

Cuadro N° 24. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Erigeron rosulatus-Deyexuia urbigyana*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Erigeron rosulatus</i>	Erro	14,4	Asteraceae
<i>Deyexuia urbigyana</i>	Deur	12,6	Gramínea
<i>Werneria apiculata</i>	Weap	10,1	Asteraceae
<i>Deyexuia vincularum</i>	Devi	7,8	Gramínea
<i>Lucilia kuntiana</i>	Luku	7,1	Asteraceae
<i>Scirpus rigidus</i>	Scri	7,1	Cyperaceae
<i>Coronopus didymus</i>	Codi	6,2	Brassicaceae
<i>Stipa ichu</i>	Stic	3,8	Gramínea
<i>Hypochoires eremophylla</i>	Hyer	3,8	Asteraceae
<i>Stipa obtusa</i>	Stob	2,5	Gramínea
<i>Tetraglochini cristatum</i>	Tecr	1,6	Rosaceae
<i>Deyexuia mandoniana</i>	Dema	0,6	Gramínea
<i>Hypochoeris erimophylla</i>	Hyer	0,6	Asteraceae
COBERTURA VEGETAL		78,2	
SIN COBERTURA		21,8	
TOTAL		100,0	

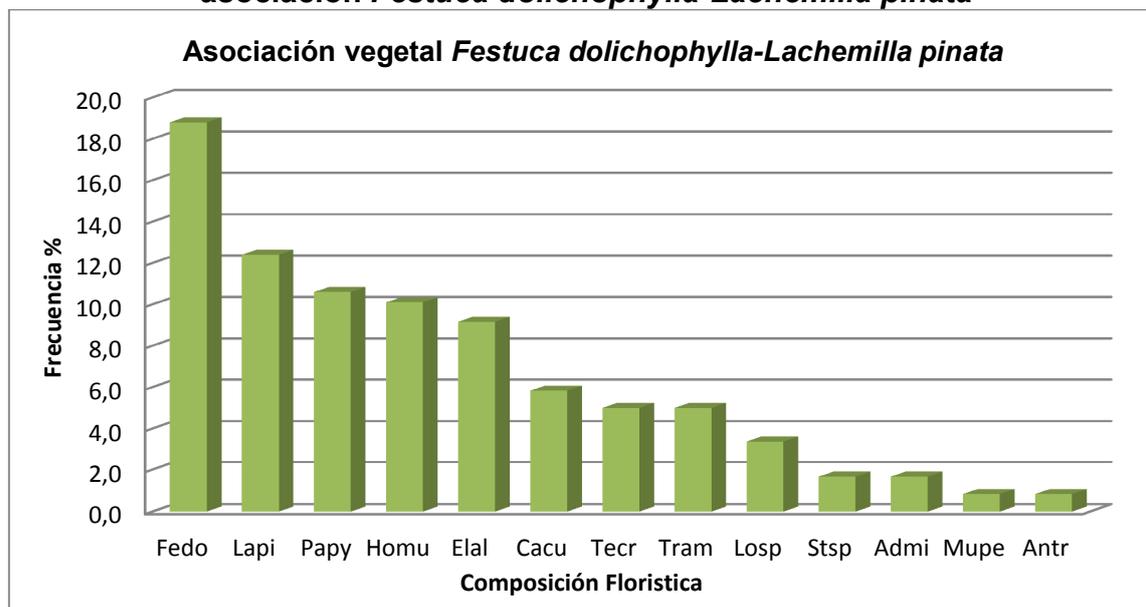
6.2.4.9 Asociación *Festuca dolichophylla-Lachemilla pinata*

Esta asociación vegetal se ubica al sur del área de estudio, distribuida en pequeñas proporciones de la llanura aluvial y la serranía media de Santa Ana. Ocupa una superficie de 4126.7 ha, representando el 5.66%.

Se desarrolla sobre suelos con pendiente plana a casi plana (0 – 2%), moderadamente profundos a profundos, con textura franco arcilloso, contenidos de materia orgánica de 1.57% y pH igual a 5.01.

Las dos especies dominantes son *Festuca dolichophylla* (Fedo), conocida como chillihua, es una especie perene que crece en densos manojos, de 30 – 60 cm de altura; es considerada como especie apetecible para el ganado. *Lachemilla pinata* (Lapi), pertenece a la familia de las rosáceas, es poco apetecible para el ganado especialmente vacuno. Las especies que forman parte de esta asociación vegetal, pero se encuentran en menor proporción son: *Paspalum pygmaeum* (Papy), *Hordeum muticum* (Homu), *Eleocharis albibracteata* (Elal), *Calamagrotis curvula* (Cacu), etc.

Gráfico N° 17. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Festuca dolichophylla*-*Lachemilla pinata*



Los suelos de esta asociación presentan una cobertura vegetal del 85.2% y un suelo desnudo del 14.8%; están catalogados como suelos con cobertura densa.

Cuadro N° 25. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Festuca dolichophylla*-*Lachemilla pinata*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	18.8	Gramínea
<i>Lachemilla pinata</i>	Lapi	12.4	Rosaceae
<i>Paspalum pygmaeum</i>	Papy	10.6	
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	10.1	Gramínea
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Elal	9.2	
<i>Calamagrotis curvula</i>	Cacu	5.8	Gramínea
<i>Tetraglochim cristatum</i>	Tecr	5.0	Rosaceae
<i>Trifolium amabile</i>	Tram	5.0	Fabaceae
<i>Lolium sp.</i>	Losp	3.3	
<i>Stipa speciosa</i>	Stsp	1.7	Gramínea
<i>Adesmia miraflorensis</i>	Admi	1.7	Fabaceae
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Mupe	0.8	Gramínea
<i>Antrobryum triandrum</i>	Antr	0.8	Frankeniaceae
COBERTURA VEGETAL		85.2	
SIN COBERTURA		14.8	
TOTAL		100.0	

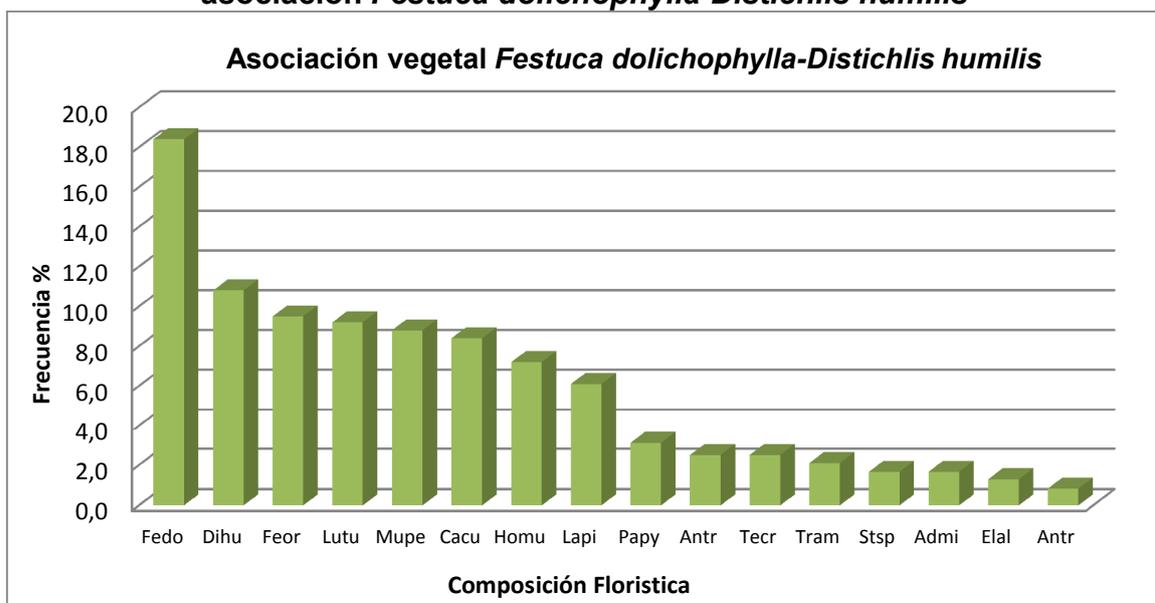
6.2.4.10 Asociación *Festuca dolichophylla*-*Distichlis humilis*

Esta asociación se ubica al sur del área de estudio específicamente en la llanura aluvial y próximo a las colinas bajas, ocupa una superficie de 3601.7ha (4.94%).

Se desarrolla sobre suelos con pendiente plana a casi plana (0 – 2%), suelos profundos con cierto grado de humedad, textura franca, pH moderadamente ácido (5.81), CIC de 18.33 meq/100g y contenido de materia orgánica moderado (3.15%).

Las dos especies dominantes son: *Festuca dolichophylla* (Fedo), conocida como chillihua, es una especie perene, crece en densos manojos, de 30 – 60 cm de altura; hojas de 10 – 35 cm de largo que sobresalen las cañas floríferas, y *Distichlis humilis* (Dihu), conocida como grama, es una especie perenne, algo rizomatosa, de 3.5 cm de altura; hojas plegadas o involutas casi divergentes, cerca de 1 cm de largo; ambas son especies apetecibles para el ganado vacuno y ovino. Las otras especies poco apetecibles a apetecibles y que forman parte de esta asociación pero se encuentran en menor proporción son: *Festuca orthophylla* (Feor), *Lucilia tunariensis* (Lutu), *Muhlenbergia peruviana* (Mupe), *Calamagrostis curvula* (Cacu), etc.

Gráfico N° 18. Relación entre la frecuencia y la composición florística de la asociación *Festuca dolichophylla*-*Distichlis humilis*



Los suelos presentan una cobertura vegetal de 94.1% y un suelo desnudo de 5.9%, de acuerdo a Valdivia (1993) son considerados como suelos de cobertura muy densa, lo cual significa que tienen una buena protección contra agentes erosivos.

Cuadro N° 26. Cobertura vegetal, pedregosidad y/o suelo desnudo de la asociación *Festuca dolichophylla*-*Distichlis humilis*

Especie	Clave	Porcentaje	Familia
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	18.4	Gramínea
<i>Distichlis humilis</i>	Dihu	10,8	Gramínea
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	9.5	Gramínea
<i>Lucilia tunariensis</i>	Lutu	9.2	Compositae
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Mupe	8.8	Gramínea
<i>Calamagrotis curvula</i>	Cacu	8.4	Gramínea
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	7.2	Gramínea
<i>Lachemilla pinata</i>	Lapi	6.1	Rosaceae
<i>Paspalum pygmaeum</i>	Papy	3.1	
<i>Antrobryum triandrum</i>	Antr	2.5	Frankeniaceae
<i>Tetraglochim cristatum</i>	Tecr	2.5	Rosaceae
<i>Trifolium amabile</i>	Tram	2.1	Fabaceae
<i>Stipa speciosa</i>	Stsp	1.7	Gramínea
<i>Adesmia miraflorensis</i>	Admi	1.7	Fabaceae
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Elal	1.3	
<i>Antrobryum triandrum</i>	Antr	0.8	Frankeniaceae
COBERTURA VEGETAL		94.1	
SIN COBERTURA		5.9	
TOTAL		100.0	

MAPA 7. ASOCIACIONES VEGETALES

6.3 SUELOS

6.3.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte

En esta unidad de paisaje, la ladera superior y media presentan abundante pedregosidad y afloramientos rocosos, en cambio en la ladera inferior los suelos son muy superficiales, con altos contenidos de grava y piedra.

Por el difícil acceso a este paisaje, la topografía y además, no se desarrolla ninguna actividad agropecuaria, solamente se realizó la apertura y descripción de la calicatas, sin tomar en cuenta las muestras para el análisis físico-químico del suelos, además se pudo observar que los suelos de ladera inferior son muy superficiales donde exhiben un perfil con horizonte A (menor a 10 cm) y R.

Para fines de clasificación, esta unidad, está clasificado como misceláneos de roca (MR).

Esta unidad no edáfica, está constituida por exposiciones de la roca (afloramiento rocoso) y por depósitos de derrubios o detritos rocosos poco consolidados que se presentan en laderas de la montaña, circos glaciares y valles glaciares menores. Algunas partes están cubiertas por una vegetación rala y de estrato muy bajo. La composición litológica es variada, comprendiendo, principalmente, rocas sedimentarias como la areniscas, limolitas, lutitas y rocas metamórficas como cuarcitas y pizarras de metamorfismo débil (SERGEOTECMIN, 1995).

De acuerdo a su taxonomía, la parte baja (ladera inferior) pertenece al Subgrupo Lithic Cryorthents. Se caracteriza por ser un entisol con un régimen de temperatura cryico (temperatura entre 0 a 8°C), y suelos poco desarrollados, espesor menor a 18 cm y con abundantes fragmentos gruesos.

6.3.2 Serranía media, estructural con disección ligera

Asociación Ladera superior Khullcatina

Los suelos de esta asociación presentan cimas de forma convexa, con pendiente ligeramente escarpado, bajos contenidos de piedras en la superficie, los suelos son muy superficiales (menor a 12 cm) y con contacto lítico, en algunas partes se puede apreciar afloramientos rocosos que ocupan aproximadamente el 15% de esta asociación.

Debido a su topografía y suelo, presenta un drenaje clase 5 (algo excesivamente drenado), las condiciones de humedad del perfil es seco, en las cimas y laderas altas presentan serios problemas de erosión laminar y en surcos, producto de la escasa vegetación y el material poco coherente.

La vegetación predominante en mayor proporción asteráceas como: *Erigeron rosulatus* (Jancitíca), *Werneria apiculata* (Algodonero), y gramíneas como: *Deyexuia urbigyana* y *Deyeuxia vincularum*. Estas especies cubren aproximadamente el 78% de la superficie del suelo, dejando un 22% desnudo, lo cual lo hace susceptible frente a agentes erosivos.

Según la descripción realizada en campo de la calicata N° 1, presenta una secuencia de horizontes como: A₁ y R.

El horizonte A₁, presenta una textura franco arenoso con contenido de grava de 11%, de acuerdo a estas características, la retención de agua en el suelo es muy baja, debido al alto contenido de materiales grueso y al espesor del suelo (< 12 cm), y a su vez presenta un contacto lítico.

Cuadro N° 27. Propiedades físicas de la serranía media (Asociación ladera superior Khullcatina)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A	0 - 12	72	20	8	Franco Arenoso	11
R	>12	-	-	-	-	-

En cuanto a las propiedades químicas: presentan un pH moderadamente ácido, esto indica que los pocos nutrientes que presenta el suelo no están de manera disponible, por el contrario la conductividad eléctrica de 0.028dS/m, indica que no presenta problemas de sales; en cuanto a los cationes cambiabiles, el calcio es muy bajo, el magnesio y sodio son bajos, por el contrario el potasio es moderado. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico presenta valores muy bajos, esto debido a la textura (franco arenoso) y los bajos contenidos de M.O. presentes en el suelo, lo cual influye en su fertilidad.

De acuerdo al índice de fertilidad, estos suelos presentan una fertilidad muy baja, sumado a ello el espesor muy delgado con contacto lítico, y otros factores como el clima, son los que dificultan el desarrollo de la agricultura.

En cuanto a la roca madre (R) está constituida por areniscas y lutitas.

Cuadro N° 28. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media, (Asociación pendiente superior Khullcatina)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A	0 - 12	5.62	4.89	0.028	1.4	0.6	0.59	0.15	0.2	2.94	93.2	2.9	0.19	10.2
R	>12													

De acuerdo a su clasificación taxonómica, estos suelos pertenecen al Subgrupo Lithic Cryorthents, se caracteriza por ser un entisol con régimen de temperatura cryico, espesor del suelos menor a 18 cm (con contacto lítico), fragmentos gruesos mayor a 2 mm y una fracción de suelo fino que contiene más del 30% de de partículas entre 0.02 a 2 mm (arena).

Asociación Ladera Inferior Khullcatina

Los suelos de esta asociación se encuentran en las laderas inferiores donde la forma del terreno circundante es convexa, con pendiente escarpada, el material de partida es coluvial derivado de roca arenisca, la presencia de piedras en la superficie es de clase 2, con diámetro de 10 a 25 cm, no se observa afloramientos rocosos pero existe una marcada erosión laminar en gran parte de la superficie, acompañado de erosión en surcos en bajas proporciones.

Debido a las características topográficas, la textura y los contenidos de grava en los diferentes horizontes, presenta un drenaje algo excesivo (clase 5), las condiciones de humedad del perfil es seco. La vegetación presente es en mayor proporción asteráceas, gramíneas y rosáceas de estrato medio, el uso actual está destinado al ganadería extensiva de camélidos (llamas) en mayor proporción que ovinos.

En cuanto a las características del perfil del suelo presentan una secuencia de sus horizontes como: A₁ y C₁.

El horizontes A₁, presenta un espesor de 13 cm (muy superficial), con textura franca y contenidos de grava en un 25%, a medida que aumenta la profundidad el contenido de grava incrementa (37.6%), por tanto la retención de humedad para las plantas disminuye ya que el agua se pierde por acción de la gravedad.

Cuadro N° 29. Propiedades físicas de la serranía media con disección ligera (Asociación ladera inferior Khullcatina)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 13	50	29	21	Franco	25
C ₁	13 - 70	47	27	26	Franco arcillo-arenoso	37.6

En cuanto a las características químicas, estos suelos presentan un pH que va de moderadamente ácido (5.44) a fuertemente ácido (4.98), por tanto estos valores indican que la mayoría de los nutrientes no serán fácilmente asimilables por las plantas. Por el contrario las sales no son un problema ya que se encuentran en concentraciones bajas, debido al material grueso presente en los diferentes horizontes que permite un fácil lavado de estas.

El calcio en el suelo varia de muy bajo a bajo, mientras el magnesio y potasio son moderados y el sodio intercambiable es muy bajo. La capacidad de intercambio catiónico es muy bajo por tanto presentan problemas de fertilidad lo cual es una limitante para el desarrollo de cualquier cultivo. La materia orgánica al igual que el nitrógeno va disminuyendo con la profundidad a valores muy bajos, el fosforo disponible es moderado en el horizonte superior, pero en el horizonte subyacente desciende a valores muy bajos ya que precipita en forma de fosfatos debido al valor de pH (fuertemente ácido).

De acuerdo con el índice de fertilidad, estos suelos presentan una fertilidad baja, lo cual juntamente con el clima (bajas temperaturas), son limitantes para el desarrollo de la agricultura.

Cuadro N° 30. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media con disección ligera (Asociación ladera inferior Khullcatina)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 13	5.44	4.12	0.005	2.69	1.9	0.38	0.1	0.27	5.34	94.9	2.34	0.25	12.3
C ₁	13 - 70	4.98	4.25	0.021	3.47	2.5	0.16	0.1	0.15	6.38	97.6	1	0.1	1.44

De acuerdo a su taxonomía estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Cryorthents, se caracteriza por ser un suelo típico ya que no presenta características de ningún otros subgrupo de orden Entisol, son suelos poco desarrollados, se encuentran bajo un régimen de temperatura cryico, lo cual influyó enmarcadamente en su formación, presentan modificaciones texturales más del 30%, lo cual influye en una alta permeabilidad.

6.3.3 Serranía media, estructural con disección moderada

Asociación Ladera superior Santa Ana

Los suelos de esta asociación se encuentran en una posición topográfica de ladera superior, donde estas presentan formas convexas, con pendiente escarpada (clase 5), el material de que dio origen a estos suelos es prácticamente sedimentario (arenisca roja). Presenta afloramientos rocosos en un 3% de la superficie, pero el contenido de piedras y pedregones sobrepasa el 15% (clase 3).

Los suelos son muy superficiales (<15 cm de espesor) y con contacto lítico; de acuerdo a las características topográficas, textura y el elevado contenido de grava, estos suelos presentan un drenaje excesivo (clase 6).

La vegetación predominante son gramíneas, como *Stipa icho* (sicuya) *Calamagrotis heterophylla*, y rosáceas como *Tetraglochin cristatum* (kaylla), los cuales cubren aproximadamente el 65% y el restante 35% está expuesto a los agentes erosivos, esto se pudo evidenciar a través de erosión laminar severa y en surcos presente en gran parte de los suelos de esta asociación.

En cuanto a las características del perfil del suelo observado en la calicata 3, presentan una secuencia de sus horizontes de la siguiente manera: A₁ y R.

El horizonte superficial A₁ presenta un espesor de 15 cm (muy superficial), de textura franco limoso con presencia de grava en un 49%; En base a estas características del suelo y tomando en cuenta que presenta el contacto lítico, se puede interpretar que estos suelos no tienen una buena capacidad de retención de humedad para aprovechamiento de las plantas, además la estabilidad estructural es muy baja lo cual deja susceptible al suelo frente a los agentes erosivos.

Cuadro N° 31. Propiedades físicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera superior Santa Ana)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 15	28	59	13	Franco limoso	49
R	>15					

En cuanto a las características químicas este suelo presenta un pH fuertemente ácido (4.95), lo que indica que los nutrientes no están disponibles en su totalidad ya que son menos solubles. En el caso del fósforo con estos valores de pH, precipitará en forma de fosfato lo cual es menos soluble y asimilable por las plantas a pesar que contenga moderado contenido (10.9 ppm). La conductividad eléctrica es muy bajo (0.023 dS/m), por tanto no presenta problemas de sales.

El calcio, magnesio y sodio son muy bajos, mientras el potasio es moderado. La capacidad de intercambio catiónico es muy bajos. El contenido de materia orgánica es moderado (4.44%), mientras en nitrógeno es bajo (0.21%).

Según su índice de fertilidad este suelo presenta valores muy bajos, lo cual indica que existe una deficiencia de nutrientes el cual es una limitante para el desarrollo de cualquier cultivo.

Cuadro N° 32. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media Con disección moderada (Asociación ladera superior Santa Ana)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE dS/m	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N Total %	P ppm
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 15	4.95	4.38	0.023	1.03	0.34	0.24	0.1	0.03	1.74	98.3	4.44	0.21	10.9
R	>15													

De acuerdo a su clasificación taxonómica, esta asociación pertenece al Subgrupo Lithic Ustorthents. Se caracteriza por presentar suelos poco desarrollados (muy superficial), con régimen de humedad Ustico, lo que indica que permanecen secos por 90 días acumulativos, por otra parte presentan un contacto lítico dentro de los 15 cm, lo que le da el calificativo de Lithic.

Asociación Ladera Inferior Santa Ana

Los suelos de esta asociación se encuentran en la posición topográfica de pendiente inferior, donde sus laderas presentan formas convexas, con pendiente moderadamente escarpado (clase 4), donde el material de partida es de origen sedimentario (arenisca roja). No se observa afloramientos rocosos pero si presenta contenidos de piedra y pedregones en un 10% aproximadamente.

La profundidad efectiva es de 54 cm (poco profundo), sin contacto lítico pero con cambio textural abrupto; de acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava y piedras en los diferentes horizontes, las condiciones de drenaje son algo excesivo, catalogados como clase 5.

La vegetación predominante son gramíneas como *Stipa ichu* (sicuya), *Stipa obtusa* (paja brava), *Stipa ichu* (chillihua) y *Calamagrotia heterophylla*, estas cubren aproximadamente entre el 65% y 78% del suelo. En cuanto a la erosión, se puede evidenciar la formación de pequeñas cárcavas, la erosión laminar y en surcos se encuentra en un grado moderado.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 4, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, A₂, 2C₁ y 3C₂

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁ y A₂, presentan un espesor de 32 cm, de textura que va de franco limoso a franco limo-arcilloso con presencia de grava de 38.3% y 52.8%; la estructura es migajosa en ambos horizontes. En base a estas características físicas mencionadas, se puede interpretar que estos suelos no tienen una buena capacidad de retención de humedad por tanto el agua disponible para los cultivos es baja.

Los horizontes inferiores 2C₁ y 3C₂, son considerados como discontinuidad litológica, se encuentran entre los 32 a 94 cm de profundidad; ambos presentan una textura franco arenosa, con porcentaje de grava de 60.5% y 18%; no presentan estructura, los altos contenidos de arena, grava, y bajos contenidos de materia orgánica lo convierten en horizontes muy permeables con una elevada velocidad de infiltración, por tanto estos horizontes presentan deficiencia de humedad y permanecen secos gran parte del año.

Cuadro N° 33. Propiedades físicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera inferior Santa Ana)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 15	40	29	31	Franco limoso	38.9
A ₂	15 - 32	47	27	26	Franco limo-arcilloso	52.8
2C ₁	32 - 44	55	31	14	Franco Arenoso	60.5
3C ₂	44 - 94	63	22	15	Franco Arenoso	18

En cuanto a las propiedades químicas determinadas en laboratorio, el horizonte A₁ y A₂ presentan un pH fuertemente ácido, con estos valores los nutrientes no están disponibles para los cultivos, agregando que la TBI se encuentra en cantidades muy bajas, se puede decir que presentan una gran limitante para el desarrollo de los cultivo. Por otra parte la conductividad eléctrica es muy baja, esto indica que los suelos no presentan problemas de sales.

El calcio, magnesio y sodio en el suelo son muy bajos, mientras el potasio es bajo. La capacidad de intercambio catiónico es muy bajo, El contenido de materia orgánica y de nitrógeno, son bajos, mientras que el fósforo asimilables es alto.

Los horizontes 2C₁ y 3C₂, presentan pH muy fuertemente ácidos, con una conductividad eléctrica menor a 0.017 dS/m (sin problemas de sales). Mientras que la CIC, materia orgánica y el nitrógeno son muy bajos, pero el fósforo asimilable se encuentra en concentraciones altas (ver cuadro 34).

De acuerdo al índice de fertilidad, estos suelos presentan valores muy bajos debido a la CIC, M.O. y nitrógeno que se encuentran en bajas concentraciones, por tanto una mejor producción agrícola dependerá de mejorar estas cualidades del suelo.

Cuadro N° 34. Propiedades químicas y biológicas de la serranía media con disección moderada (Asociación ladera inferior Santa Ana)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 15	5.08	4.38	0.33	1.48	0.41	0.16	0.08	0.03	2.16	98.6	2.88	0.13	21.2
A ₂	15 - 32	4.98	4.79	0.025	1.29	0.88	0.13	0.08	0.03	2.41	98.8	2.56	0.11	22
2C ₁	32 - 44	4.28	4.13	0.017	1.06	1.06	0.13	0.08	0.042	2.37	98.2	1.52	0.07	23.9
3C ₂	44 - 94	4.10	4	0.015										

De acuerdo a su clasificación Taxonómica, este suelo pertenece al Subgrupo Typic Ustorthents. Son característicos por ser suelos poco desarrollados con alto contenido de fragmentos gruesos (grava y piedra), el régimen de humedad Ustico ya que permanecen secos por al menos 90 días acumulativos.

6.3.4 Piedemonte superior con disección moderada

Consociación de suelos Vilaque Alto

Los suelos de esta unidad presentan forma onduladas con pendiente inclinada (clase 3), donde el material de partida son sedimentos fluviales y aluviales, provenientes de la parte alta de la Cordillera Oriental, y depositados en el área, conformado por cantos gravas, limos y arcillas. No presenta afloramientos rocosos, pero el contenido de piedras en la superficie es clase 1.

La profundidad efectiva es de 32 cm (superficial), sin contacto lítico. De acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava en los diferentes horizontes, presenta un drenaje clase 5 (Algo excesivamente bien drenado), y la presencia de erosión generalmente en surcos de grado moderado.

La vegetación predominante son especies de estrato bajo como *Erigeron rosulatus* y *Deyexuia urbigyana*, estas cubren aproximadamente el 78% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 13, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, A₂ y C₁

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁ y A₂, presenta un espesor de 26 cm, de textura franco con contenidos de grava de 16% y 40% respectivamente; Mientras el horizonte subyacente C₁, presenta una textura franca con contenidos de grava en un 38%; estas características indican que es suelo es muy permeable donde al agua se pierde fácilmente por acción de la gravedad lo cual no es aprovechada por las plantas.

Cuadro N° 35. Propiedades físicas del piedemonte superior con disección moderada

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 15	42	39	19	Franco	16
A ₂	15 - 26	35	24	23	Franco	40
C ₁	26 - 92	44	35	21	Franco	37.8

De acuerdo al análisis químico, este suelo presenta un pH fuertemente ácido en todos los horizontes, estos valores indican que la mayoría de los nutrientes en el suelo no están disponibles para el aprovechamiento de los cultivos. La conductividad eléctrica se encuentra menor a 2 dS/m, por tanto no presentan problemas de sales.

El horizonte superficial A₁, presenta contenido potasio moderado, y los contenidos de calcio y magnesio son muy bajos, debido a ello se determino la baja estabilidad estructural.

En los horizontes subyacentes los contenidos de calcio, potasio y sodio van disminuyendo a medida que aumenta la profundidad a excepción del magnesio que aumenta hasta un valor de 2.28 cmol (+) kg⁻¹. La capacidad de intercambio catiónico en todos los horizontes es menor a 6 cmol (+) kg⁻¹, por tanto son considerado muy bajos.

Los contenidos de materia orgánica y nitrógeno en el horizonte superficial son moderados, estos disminuyen a medida que aumenta la profundidad, llegando a presentar

valores muy bajos. Pero el contenido de fosforo se mantiene muy alto en todo los horizontes del suelo, llegando a incrementarse de 31.7 ppm a 41.2 ppm.

Tomando en cuenta las diferentes propiedades química, se determino que el índice de fertilidad de estos suelos, este presentan valores moderados, los cuales para mejorar la producción agrícola deben ser remediados o corregidos, especialmente el pH, el cual es fuertemente ácido.

Cuadro N° 36. Propiedades químicas y biológicas del piedemonte superior con disección moderada

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 15	4.77	4.27	0.1	1.8	0.5	0.43	0.17	0.03	2.93	99.0	6.6	0.34	31.7
A ₂	15 - 26	4.52	4.28	0.069	1.24	0.98	0.29	0.15	0.082	2.74	97.0	2.82	0.25	36.2
C ₁	26 - 92	4.66	4.24	0.02	1.11	2.28	0.18	0.1	0.043	3.71	98.8	2.92	0.16	41.2

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Cryorthents, es un entisol con poco desarrollo del suelo, presentan altos contenidos de fragmentos gruesos, se encuentra bajo un régimen de temperatura cryico (0 - 8°C), y son típicos de este subgrupo.

6.3.5 Piedemonte superior escarpado con disección moderada

Consociación de suelos Sora Pampa

Los suelos de esta unidad presentan forma convexo-cóncava con pendiente de mayor a 55% (escarpado), donde el material de partida es de origen coluvial. Con afloramientos rocosos y la presencia de piedras en la superficie son muy pocas (clase 3).

La profundidad efectiva es de 30 cm (superficial) y sin contacto lítico; de acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava en los diferentes horizontes, el drenaje pertenece a la clase 6 (Excesivamente bien drenado). La clase de erosión presente es laminar y en surcos de grado moderado.

La vegetación predominante son gramíneas como *Festuca orthophylla*, *Scirpus rigidus*, *Distichlis humilisy Lachemilla pinata* (rosacea), estas cubren aproximadamente el 65% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 11, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes como: A₁ y C.

El horizonte superficial A₁, presentan un espesor de 38 cm (superficial), de textura franco contenido de grava, la de un 26%; la estructura es granulara, mientras el horizonte C₁, presenta una textura franco arenoso y contenidos de grava de 41%; la estructura es en bloques subangulares.

En base a estas características, este suelo presenta una baja capacidad de retención de agua para las plantas, la baja capacidad de infiltración se debe a la pendiente, por tanto el agua tiende a escurrir que almacenarse.

Cuadro N° 51. Propiedades físicas del piedemonte escarpado

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 18	49	32	19	Franco	10
2C ₁	30 - 81	69	10	21	Franco Arenoso	36

De acuerdo al análisis químico, este suelo presenta un pH fuertemente ácido (5.1) en el horizonte superficial y moderadamente ácido en el horizonte subyacente. Mientras la conductividad eléctrica es muy baja en ambos horizontes.

En cuanto a las bases cambiables el horizonte superficial (A₁), el calcio, magnesio y sodio son bajos, por el contrario el potasio se encuentra en contenidos moderado. Sumando las bases cambiables y la acidez hidrolítica, tenemos una capacidad de intercambio catiónico de 4.31 cmol (+) kg⁻¹, el cual es considerado muy bajo. En el horizonte subyacente las bases cambiables son muy bajo, por tanto la capacidad de intercambio catiónico es muy bajo.

El contenido de materia orgánica en el horizonte superficial es de 4.1% (moderado), producto de ello se tiene altos contenidos de nitrógeno (0.45%), mientras el fosforo es moderado (11.2 ppm). Por el contrario el horizonte subyacente presenta bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno, pero moderados contenidos de fósforo (ver cuadro).

Cuadro N°52. Propiedades químicas y biológicas del piedemonte escarpado

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H	CIC	%V	MO	N	P
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na	cmol (+) kg ⁻¹	cmol (+) kg ⁻¹		%	Total %	ppm
A ₁	0 - 30	5.1	4.87	0.017	2.3	1.13	0.56	0.15	0.17	4.31	96.1	4.1	0.45	11.2
2C ₁	30 - 91	5.3	4.79	0.034	2.1	0.93	0.44	0.08	0.11	3.66	97.0	1.2	0.16	13.3

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Cryorthents, son suelos jóvenes, presenta discontinuidad litológica dentro de los primeros 50 cm de profundidad, el régimen de temperatura bajo el cual se desarrollaron es el cryico (0 - 8°C), debido a que se encuentran cerca a la influencia de los glaciares.

6.3.6 Piedemonte inferior con disección moderada

Consociación de suelos Cucuta

Los suelos de esta unidad presentan forma onduladas con pendiente inclinadas (clase 3), donde el material de partida son sedimentos fluviales y aluviales, provenientes de la parte alta de la Cordillera Oriental, conformado por cantos gravas, limos y arcillas. No presenta afloramientos rocosos, y el contenido de piedras en la superficie (clase 1).

La profundidad efectiva es de 37 cm (superficial), sin contacto lítico. De acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava en los diferentes horizontes, presenta un drenaje clase 3 (moderadamente bien drenado), generalmente se observa la presencia de erosión laminar de grado moderado.

La vegetación predominante son especies de gramíneas de estrato bajo como *Bromus cantharticus* y *Hordeum muticum*, estas cubren aproximadamente el 78% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 14, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, C₁ y C₂

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁, presenta un espesor de 16 cm, de textura franco limoso con presencia de grava de un 23.9% y de estructura migajosa. El horizonte subyacente C₁, presenta una textura franco limoso con 6.2% grava,

con estructura en bloques angulares. Mientras el horizonte C₂, presenta una textura franco limoso con presencia de grava gravilla de un 15%.

De acuerdo a las características descritas, estos suelos presentan una moderada capacidad de retención de humedad, el cual puede ser aprovechado por las plantas.

Cuadro N° 37. Propiedades físicas del piedemonte inferior con disección moderada (consociación Cucuta)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 16	45	43	12	Franco Limoso	23
C ₁	16 -37	28	48	24	Franco Limoso	6
C ₂	37- 83	31	51	18	Franco Limoso	15

De acuerdo al análisis químico, los suelos presentan pH moderadamente ácido con valores que van desde 5.3 a 5.55. Estos valores indican que la mayoría de los nutrientes en el suelo están disponibles para el aprovechamiento de los cultivos. Por otra parte los valores de conductividad eléctrica indican que no presentan problemas de sales.

El horizonte superficial A₁, presenta bajos contenidos en bases cambiables, sumando a ello la acidez hidrolítica tenemos una capacidad de intercambio catiónico muy bajo, mientras la saturación de las bases es muy alto, pero en los horizontes subyacentes los contenidos de las bases cambiables y la capacidad de intercambio catiónico son muy bajos. Los contenidos de materia orgánica y nitrógeno son muy bajos en todo los horizontes, pero el fósforo va en aumento con la profundidad, de contenidos bajos a moderado.

De acuerdo al índice de fertilidad, estos suelos presentan una baja fertilidad debido a la baja CIC, M.O., Nt y P asimilable, por tanto se recomienda la incorporación de enmiendas orgánicas para suplir estas deficiencias.

Cuadro N° 38. Propiedades químicas y biológicas del piedemonte inferior con disección moderada (consociación Cucuta)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H	CIC	%V	MO	N	P
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na	cmol (+) kg ⁻¹	cmol (+) kg ⁻¹		%	total %	ppm
A ₁	0 - 16	5.3	4.6	0.039	2.31	0.93	0.24	0.11	0,13	3.72	96.5	2.03	0.17	6.1
C ₁	16 -37	5.48	4.43	0.024	1.64	0.84	0.1	0.16	0,22	2.96	92.6	0.33	0.09	10.6
C ₂	37- 83	5.55	4.47	0.019	1.54	0.47	0.08	0.19	0,21	2.49	91.6	0.29	0.07	10.6

De acuerdo a la clasificación Taxonómica, este suelo pertenece al Subgrupo Typic Ustorthents. Son característicos por ser suelos poco desarrollados, con régimen de humedad Ustico ya que permanecen secos por al menos 90 días acumulativos.

6.3.7 Morrenas lateral y terminal

Consolidación de suelos Jankho Khota

Los suelos de esta unidad presentan laderas de forma convexo-cóncava, con pendiente moderadamente escapado (clase 4), donde el material de partida son depósitos glaciares conformados por materiales heterométricos de bloques, gravas y arcillas, no se observa afloramientos rocosos pero si presenta contenidos de piedra y pedregones entre 7 y 10% aproximadamente (clase 3).

La profundidad efectiva es 29 cm (superficial), sin contacto lítico; de acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava y piedras en los diferentes horizontes, las condiciones de drenaje es algo excesivamente bien drenado, catalogado como clase 5.

La vegetación predominante, son gramíneas de estrato medio como *Deyeuxia vicunarum* (Orqo paqu), *Festuca dolichophilla* (iru ichu), asteráceas como *Werneria aoiculata* (algodonero) y *Lucilia cuntiana* (Qochi Wira). Estas especies cubren aproximadamente entre el 60% y 68% del suelo, lo cual gran parte del año está expuesto al efecto de las lluvias, por tanto se puede evidenciar la presencia de erosión laminar y en surcos.

La característica del perfil del suelo observado en la calicata 5, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, 2C₁ y 3C₂

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁, presenta un espesor de 15 cm, contextura franca y contenida de grava de 12%; la estructura es migajoso, débil. Por otra parte los horizontes 2C₁ y 3C₂, se encuentran entre los 15 y 91 cm, presenta una discontinuidad litológica, la texturas van desde franco arenoso a franco arcillo-limoso, con contenido de grava de 28% y 49%.

En base a estas características todo el suelo presenta horizontes muy permeables donde el agua no llega a almacenarse debido al mayor volumen de macroporos, por tanto se pierde por efecto de la gravedad.

Cuadro N° 39. Propiedades físicas de las morrenas (terminal y lateral)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 – 15	49	36	15	Franco	12
2C ₁	15 - 29	63	19	14	Franco Arenoso	28
3C ₂	29 - 91	19	42	39	Franco arcillo-limoso	49

En cuanto a las propiedades químicas, este suelo presenta un pH fuertemente ácido en todo el perfil (7.87 a 7.9), con una conductividad eléctrica menor a 2 dS/m, que va disminuyendo con la profundidad, lo que indica que no presenta problemas de sales.

El calcio en el horizonte A₁, es muy bajo, mientras el magnesio y sodio se encuentran en concentraciones bajas. Estos tres elementos van en aumento con la profundidad, mientras el potasio se encuentra en concentración moderada en el horizonte superior, y va disminuyendo con la profundidad. Por el contrario la capacidad de intercambio catiónico es muy bajo en todo el suelo.

El contenido de materia orgánica es moderado (5.89%) en el horizonte superior producto de las bajas temperaturas que influyen en su velocidad de mineralización, pero esta va disminuyendo con la profundidad. El nitrógeno es en el horizonte superior es moderado, al igual que la M.O. va disminuyendo con la profundidad llegando a valores muy bajos, mientras el fósforo se encuentra en concentraciones bajas en todo el suelo.

De acuerdo al índice de fertilidad, estos suelos presentan una fertilidad baja, sumado a ello el clima (bajas temperatura), influye como limitante para el desarrollo de la agricultura.

Cuadro N° 40. Propiedades químicas y biológicas de las morrenas (terminal y lateral)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE dS/m	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 15	4.87	4.29	0.03	1.36	0.73	0.31	0.11	0.12	2.63	95.4	5.89	0.32	6
2C ₁	15 - 29	4.83	4.18	0.022	0.99	1.53	0.08	0.09	0.16	2.85	94.4	1.14	0.1	3.69
3C ₂	29 - 91	4.9	3.98	0.048	2.42	1.38	0.08	0.14	0.93	4.95	81.2	0.52	0.04	1.43

De acuerdo a la clasificación taxonómica estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Cryorthents, se caracteriza por ser suelos poco espesor (menor a 20 cm), y altos contenidos de material grueso (grava y piedra), por otra parte son suelos desarrollados bajo un régimen de temperatura cryico (0 - 8°C).

6.3.8 Conos aluviales

Consociación de suelos Litoral

Los suelos de esta unidad presentan forma convexa con pendiente moderadamente escarpado (clase 4), donde el material de partida es aluvial, conformado por cantos gravas, limos y arcillas. No presenta afloramientos rocosos y la presencia de piedras en la superficie son muy pocas (clase 0).

La profundidad efectiva es de 41cm (poco profundo), sin contacto lítico; de acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava y piedras en los diferentes horizontes, el drenaje pertenece a la clase 4 (Bien drenado). El tipo de erosión presente es laminar de grado moderado.

La vegetación predominante, son asteráceas de estrato bajo como *Erigeron rosulatus* (Janci t'ica), *Werneria apiculata*, y gramíneas como *Deyexuia urbigyana*, estas cubren aproximadamente el 75% del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 6, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, C₁ y C₂

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁, presentan un espesor de 12 cm, de textura franco y contenido de grava en 12.6%; la estructura es migajosa, mientras los horizontes C₁ y C₂, se encuentran entre los 12 y 78 cm de profundidad con textura que van desde franco arcillo-limoso a franco y contenidos de y grava de 11 y 21%.

De acuerdo a las características descritas, este suelo presenta una moderada capacidad de retención de agua en el suelo, el problema solamente se debe a la pendiente (moderadamente escarpada), que no favorece a una buena infiltración, por tanto mayor es el escurrimiento.

Cuadro N° 41. Propiedades físicas de los conos aluviales

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 – 12	29	45	26	Franco	12.6
C ₁	12 - 32	18	50	32	Franco arcillo-limoso	11.2
C ₂	32 - 78	34	41	25	Franco	21

De acuerdo al análisis químico, este suelo presenta un pH fuertemente ácido (4.92 a 4.41) en todo los horizontes, estos valores indican que la mayoría de los nutrientes en el suelo no están de disponibles. La conductividad eléctrica se encuentra entre 0.042 y 0.032 dS/m, por tanto no presentan problemas de salinidad.

El calcio en el suelo va en aumento con la profundidad, pero incluso así es relativamente bajo, el magnesio en el horizonte A₁, es bajo y moderado en los horizontes subyacentes, el potasio va de moderado a bajo, mientras el sodio es muy bajo en todo los horizontes del suelo. El total de bases intercambiables es moderado, mientras la capacidad de intercambio catiónico va en aumento con la profundidad.

La materia orgánica al igual que el fosforo se encuentran en contenidos moderados, ya que a medida que aumenta la profundidad, estos valores disminuyen bruscamente hasta llegar a valores muy bajos, por otra parte el nitrógeno va de bajo a muy bajo.

De acuerdo al índice de fertilidad, este suelo presenta una baja fertilidad, sumado a ello el clima y la pendiente, el desarrollo de la producción agrícola es muy bajo.

Cuadro N° 42. Propiedades químicas y biológicas de los conos aluviales

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE dS/m	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 – 12	4.92	3.94	0.042	3.15	1.93	0.45	0.09	0.17	5.79	97.1	5.57	0.25	12.1
C ₁	12 - 32	4.87	3.74	0.038	4.18	2.93	0.12	0.12	0.43	7.78	94.5	1.01	0.08	2.42
C ₂	32 - 78	4.41	3.52	0.032	4.23	2.99	0.15	0.09	0.68	8.14	91.6	0.92	0.06	1.82

De acuerdo a la clasificación taxonómica estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Cryorthents, al igual que las morrenas, estos suelos se ubican cerca de la influencia glacial por tanto se encuentran bajo un régimen de temperatura cryico (0 - 8°C), presentan suelos poco desarrollados y espesor menor a 20 cm.

6.3.9 Llanura Aluvial con Disección Ligera

Asociación Condoriri

Los suelos de esta unidad presentan forma plana a ondulada con pendiente casi llano (clase 1), donde el material de partida es prácticamente aluvial, conformado por cantos gravas, limos y arcillas; el contenido de piedras en la superficie es mínima (clase 0).

La profundidad efectiva es de 53 cm (poco profundo), sin contacto lítico; de acuerdo a las características de pendiente, textura y el nivel freático, este suelo presenta un drenaje escaso (clase 2). Estos suelos permanecen saturados de agua por largos periodos de tiempo.

La vegetación predominante está conformada por *Hypochoeris taraxcoides*, *Pycnophyllum sp.* y *Distichia muscoides* que son especies que se desarrollan generalmente en suelos con problemas de drenaje, presentan una cobertura del 90.7%, lo cual indica que el suelo desnudo es mínimo, por tanto no se observa problemas de erosión de algún tipo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 7, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, Btg y 2Cg.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁, presenta un espesor de 14 cm, con textura franco arenoso y sin presencia de grava. Mientras que el horizonte Btg presenta 23 cm de espesor, con textura franco arcillo-limoso y sin presencia de grava y el

2Cg, indica discontinuidad litológica que va desde los 37 a 108 cm de profundidad, de igual manera que el horizonte Btg, presenta problemas de drenaje debido al nivel freático que asciende constantemente cerca a la superficie del suelo, a pesar de presentar una textura franco arenoso (47% de grava).

Cuadro N° 43. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Condoriri)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 14	70	12	18	Franco Arenoso	-
Btg	14 - 37	19	46	35	Franco Arcillo-Limoso	-
2Cg	37 - 108	60	26	14	Franco arenoso	47

En cuanto a las propiedades químicas, el horizonte A₁ presenta un pH fuertemente ácido, mientras los horizontes subyacentes presentan pH moderadamente ácidos, por tanto la mayoría de los nutrientes no se encuentran disponibles para la mayoría de los cultivos, por otra parte la conductividad eléctrica es de 0.13 dS/m lo cual indica que no presenta problemas de salinidad.

El horizonte A₁, presenta moderados contenidos de calcio y potasio, el magnesio se encuentra en concentración alta, mientras el sodio es bajo. La capacidad de intercambio catiónico es moderado y el la saturación de bases es muy alto (94.9%). En cuanto a la materia orgánica, debido a la altura sobre el nivel del mar y la baja temperatura, la velocidad de mineralización es muy lenta por tanto los resultados de laboratorio, muestran un 6.86%, este valor se interpreta como moderado, mientras los contenidos de nitrógeno y fósforo en el suelo son bajos.

El horizonte Btg indica que sufrió procesos de acumulación de arcilla iluvial y procesos de reducción (gleyzación). De acuerdo a sus propiedades químicas, presenta altos contenidos de calcio, magnesio y bajos contenidos de potasio y sodio. El contenido de materia orgánica es bajo, mientras que el nitrógeno y fosforo son muy bajos.

El horizonte 2Cg, presenta moderado contenido de calcio, magnesio y bajo contenido de sodio y potasio, asimismo la CIC, M.O., Nt y P asimilable se encuentran en concentraciones bajas.

De acuerdo al índice de fertilidad, este suelo presenta una fertilidad alta, pero si tomamos en cuenta al clima, el desarrollo de las actividades agrícolas son limitadas por las bajas temperaturas (< 5°C).

Cuadro N° 44. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Condoriri)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 14	5.15	4.85	0.130	9.98	4.18	0.57	0.15	0.8	15.68	94.9	6.86	2.43	1.14
Btg	14 - 37	5.31	4.92	0.054	14	5.74	0.15	0.18	0.27	20.32	98.7	0.32	0.15	0.08
2Cg	37 - 108	5.34	5.13	0.026	7,19	2.62	0.1	0.12	0.21	10.24	97.9	1.5	0.66	0.74

De acuerdo a la clasificación taxonómica estos suelos pertenecen al Subgrupo Fluvaquentic Cryaquepts, se caracterizan por estar gran parte del año saturados de agua, su drenaje natural es pobre, el agua superficial permanece durante algún tiempo del año en el suelo. Presenta coloraciones grisáceas con gran cantidad de moteados indicadores del mal drenaje.

Asociación Chanuta-Tuni

Los suelos de esta unidad presentan forma plana con pendiente llano (clase 1), donde el material de partida es aluvial, conformado por cantos gravas, limos y arcillas; el contenido de piedras en la superficie es mínima (clase 0).

La profundidad efectiva es de 58 cm (poco profundo), sin contacto lítico; de acuerdo a las características de pendiente, textura, este suelo presenta un drenaje escaso (clase 2), las condiciones de humedad se presenta en todo el perfil.

La vegetación predominante está conformada por *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinata*, *Erigeron rosulatus* y *Deyexuia urbigyana*, son especies de estrato bajo. La cobertura vegetal de aproximadamente 84%. Los suelos no presentan problemas de erosión debido a la densa cobertura vegetal.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 8, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₀, A₁, AC, C₁ y C₂.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁ y AC presentan un espesor 32 cm, textura franco; la estructura va de granular a bloques angulares, de grado débil, la presencia de grava es mínima (5% en el horizonte AC).

Los horizontes inferiores C₁ y C₂, se encuentran entre los 36 y 106 cm de profundidad, presentan una textura franco limoso y sin presencia de grava; la estructura es bloques angulares.

De acuerdo a estas características, este suelo presenta una elevada capacidad de retención de agua (humedad) lo que permiten mejor aprovechamiento por las planta.

Cuadro N° 45. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chanuta-Tuni)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₀	0 - 4	-	-	-	-	-
A ₁	4 --18	45	36	19	Franco	-
AC	18 - 36	41	43	16	Franco	5
C ₁	36 - 50	25	57	18	Franco Limoso	-
C ₂	50 - 106	31	56	13	Franco Limoso	-

De acuerdo al análisis de laboratorio, los diferentes horizontes que conforman este suelo presentan un pH moderadamente ácido (5.25 a 5.76), por tanto estos valores se encuentran dentro del rango aceptable para la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de diferentes cultivos. La conductividad eléctrica nos muestra que no presentan problemas de sales, ya que los valores son menores a 2 dS/m.

Los horizontes A₁ y AC, presentan muy bajos contenido de sodio, bajos contenidos de calcio y potasio, y moderado contenido de magnesio. La capacidad de intercambio catiónico es muy bajo en ambos horizontes. Por otra parte el horizonte C₁, el calcio y

magnesio sufren un incremento, producto de la lixiviación desde los horizontes superiores, proporcionando valores alrededor de 6 cmol (+) kg⁻¹ en ambos casos.

La materia orgánica, el nitrógeno y fósforo en el horizonte A₀, en muy alto, mientras en los horizontes subyacentes con la profundidad van en descenso llegando a presentar valores bajos a muy bajos.

De acuerdo al índice de fertilidad, este suelo presenta una fertilidad baja, cabe mencionar que los nutrientes en el horizonte superior, se encuentran en concentraciones bajas pero aumentan proporcionalmente con la profundidad, ello indica que hubo lavado de estos nutrientes hacia horizontes más profundos.

Cuadro N° 46. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chanuta-Tuni)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₀	0 - 4	5.29		0.78								9.79	0.85	52.5
A ₁	4 --18	5.25	4.61	0.033	3.13	2.27	0.14	0.08	0.08	5.70	98.6	2.84	0.08	2.71
AC	18 - 36	5.45	4.76	0.024	2.71	3.46	0.1	0.08	0.07	6.42	98.9	2.13	0.1	2.25
C ₁	36 - 50	5.61	4.89	0.043	6.46	6.04	0.11	0.12	0.07	12.80	99.5	1.99	0.17	1.18
C ₂	50 - 106	5.76	5.02	0.051										

Estos suelos de acuerdo a su taxonomía pertenecen al Subgrupo Typic Cryofluvent. Se caracterizan por desarrollarse sobre pendientes menores al 20%, y bajo la influencia del río (crecidas). En el perfil del suelo existe un decrecimiento del carbono orgánico con la profundidad (18 a 106 cm), lo cual es otra característica particular de estos suelos al igual que el régimen de temperatura en el cual se desarrollo (cryico menor a 8°C).

Asociación Chuñavi

Los suelos de esta asociación se encuentran en la parte baja de la llanura aluvial, presentan forma plana con pendiente llano (clase 1), donde el material de partida es aluvial, conformado por cantos gravas, limos y arcillas; el contenido de piedras en la superficie es mínima (clase 0).

La profundidad efectiva es de 47 cm (poco profundo), y sin contacto lítico pero con material grueso a partir los 44 cm (63% de grava); de acuerdo a las características de pendiente, textura, este suelo presenta un drenaje escaso (clase 2), las condiciones de humedad se presenta en todo el perfil.

La vegetación predominante está conformada por *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinata*, *Scirpus rigidus* y *Alchemilla erodifolia*, son especies de estrato bajo a medio. La cobertura vegetal va de 84% a 87%. Los suelos no presentan problemas de erosión debido a la densa cobertura vegetal.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 9, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, A₂, Bt y 2C₁.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁ y A₂, presentan un espesor 25 cm, con textura franco limoso, sin presencia de grava. Mientras que el horizonte Bt presenta una textura franco arcilloso y el horizonte 2C₁, se extiende entre los 44 cm y 108, con textura franco arcillo arenoso, sin estructura y alto contenido de grava (63%).

De acuerdo a las características descritas, este suelo presenta problemas de drenaje, debido a una capa impermeable (horizonte Bt), que presenta alto contenido de arcilla iluvial, lo cual dificulta el paso del agua hacia horizontes inferiores.

Cuadro N° 47. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chuñavi)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 13	29	61	16	Franco Limoso	-
A ₂	13 - 25	29	63	16	Franco Limoso	-
Bt	25 - 47	23	43	34	Franco Arcilloso	-
2C ₁	47 - 108	57	22	21	Franco arcillo-arenoso	63.5

De acuerdo al análisis de laboratorio, los diferentes horizontes que conforman este suelo presentan un pH fuertemente ácido, por tanto la disponibilidad de los nutrientes para la mayoría de los cultivos es muy precaria ya que se encuentran bajo el rango aceptable. La

conductividad eléctrica es muy bajo en todo el suelo por tanto no presentan problemas de sales solubles.

Los horizontes del suelo presentan bajos contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio. Por tanto la capacidad de intercambio catiónico es bajo en todo el suelo. Mientras la materia orgánica es moderada en el horizonte A₁, y va disminuyendo con la profundidad. El nitrógeno es bajo y el fósforo muy bajo.

De acuerdo al índice de fertilidad, este suelo presenta una fertilidad baja, debido a la deficiencia de cationes, Nt y fosforo, por tanto se requiere la incorporación de enmiendas orgánicas para suplir estas deficiencias y mejorar la calidad del suelo.

Cuadro N° 48. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección ligera (Asociación Chuñavi)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 13	4.95	4.72	0.054	4.86	1.41	0.3	0.11	0.27	6.95	96.1	4.95	0.21	2.9
A ₂	13 - 25	4.82	4.42	0.034	1.77	1.44	0.13	0.09	0.36	3.79	90.5	1.53	0.1	1.2
Bt	25 - 47	4.63	4.46	0.034	3.44	1.67	0.13	0.13	0.56	5.93	90.6	2.08	0.14	2.25
2C ₁	47 - 108	4.97	4.49	0.041										

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Gran grupo Cryepts, se caracteriza por ser inceptisoles de suelos con horizontes bien desarrollados, el proceso edafogenético de mayor importancia es la translocación de la arcilla (arcilla iluvial), presenta un régimen de temperatura cryico debido a que se encuentra cerca a la influencia de los glaciares.

6.3.10 Terrazas aluviales

Consociación de suelos Palcoco-Chuñavi

Los suelos de esta unidad presentan forma plana con pendiente llana (clase 1), donde el material de partida, son depósitos aluviales, conformado por cantos gravas, limos y arcillas, característicos del Cuaternario. La ausencia de piedras en la superficie la clasifica como 0 (sin presencia de piedras).

La profundidad efectiva es de 42 cm (poco profundo), sin contacto lítico, pero con cambio textural abrupto. De acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava y piedras en los diferentes horizontes, presenta un drenaje clase 5 (Algo excesivamente bien drenado). La clase de erosión presente es laminar de grado leve.

La vegetación predominante son especies de estrato bajo como *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinata* y *Stipa ichu*, estas cubren aproximadamente el 80% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 12, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₀, A₁, A₂ y 2C₁.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁, presenta un espesor de 19 cm, de textura franco limoso con presencia de grava en un 6%. El horizonte A₂, presenta una textura franco arenoso y presencia de gravillas y grava, en un 42.2%, mientras el horizonte 2C₁, presenta una textura franco arenoso con contenido de piedra y grava en un 68% y no presenta estructura.

De acuerdo a las características descritas en el párrafo anterior, este suelo presenta una baja retención de agua para el aprovechamiento de las plantas, debido a los altos contenido de fragmentos grueso en los diferentes horizontes que los hace muy permeables.

Cuadro N° 53. Propiedades físicas de la terraza aluvial

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₀	0 - 4				-	
A ₁	4 - 23	26	55	29	Franco Limoso	6
A ₂	23 - 42	55	31	14	Franco Arenoso	42.2
2C ₁	42 - 104	73	15	12	Franco Arenoso	68

De acuerdo al análisis químico, este suelo presenta un pH fuertemente ácido en todos los horizontes, estos valores indican que la mayoría de los nutrientes en el suelo no están disponibles para el aprovechamiento de los cultivos. La conductividad eléctrica se encuentra menor a 2 dS/m, por tanto no presentan problemas de sales.

Este suelo presenta bajos contenidos de magnesio, potasio y sodio mientras el calcio es muy bajo. La capacidad de intercambio catiónico en todos los horizontes es menor a 6 cmol (+) kg⁻¹, por tanto son considerado muy bajos.

En el horizonte A₀ (4 cm de espesor), el contenido de materia orgánica y nitrógeno, son muy altos y el contenido de fosforo es relativamente alto. En los horizontes subyacente A₁, el contenido de materia orgánica y nitrógeno es moderado, pero el contenido de fosforo es bajos, pero a excepción del fósforo la materia orgánica y el nitrógeno disminuyen con la profundidad (horizontes A₂ y 2C₁), llegando a valores muy bajos.

Tomando en cuenta las características químicas del suelo, presenta una fertilidad baja con deficiencias de cationes, Nt y fosforo, los cuales pueden ser subsanados mediante la incorporación de enmiendas orgánicas.

Cuadro N° 54. Propiedades químicas y biológicas de la terraza aluvial

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE dS/m	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na						
A ₀	0 - 4	4.55		0.147								12.7	0.87	10.9
A ₁	4 - 23	4.38	4.13	0.063	1.59	0.54	0.24	0.12	0.31	2.80	88.9	4.5	0.26	5.26
A ₂	23 - 42	4.44	4.23	0.059	0.92	1.25	0.13	0.08	0.68	3.06	77.8	2.2	0.14	11.6
2C ₁	42 - 104	3.95	3.72	0.051	0.91	1.53	0.09	0.08	0.8	3.41	76.5	2.12	0.09	11.5

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Mollic Ustifluvents, son suelos jóvenes (no presentan un perfil diferenciado), caracterizados por desarrollarse bajo un régimen de humedad ustico, originados por material depositado por influencia de los ríos, por otra parte en los horizontes superficiales presentan altos contenidos de materia orgánica dentro de los 15 cm de profundidad y color del *value* menor a 3, lo cual le da el calificativo de mollic.

6.3.11 Abanico aluvial

Asociación de suelos Vilaque

Los suelos de esta asociación se encuentran en la parte apical (parte superior) del abanico aluvial, presentan forma plana con pendiente llana (clase 1), donde el material de partida son sedimentos aluviales, provenientes de la parte alta de la serranía Santa Ana y el glaciar Huayna Potosí, el material de partida está conformado por cantos gravas, limos y arcillas del cuaternario. No presenta afloramientos rocosos, pero el contenido de piedras en la superficie (clase 1).

Presenta una profundidad efectiva de 22 cm (muy superficial), sin contacto lítico pero con altos contenidos de grava y piedra. De acuerdo a las características topográficas, textura, contenido de grava en los diferentes horizontes, presenta un drenaje clase 5 (algo excesivamente bien drenado), y la presencia de erosión es generalmente eólica de grado moderado especialmente en los meses secos debido a la escasa vegetación y la textura no cohesiva, en cuanto a la erosión hídrica es de tipo laminar de grado leve.

La vegetación predominante, son especies de la familia gramíneas de estrato bajo como: *Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*, y rosáceas como: *Lachemilla pinata* y *Tetraglochin cristatum*. Estas especies cubren aproximadamente entre el 65 y 78% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 15, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: Ap, 2C₁ y 3C₂.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial Ap, presenta un espesor de 12 cm, siendo muy delgado, la textura es franco limoso con presencia de grava de un 29.2%, mientras que los horizontes subyacentes 2C₁ y 3C₂, presentan discontinuidades litológicas entre los 12 y 92 cm de profundidad, son de texturas franco a franco arenoso y contenidos de grava que superan el 70%, con drenaje excesivo y baja retención de humedad (ver cuadro).

**Cuadro N° 55. Propiedades físicas de los abanicos aluviales
(Asociación Vilaque)**

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
Ap	0 -12	23	56	21	Franco Limoso	29.2
2C ₁	12 -22	28	46	26	Franco	72
3C ₂	22 - 92	63	22	15	Franco Arenoso	74

De acuerdo a los análisis de laboratorio, las propiedades químicas son las siguientes:

El horizonte superficial Ap, presenta un pH moderadamente ácido, con valores de 5.67, mientras que en los horizontes subyacentes estos valores van disminuyendo a medida que aumenta la profundidad y el contenido de arena, llegando a presentar pH fuertemente ácidos (< 5.2). Por otra parte los valores de conductividad eléctrica son muy bajos, lo cual indica que no presentan problemas de sales.

Los horizontes Ap, 2C₁ y 3C₂, presentan bajos contenidos en bases cambiables, sumando a ello la acidez hidrolítica tenemos una capacidad de intercambio catiónico muy bajo ya que ninguno supera los 6 cmol (+) kg⁻¹, por el contrario la saturación de las bases llega a ser muy alto en los diferentes horizontes.

En cuanto a los contenidos de materia orgánica y nitrógeno son muy bajos en todo los horizontes del suelo, y el fósforo se encuentra en bajos contenidos.

De acuerdo al índice de fertilidad, este suelo presenta una fertilidad baja, debido a deficiencias de cationes, M.O., Nt y P asimilable, si a ello le sumamos la baja retención de humedad y los altos contenidos de piedra en los horizontes subyacentes al Ap (> 12 cm de profundidad), tenemos suelos muy precario para el desarrollo de la agricultura.

**Cuadro N° 56. Propiedades químicas y biológicas de los abanicos aluviales
(Asociación Vilaque)**

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE dS/m	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na						
Ap	0 -12	5.67	4.99	0.023	4	1.1	0.3	0.1	0.05	5.55	99.1	1.56	0.11	7.21
2C ₁	12 -22	5.19	4.65	0.018	3.66	1.53	0.23	0.12	0.08	5.62	98.6	1.02	0.7	6.56
3C ₂	22 - 92	4.8	4.32	0.013	3.02	1.08	0.08	0.12	0.14	4.44	96.8	0.29	0.04	5.26

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Ustifluvents, se caracteriza por ser un suelo formado por material depositado por influencia del río (crecidas), son suelos jóvenes y desarrollados bajo un régimen de humedad uustico.

Asociación Corapata

Los suelos de esta asociación se encuentran en la parte basal (parte inferior) del abanico aluvial, presentan forma plana con pendiente llana (clase 1), donde el material de partida son sedimentos aluviales, provenientes de la parte alta de la serranía Santa Ana y el glaciar Huayna Potosí, el material de partida está conformado por cantos gravas, limos y arcillas del cuaternario.

El suelo presenta una profundidad efectiva de 40 cm (superficial), sin contacto lítico. De acuerdo a las características topográficas y textura arcillosa en el horizonte subyacente al Ap, presenta un drenaje clase 2 (escasamente drenado), el tipo de erosión es hídrica, clase laminar y grado leve.

La vegetación predominante, son especies de estrato medio a alto como: *Festuca dolichophylla* y *Lachemilla pinata*. Estas especies cubren aproximadamente el 85.2% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 16, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: Ap, Bt y 2C₁.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial Ap, presenta un espesor de 12 cm (muy delgado), de textura franco arcilloso y sin presencia de grava; la estructura es granular. Mientras el horizonte subyacente Bt, presenta una textura arcillosa, de estructura en bloques angulares, el horizonte 2C₁, es de textura franco arcillo-arenoso con 65% de grava.

En base a las características descritas, estos suelos presentan problemas de drenaje debido a horizonte impermeable (Bt), que dificulta la evacuación del agua gravitacional del horizonte superior (Ap), pero por el contrario el horizonte 2C₁, es muy permeable debido a la textura y al alto contenido de grava.

Cuadro N° 57. Propiedades físicas de los abanicos aluviales

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
Ap	0 - 12	23	47	30	Franco Arcilloso	3
Bt	12 -40	10	34	56	Arcilloso	-
2C ₁	40 - 96	62	16	22	Franco arcillo-arenoso	62

En cuanto a sus propiedades químicas, el horizonte Ap y Bt, presentan pHs moderadamente ácidos, mientras que el horizonte 2C₁ presenta un pH fuertemente ácido. Por otra parte los valores de conductividad eléctrica son muy bajos, lo cual indica que no presentan problemas de sales.

Los horizontes Ap y Bt, presentan bajos contenidos de calcio, magnesio, pero estos disminuyen con la profundidad a valores muy bajos (horizonte 2C₁), mientras el potasio y sodio se encuentran en concentraciones bajas. La capacidad de intercambio catiónico es baja, pero la saturación de las bases llega a ser muy alto en todo los horizontes. En cuanto a los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo son muy bajos en todo los horizontes del suelo.

De acuerdo al índice de fertilidad, estos suelos presentan una fertilidad baja, con deficiencia de cationes, M.O., nitrógeno y fósforo, por tanto se requiere la incorporación de enmiendas orgánicas, estas no solo mejoraran la fertilidad del suelo, sino también las propiedades físicas del horizonte Bt, incrementando su porosidad, ya que es un horizonte de baja permeabilidad.

Cuadro N° 58. Propiedades químicas y biológicas de los abanicos aluviales

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE dS/m	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na						
Ap	0 - 12	5.01	4.41	0.169	4.95	2.35	0.29	0.39	0.43	8.41	94.9	1.57	0.17	8.4
Bt	12 -40	4.96	4.37	0.032	4.64	2.5	0.15	0.18	0.15	7.62	98.0	1.19	0.1	3.69
2C ₁	40 - 96	5.17	4.66	0.035	4.3	1.32	0.16	0.11	0.08	5.97	98.7	0.59	0.06	4.82

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Gran grupo Ustept, caracterizado por ser un inceptisol con régimen de humedad ustico, presenta un perfil desarrollado por proceso de translocación de arcilla el cual dio origen al horizonte Bt, por otra parte

presenta una discontinuidad litológica en el tercer horizonte con fragmentos grueso de diversos diámetros.

6.3.12 Llanura aluvial con disección moderada

Asociación Pucarani-Ancocahua

Los suelos de esta asociación se encuentran al Sur de la llanura aluvial, presentan una topografía plana, con pendiente llana (clase 1), donde el material de partida son depósitos y aluviales de cantos gravas arenas y limos del periodo Cuaternario.

El suelo presenta una profundidad efectiva de 82 cm (profundo), sin contacto lítico pero con cambio textural abrupto. De acuerdo a las características topográficas y textura fina en el horizonte subyacente al A₁, presenta un drenaje clase 3 (Moderadamente bien drenado), y la erosión no es visible debido a una buena cobertura vegetal.

La vegetación predominante, son especies de la familia gramíneas de estrato medio y bajo como: *Festuca dolichophylla*, *Festuca dolichophylla*, *Distichlis humilis* y *Festuca orthophylla*. Estas especies cubren aproximadamente el 94% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 17, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, Bt, 2C₁ y 3C₂.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₁, presenta un espesor de delgado de 16cm, de textura franco con presencia de grava en un 13.2%; mientras el horizonte subyacente Bt, presenta un cambio textural abrupto incrementando los contenidos de arcilla desde un 17% (horizonte A₁), a un 37% (Bt) por tanto, de acuerdo a su clase textural es considerado como un suelo de textura franco arcilloso, sin presencia de grava; la estructura es de bloque angulares, y presenta una permeabilidad baja.

Los horizontes 2C₁ y 3C₂ presentan texturas que van desde franco arenoso a franco arcillosos y con contenidos de grava de 60% y 13% respectivamente.

De acuerdo a las características descritas, este suelo presenta una elevada capacidad de retención de agua, el cual esta almacenada en los microporos de los agregados (buena estabilidad estructural), lo cual favorece al fácil aprovechamiento por las plantas.

Cuadro N° 59. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección moderada (Asociación Pucarani-Ancocahua)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 16	46	37	17	Franco	13.2
Bt	16 -39	31	32	37	Franco Arcilloso	-
2C ₁	39 - 77	57	31	12	Franco Arenoso	60
3C ₂	77 - 109	32	33	35	Franco arcilloso	13

En cuanto a sus propiedades químicas, el horizonte Ap, presenta un pH moderadamente ácido, mientras que el horizonte Bt, presentan un pH ligeramente ácido. Como principalmente el mayor contenido de raíces se desarrolla en ambos horizontes, para estos suelos con dichos valores de pH, la mayoría de los nutrientes están de forma disponible, por tanto son óptimos para el desarrollo de los cultivos. Por otra parte los valores de conductividad eléctrica son muy bajos, lo cual indica que no presentan problemas de sales.

Los horizontes A₁ y Bt, presenta altos contenidos de calcio, moderados contenidos de magnesio y potasio, y bajos contenidos de sodio. Sumando estos valores con la acidez hidrolítica obtenemos una capacidad de intercambio catiónico moderada.

El horizonte 2C₁, presenta contenido de calcio muy alto, moderados contenidos de potasio y sodio y bajo contenido de magnesio, pero la capacidad de intercambio catiónico es alto.

En cuanto a los contenidos de materia orgánica van disminuyendo a medida que aumente la profundidad desde un 3.15% a 0,35%, de la misma manera sucede con el nitrógeno (0.28% a 0.05%) y fosforo (2.83 ppm a 1.87ppm).

De acuerdo al índice de fertilidad, este suelo presenta una fertilidad muy alta, lo cual es apropiado para una amplia variedad de cultivos pero que se encuentren climáticamente adaptados a la región.

Cuadro N° 60. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección moderada (Pucarani-Ancocahua)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 16	5.81	5.6	0.075	14.8	2.41	0.47	0.18	0.5	18.33	97.3	3.15	0.28	2.83
Bt	16 - 39	6.34	5.93	0.092	14.7	2.52	0.42	0.24	0.5	18.33	97.3	1.92	0.11	3.76
2C ₁	39 - 77	7.51	7.32	0.152	27.7	1.9	0.44	0.49	0.3	30.86	99.0	0.35	0.05	1.87
3C ₂	77 - 109	7.21	6.92	0.162	-									

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Gran grupo Ustept, es un inceptisol que se desarrolló bajo un régimen de humedad ustico, presenta un perfil desarrollado, y el proceso edafogenético de mayor impacto es la translocación de la arcilla.

Asociación Chipamaya

Los suelos de esta asociación se encuentran ocupando gran parte de la llanura aluvial, presentan una topografía plana, con pendiente llana (clase 1), donde el material de partida son depósitos y aluviales de cantos gravas arenas y limos del periodo Cuaternario.

El suelo presenta una profundidad efectiva de 55 cm (poco profundo), y sin contacto lítico. De acuerdo a las características topográficas y textura y altos contenidos de grava en todos los horizontes, estos suelos presentan un drenaje clase 4 (Bien drenado), y con problemas de erosión laminar de grado moderado.

La vegetación predominante, son especies de la familia gramíneas de estrato medio y bajo como: *Bromus cantharticus*, *Hordeum muticum*, *Calamagrotia heterophylla*. Estas especies cubren aproximadamente el 77% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 18, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₁, A₂, 2C₁ y 3C₂.

En cuanto a las propiedades físicas; los horizontes superficiales A₁ y A₂, presenta un espesor de 29 cm, de textura franco, con presencia de grava en un 20.8% aproximadamente; la estructura es de tipo granular. Pero existe una diferencia marcada en

ambos horizontes en cuanto se refiere al color y al contenido de raíces presentes (ver anexo II).

Los horizontes 2C₁ y 3C₂, presentan textura franco arenosa, con contenidos de grava y gravilla del 55% y 72%; sin estructura, y con altos contenidos de grava, lo cual los hace muy permeables, de tal forma que la infiltración del agua es rápida, esto debido al alto volumen de macroporos del suelo, lo que dificulta el almacenamiento del agua así mismo el aprovechamiento por las plantas.

Cuadro N° 61. Propiedades físicas de la llanura aluvial con disección moderada (Asociación Chipamaya)

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₁	0 - 18	41	38	21	Franco	20.8
A ₂	18 - 29	42	32	26	Franco	20.6
2C ₁	25 - 55	58	30	12	Franco Arenoso	55
3C ₂	45 - 115	57	25	18	Franco Arenoso	76

En cuanto a sus propiedades químicas, todos los horizontes presentan pH fuertemente ácidos con valores que van desde 4.97 a 5.09, esto indica que la mayoría de los nutrientes no están disponibles para los cultivos debido a que se encuentra menos solubles, pero en cuanto a los valores de conductividad eléctrica, son muy bajos, lo cual indica que no presentan problemas de sales.

El horizonte A₁ y A₂, presentan bajos contenidos de calcio, magnesio y potasio, pero el contenido de sodio es muy bajo. Por tanto la capacidad de intercambio catiónico en ambos horizontes son bajos.

En el horizonte 2C₁, el contenido de calcio es moderado moderados, pero por el contrario los contenidos de magnesio, potasio y sodio son bajos, por tanto la capacidad de intercambio catiónico es bajo.

En cuanto a los contenidos de materia orgánica y nitrógeno y fósforo son muy bajos en todo los horizontes del suelo.

De acuerdo al índice de fertilidad, estos suelos presentan una fertilidad baja, con deficiencia de cationes, M.O., Nt y P asimilable, por tanto se recomienda la incorporación de enmiendas orgánicas para suplir estos elementos y así mejorar la producción agrícola.

Cuadro N° 62. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con disección moderada (Asociación Chipamaya)

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
A ₁	0 - 18	5.09	4.79	0.051	4.59	1.32	0.24	0.1	0.09	6.34	98.6	2.4	0.14	4.82
A ₂	18 - 29	5.05	4.74	0.046	4.81	1.33	0.21	0.1	0.074	6.52	98.9	2.21	0.12	4.95
2C ₁	25 - 55	5.0	4.71	0.034	5.13	1.35	0.2	0.11	0.64	7.43	91.4	1.95	0.11	5.26
3C ₂	45 - 115	4.97	4.36	0.026										

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Ustifluent, se caracteriza por ser entisol que se formaron a partir del material transportado por la influencia del río, presenta altos contenidos de grava y material más grueso en horizontes subsuperficiales (discontinuidad litológica), el un régimen de humedad en el cual se desarrolló el suelo es el Ustico.

6.3.13 Llanura aluvial con humedales

Consociación de suelos Cachuma

Los suelos de esta Consociación se ubican en la parte central de la llanura aluvial ocupando una gran superficie cubierta periódicamente por agua de la napa freática, presentan una topografía plana, con pendiente llana (clase1).

El suelo presenta una profundidad efectiva de 22 cm (superficial), y sin contacto lítico. De acuerdo a las características topográficas (depresión), textura y nivel freático cerca la superficie del suelo, presentan un drenaje clase 0 (muy escasamente drenado).

La vegetación predominante, son especies de la familia gramíneas de estrato medio y bajo como: *Scirpus rigidus* (totorilla), *Poa aequigluma*, *Muhlenbergia ligularis*, y la familia rosácea con la especie *Alchemilla erodifolia*. Estas especies cubren aproximadamente el 87.5% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 19, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: A₀, A₁, Cg₁ y 2Cg₂.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial A₀, presenta una textura franca, sin contenido de grava. De la misma manera el horizonte subyacente A₁, presenta una textura franco; estructura granular,. Pero la diferencia es en el color, el contenido de raíces y el contenido de materia orgánica (Ver cuadro 63 y anexo II).

Los horizontes Cg₁, de textura franco sin presencia de grava, y el 2Cg₂, de textura franco arcillo-arenoso con presencia de grava en un 48%, ambos se encuentran saturados de agua permanentemente, ya que el nivel freático se encuentra cerca a la superficie, debido a ello presentan color diferente a los horizontes superiores (gleyzación).

Cuadro N° 63. Propiedades físicas de la llanura aluvial con humedales

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
A ₀	0 - 7	46	35	19	Franco	-
A ₁	7 -24	41	41	18	Franco	-
Cg ₁	24 - 39	19	50	31	Franco	-
2Cg ₂	39 - 88	53	22	25	Franco arcillo-arenoso	48

En cuanto a sus propiedades químicas, los horizontes A₀ y A₁, presentan pH fuertemente ácidos (4.89 y 4.8), mientras los horizontes inferiores Cg₁ y Cg₂, presentan pH moderadamente ácidos (5.4 y 5.59). Mientras el contenido de sales en todo los horizontes del suelo son muy bajo, lo cual significa que no presentan problemas de sales.

El horizonte A₀, presenta alto contenido de calcio y potasio, moderado contenido de magnesio y bajo contenido de sodio, pero va disminuyendo en los horizontes subyacentes (A₁ y C₁), a contenidos bajos. De igual manera la capacidad de intercambio catiónico va reduciendo de moderado a bajo.

En cuanto al contenido de materia orgánica, nitrógeno total y fosforo asimilable, se tiene los siguientes resultados de laboratorio:

El horizonte A₀, presenta alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, pero estos valores van disminuyendo con la profundidad y en los diferentes horizontes: se tiene en el horizonte A₁, moderado contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Mientras que en el horizonte C₁ los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo son muy bajos.

Cuadro N° 64. Propiedades químicas y biológicas de la llanura aluvial con humedales

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H	CIC	%V	MO	N	P
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na	cmol (+) kg ⁻¹	cmol (+) kg ⁻¹		%	total %	ppm
A ₀	0 - 7	4.89	4.54	0.184	10.9	2.48	0.84	0.15	0.21	14.62	98.6	8.82	0.64	15.6
A ₁	7 --24	4.82	4.3	0.078	7.71	2.37	0.51	0.1	0.12	10.81	98.9	4.58	0.37	8.87
Cg ₁	24 - 39	5.4	4.76	0.048	7.39	3.32	0.44	0.11	0.03	11.29	99.7	1.66	0.14	4.86
2Cg ₂	39 - 88	5.59	4.98	0.094										

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Mollic Endoaquents, se caracteriza por ser un entisol que se encuentra saturado con agua en todas las capas a partir del límite superior de saturación, además presenta contenido de materia orgánica muy altos lo cual, de acuerdo al color, presenta un valor mayor a 3 en condiciones húmedas.

6.3.14 Colina baja estructural con disección ligera Consociación de suelos Pucarani

Los suelos de esta consociación se encuentran ocupando las colinas bajas, donde presentan una forma de terreno convexa, con pendiente inclinada (clase 3), donde el material de partida son coluvios de conglomerados, areniscas rojas de la formación Taraco del Terciario.

El suelo presenta una profundidad efectiva de 26 cm (superficial), sin contacto lítico, pero con cambio textural abrupto en el horizonte C₂. De acuerdo a las características topográficas y textura y altos contenidos de grava en todos los horizontes, estos suelos presentan un drenaje clase 4 (Bien drenado), la erosión presente es de tipo laminar y grado moderado.

La vegetación predominante, son especies de la familia gramínea de estrato medio y bajo como: *Stipa ichu*, *Festuca dolichophylla* y *Distichlis humilis*. Estas especies cubren aproximadamente entre el 65 al 80% de la superficie del suelo.

Las características del perfil del suelo observado en la calicata 20, presentan la siguiente secuencia de sus horizontes: Ap, C₁ y C₂.

En cuanto a las propiedades físicas; el horizonte superficial Ap, presenta un espesor de 18 cm, con textura franco arenoso y con presencia de grava de 33%. El horizonte subyacente C₁, presenta una textura franco arenoso con presencia de grava del 59%; mientras que el horizonte C₂, presenta cambio textural abrupto con relación a la arcilla de un 28.4%. debido a ello este horizonte es impermeable.

Cuadro N° 65. Propiedades físicas de la colina baja con disección ligera

Hte.	Prof. (cm)	Granulometría			CLASE TEXTURAL	% Grava
		% A	% L	% Y		
Ap	0 - 18	60	32	8	Franco Arenoso	33
C ₁	18-26	66	25.2	8.8	Franco Arenoso	59
C ₂	26 - 87	29	33.8	37.2	Franco arcilloso	

Los análisis químicos del laboratorio muestran los siguientes resultados para las muestras de suelo:

El horizonte Ap, presenta un pH ligeramente ácido, mientras que el horizonte subyacente, presenta un pH moderadamente ácido, y en cuanto a los valores de conductividad eléctrica, son muy bajos en ambos horizontes, lo cual indica que no presentan problemas de sales.

Los horizontes Ap y C₁, presenta bajos contenidos de calcio, de la misma manera el contenido de magnesio es bajo para el horizonte Ap, pero sufre un aumento en el horizonte C₁. Mientras que el potasio y sodio se mantienen en contenidos bajos en ambos horizontes. En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico es muy bajo en el horizonte Ap y bajo en el horizonte C₁.

El contenido de materia orgánica es muy bajo en ambos horizontes, mientras que el nitrógeno y el fosforo son moderados.

De acuerdo las características descritas, el índice de fertilidad de este suelo indica que presenta una fertilidad baja.

Cuadro N° 66. Propiedades químicas y biológicas de las colinas bajas con disección ligera

Hte.	Prof. (cm)	pH		CE	TBI (cmol (+) kg ⁻¹)				H cmol (+) kg ⁻¹	CIC cmol (+) kg ⁻¹	%V	MO %	N total %	P ppm
		H ₂ O	KCl	dS/m	Ca	Mg	K	Na						
Ap	0 - 18	6.2	5.71	0.03	2.4	1.2	0.36	0.16	0.3	4.42	93.2	2.9	0.3	9
C ₁	18-26	5.9	5.53	0.05	4.7	2.7	0.31	0.45	0.26	8.42	96.9	1.1	0.23	2.17
C ₂	26 - 87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

De acuerdo a su taxonomía, estos suelos pertenecen al Subgrupo Typic Ustorthents, se caracterizan por presentar suelos poco desarrollados, con alto contenido de material grueso, el régimen de humedad bajo el cual se desarrollo es el ustico.

MAPA 8. TAXONOMIA

6.4 USO ACTUAL DE LA TIERRA

6.4.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte

Las partes altas de este paisaje se pueden describir como eriales (sin uso agrícola o pecuario), pero tiene un uso más paisajístico, destinado al turismo en la cadena Condoriri-Huayna Potosí, el potencial existente presenta entre sus atractivos, la práctica de andinismo, por otra parte, ya que es considerado como Parque Nacional del Tuni-Condoriri, recibe muchas visitas por parte de turistas, lo cual genera ingresos económicos importantes para el municipio. Mientras las partes bajas (pendiente inferior), está siendo destinada a la ganadería extensiva de camélidos (llamas y alpacas) y ovinos, ello se realiza a más de 4600 msnm.

6.4.2 Serranía media, estructural con disección ligera

El uso actual de la tierra, está siendo destinada a la ganadería extensiva de ganado camélido y ovino, el cual se desarrolla a una elevación entre los 4400 a 4900 msnm, siendo una de las actividades económicas más importantes para la región. Las partes altas de estas serranías (cimas) el pastoreo es poco frecuente, por el contrario las laderas presentan una mayor concentración de animales. La presencia de las Asociaciones vegetales, posee una combinación de asteráceas y gramíneas de estrato bajo a medio, moderadamente apetecibles.

6.4.3 Serranía media, estructural con disección moderada

Estas serranías presentan tres tipos de uso, los cuales están en función a la posición topográfica, a continuación se describe lo siguiente:

a) Eriales, se encuentran en la cima de la serranía, el cual coincide con suelos de menor desarrollo edáfico y superficies de erosión con afloramientos rocosos que se encuentran mayor a 4250 msnm.

b) Agropecuaria extensiva, con ganado ovino en mayor proporción que vacuno, en cuanto a la agricultura, es de subsistencia, con cultivos de cebada y quinua, las actividades se desarrollan en la ladera superior, aproximadamente a unos 4100 a 4250 msnm. No se realizan técnicas de manejo de suelos para el desarrollo de estas actividades, por otra parte el nivel de insumos y el capital invertido es mínimo.

c) Agricultura extensiva con cultivos de papa, cebada, haba y quinua, se desarrolla en la ladera parte inferior, aproximadamente entre los 3900 a 4100 msnm. La fuerza predial es de tipo manual y animal (yunta), el nivel de insumos es medio, con relación a la semilla; los productores tienden a seleccionar de la cosecha anterior, y los fertilizantes utilizados son orgánicos (vacuno y ovino) y químicos (Urea, superfosfato simple, etc.).

6.4.4 Piedemonte superior con disección moderada

El uso actual, está destinado a la ganadería extensiva de ovinos, vacunos y camélidos, de acuerdo a las encuestas realizadas y la observación en campo, el número de cabezas de ganado es muy reducido, siendo 15 a 20 por familia entre las tres especies (ovino, vacuno y camélido). Las condiciones climáticas, suelo, el acceso a caminos y la distancia, no permiten el desarrollo de actividades agrícolas.

6.4.5 Piedemonte superior escarpado con disección moderada

El uso actual, está destinado a la ganadería extensiva de camélidos, y ovinos en menor proporción, la vegetación presenta una cobertura poco densa y está compuesta por especies de gramíneas como *Festuca orthophylla*, *Distichlis humilis* y *Stipa ichu*, apetecibles para el ganado.

6.4.6 Piedemonte inferior con disección moderada

El uso actual, está destinado a la agropecuaria extensiva, con mayor proporción en la agricultura de especies como la papa amarga y dulce, oca, haba y cebada. Mientras la ganadería con especies de ovinos y vacunos es en menor proporción.

6.4.7 Morrenas lateral y terminal

Esta unidad presenta un uso actual de ganadería extensiva de camélido y ovino, se desarrolla a una elevación de 4440 msnm, donde la vegetación es poco densa, con Asociaciones de gramíneas rosáceas y asterácea de estrato bajo a medio y de baja apetecibilidad.

6.4.8 Conos aluviales

Esta unidad tiene como uso actual, la ganadería extensiva de ovinos en mayor proporción que camélidos, la vegetación nativa es poco densa de moderadamente apetecible, la parte alta de los conos aluviales, generalmente son aprovechados por camélidos y la parte baja (base) por ovinos.

6.4.9 Llanura aluvial con disección ligera

En esta unidad se presentan dos tipos de uso actual, estos se describen a continuación:

a) Ganadería intensiva de camélidos y ovinos, se desarrolla en la parte Norte de las llanuras aluviales, cercas a las lagunas glaciares. El pastoreo en estas praderas nativas es durante todo el año, sin complementación de alimento por parte de los propietarios, ello debido a que existe una gran distribución de humedales permanentes, ya que se desarrollan cerca al margen del río Condoriri, como también forma parte de la zona de descarga de acuíferos libres. El número de cabezas de ganado es alrededor de 200 (camélido y ovino), considerado por el municipio como zona de potencial ganadero de altura.

La utilización de productos veterinarios en la zona norte se circunscribe a productos como el Negociador y el Diazinol para los baños antisarnicos, vacunas contra la fasciola hepática para el ganado ovino, pero en relación al ganado camélido no se utiliza productos veterinarios.

b) Agropecuario extensivo, estas superficies se encuentran en la parte Norte de la llanura del río Tuni y al final del valle glaciar. La ganadería se desarrolla en mayor proporción con ovinos y camélidos que vacunos, pero a ello se suma una agricultura complementaria de subsistencia con especies principalmente de tubérculos (papa amarga, dulce y oca) y algunas gramíneas como la cebada. El nivel de insumos es muy bajo, solamente hacen uso de estiércol animal como fertilizante, y en la parte de plagas y enfermedades no utilizan producto alguno (insecticidas o fungicidas).

6.4.10 Terrazas aluviales

El uso actual, está destinado a la agropecuaria extensiva, con mayor proporción de ganado ovino y vacuno, y una agricultura complementaria destinada para el autoconsumo con especies de tubérculos y algunos cereales. La vegetación dominantes está compuesta por especies de gramíneas y rosáceas apetecibles tanto para ganado vacuno como ovino.

6.4.11 Abanico aluvial

El uso actual de la tierra, está destinada a la agropecuaria extensiva, con cultivos de papa, Cabada, oca, haba y trigo. En cuanto a la ganadería, existe una mayor preferencia por vacunos que ovinos, ya que es su principal fuente de ingreso debido a que es comercializada a industrias como PIL y DELIZIA.

6.4.12 Llanura aluvial con disección moderada

Esta unidad presenta dos tipos de uso actual, los cuales se describen a continuación:

a) Agricultura extensiva, los cultivos de mayor importancia son: Papa, cebada, avena, alfalfa y quinua. Siendo la papa el principal cultivo que los productores del municipio cultivan, es decir como base fundamental para la alimentación de sus familias y generador de recursos económicos. Mientras que el destino de la producción de cebada en su mayor parte es para la alimentación de la misma manera la alfalfa es exclusivamente destinada para el autoconsumo del ganado vacuno criollo y/o mejorado (Holstein y Pardo Suizo). La producción de quinua es destinada para el autoconsumo directo y para la transformación.

Para la producción agrícola se emplea una serie de insumos y herramientas que permiten a los productores realizar las labores necesarias desde la siembra hasta la cosecha, las mismas se detallan en los siguientes puntos.

Con relación a la semilla los productores de la zona utilizan semilla que ellos mismos producen y muy pocos emplean la mejorada. En la fertilización los productores de la zona utilizan fertilizantes orgánicos (Un camión de 120 qq / hectárea) elemento de vital importancia para incrementar la fertilidad de los suelos y químicos (Urea, 18-46-00 y 15-15-15); también algunos productores tienden a utilizar abonos foliares para mejorar el

rendimiento de los cultivos. En cuanto a la fuerza predial; los productores tienden a utilizar más tracción mecánica que yunta por ser un factor que facilita la preparación y siembra de los cultivos.

En la parte ganadera, está destinada para el autoconsumo,

b) Ganadería semi-intensiva de vacunos y ovinos; es principal actividad económica, debido a que proporciona mayores ingresos para el sustento de la familia, su alimentación se basa en alfalfa, cebada, avena y festuca.

La utilización de insumos veterinarios, semillas y otros productos es mayor que zona Norte, el nivel de insumos es considerado de grado medio, entre ellos se tiene productos para baños antisármicos, vacunas para evitar la fasciola hepática y fiebre aftosa (de manera preventiva), para la siembra de alfalfa se utiliza para la variedad Ranger y semilla criolla para la cebada y avena.

6.4.13 Llanura aluvial con humedales

El uso actual de esta unidad, está destinada a la ganadería intensiva de vacunos y ovino, la vegetación existente es hidrófita permanente durante todo el año, lo cual permite que el ganado obtenga alimento todo el año. Las especies en gran mayoría son gramíneas, rosáceas y fabáceas muy apetecibles para el ganado tanto vacuno y ovino.

El número de cabezas por familia de ganado vacuno es aproximadamente entre 9 a 15 cabezas, esta unidad pertenece a la franja lechera del municipio y la provincia, por ello se debe que las familias tengan mayor preferencia por la cría de vacunos criollo y semimejorado (Holstein y Pardo Suizo). En cuanto al ganado ovino generalmente es de subsistencia, pero algunas familias se dedican en mayor proporción a la crianza de éstas.

6.4.14 Colina baja estructural con disección ligera

Esta unidad tiene como uso actual, la agropecuaria extensiva con cultivos de papa, haba, cebada u oca, en cuanto a la ganadería es en mayor proporción de ovinos que vacuno, y se desarrolla entre los 3860 a 3880 msnm. El nivel de insumos y el capital es bajo, la fuerza predial se de tipo manual y animal (yunta).

6.4.15 Lechos de río

Los lechos de río son utilizados principalmente para la explotación de áridos donde se obtiene los siguientes productos: arenas, grava, piedras y todo material de relleno que se mezcla con cal o cemento para hacer morteros y hormigones, generalmente proveniente de rocas y materiales de varios tipos.

El yacimiento más importante del Municipio está en el lecho del río Vilaque, con la ventaja de su cercanía a la ciudad de El Alto, le sigue en importancia los yacimientos del río Sehuenca. El yacimiento Vilaque abarca las comunidades de Vilaque, Chuñavi, Paxiamaya, Corapata y Churiaque; se extiende el lecho de explotación desde la parte superior de Vilaque hasta las proximidades de Corapata.

El yacimiento Sehuenca se ubica en el cantón Huayna Potosí de Palcoco, su tamaño es menor al anterior, las comunidades beneficiadas son Corqueamaya, y las zonas del cantón Huayna Potosí.

MAPA 9. MAPA DE USO ACTUAL

6.5 CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

6.5.1 Montaña alta, estructural con disección fuerte

Esta unidad, por sus características topográficas y clima, pertenecen a la Clase VIII y Subclase VIIIces, (Tierras no Arables), se caracterizan por ser tierras no aptas para fines agropecuarios ni explotación forestal. Son en su mayoría tierras situadas en relieves fuertemente escarpados, en su mayor parte en áreas de clima muy frío.

Los suelos y la forma del terreno de esta clase se caracterizan por sus limitaciones muy severas, lo que los hace inapropiados para fines agropecuarios y aún para propósitos forestación, ya que prácticamente existe un desarrollo incipiente de los suelos (pendiente inferior), el relieve accidentado con afloramientos rocosos o pedregosidad superficial y la escasa cubierta vegetal hacen que el poco suelo desarrollado este expuesto a la erosión tanto hídrica como eólica.

6.5.2 Serranía media, estructural con disección ligera

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima esta unidad de paisaje, según su Capacidad de Uso, está clasificada como Tierras no Arables (clase VII). Son tierras que tienen severas limitaciones que hacen de ellos no aptos para cultivos y restringen su uso mayormente a ganadería extensiva limitada, cobertura vegetal y vida silvestre. A continuación se describen las subclases de esta asociación.

a) Subclase VIIsec

Esta subclase pertenece a la Asociación pendiente superior Khullcatina, donde las principales limitaciones de estas tierras, son el clima frígido que presenta por las bajas temperaturas (menor de 5 °C de promedio anual) que restringen el desarrollo de las plantas. Además, la fertilidad, por los moderados contenidos de potasio disponible puede constituir otra limitación.

b) Subclase VIIesc

Esta subclase pertenece a la Asociación pendiente inferior Khullcatina, donde la principal limitación es la pendiente escarpada (47%), el cual origina un mayor riesgo de erosión, que puede acelerar el proceso de pérdida de partículas del suelo y de nutrientes.

Asimismo, las bajas temperaturas del ambiente (promedio anual menor de 5 °C) restringen el crecimiento de las plantas. Además, la fertilidad baja constituye otra limitación, debido a la deficiencia de ciertos nutrientes, especialmente el potasio disponible.

6.5.3 Serranía media, estructural con disección moderada

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima, estas tierras según su Capacidad de Uso, están dentro las tierras arables (clase IV) que tienen severas limitaciones que restringen la elección de cultivos o requieren de un manejo cuidadoso o ambas, y tierras no arable (clase VII y VIII) que tienen severas limitaciones que hacen de ellos no aptos para cultivos y restringen su uso mayormente a pastoreo extensivo limitado.

a) Subclase VIII

Pertenecen a las unidad: misceláneo de roca, se caracterizan por ser tierras no aptas para fines agropecuarios ni explotación forestal, ya que son en su mayoría tierras situadas en pendientes fuertemente escarpados con afloramientos rocosos o pedregosidad superficial y la escasa cubierta vegetal hacen que esta clase se presente muy susceptible a la erosión.

b) Subclase VIIse

Esta subclase pertenece a la Asociación pendiente superior Santa Ana, donde la principal limitación es que los suelos presentan riesgo de erosión, debido a la pendiente escarpada (25% - 55%), la cual es evidente observar la pérdida de partículas finas como la arcilla, de esta manera reduciendo el espesor del suelo (< 10 cm). Por otra parte la pérdida de nutrientes juntamente con las partículas del suelo influyó en la baja fertilidad, por tanto se tiene bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles, los cuales limitan el desarrollo de las plantas.

Por tanto, el uso de estas tierras requiere de prácticas intensas de conservación y manejo de suelos, para lo cual debe hacerse un uso racional de los pastos, evitando la destrucción, mediante un pastoreo distanciado para su recuperen, o mediante cortes distanciados. Asimismo, debe de considerar medidas de conservación de suelos como zanjas de evacuación cerca a la cabecera de cárcavas, barreras viva o muerta,

recuperación de praderas y lo primordial respetar la aptitud de la tierra, ya que estos no tienen un potencial agrícola, debido a las diferentes limitaciones ya mencionadas.

c) Subclase IVse

Esta subclase pertenece a la Asociación pendientes inferior Santa Ana, donde las limitaciones de uso están referidas tanto al riesgo de erosión, por la pendiente moderadamente escarpado, como también por los altos contenidos de arena y grava lo cual, deja mayor susceptibilidad a la lixiviación de los nutrientes, debido a ello presenta una baja fertilidad.

El uso de estas tierras requiere la aplicación de medidas de conservación de suelos, tales como terrazas de formación lenta, cultivos en fajas, barreras vivas, zanjas de infiltración, etc. Asimismo, debe utilizarse abonos orgánicos, que contengan nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales deben aplicarse en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo para lograr buenos rendimientos.

6.5.4 Piedemonte superior con disección moderada

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima, estas tierras según su Capacidad de Uso, están clasificados como Tierras no Arables (clase VI), tienen severas limitaciones que los hacen no aptos para cultivos, según estas limitaciones, pertenece a la subclase Veces.

a) Subclase VIsec

Esta subclase pertenece a la Consociación de suelos Vilaque Alto, donde las principales limitaciones de estas tierras son: la baja fertilidad, debido a la capacidad de intercambio catiónico relativamente baja. Por otra parte la pendiente inclinada y la vegetación poco densa, deja susceptible al suelo frente al riesgo de erosión. Además el clima frígido es otra limitante de gran importancia, que restringen el desarrollo de las plantas, debido que presenta las bajas temperaturas (menor de 8 °C de promedio anual).

El uso de estas tierras requiere de prácticas intensas de conservación y manejo de suelos, para lo cual debe hacerse un uso racional de los pastos, evitando el sobrepastoreo,

mediante las siguientes prácticas: instalación de cercos, reducción de la carga animal, pastoreo distanciado, etc.

6.5.5 Piedemonte superior escarpado con disección moderada

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima estas tierras según su Capacidad de Uso, están clasificados como tierras no arables (clase VII).

A continuación se describe con mayor detalle la Subclase a la que pertenece:

a) Subclase VIIes

Esta subclase pertenece a la Consociación Chuñavi Alto, donde las limitaciones de uso están referidas tanto al riesgo de erosión, por la pendiente muy escarpada (> 55%), la escasa cobertura vegetal, los bajos contenidos de materia orgánica, por lo consiguiente una estructura de baja estabilidad, lo cual acelera la pérdida de partículas y nutrientes del suelo. La profundidad del suelo (muy superficial) y la baja fertilidad, son otras limitantes de gran importancia.

El uso de estas tierras requiere de prácticas de manejo de pradera, para lo cual debe hacerse un uso racional de los pastos, evitando la destrucción, reduciendo la carga animal y realizando pastoreo rotativo que permita recuperar las mismas.

Asimismo, debe considerarse medidas de recuperación de estas praderas nativas, ya que ahora se puede observar problemas de erosión tanto laminar, en surcos e inicios de cárcavas, que con el tiempo, y si no se toma medida alguna, quedarán propensos a la desertificación.

6.5.6 Piedemonte inferior con disección moderada

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima estas tierras según su Capacidad de Uso, están clasificados como Tierras Arables (clase IV), y pertenece a la subclase IVsc.

a) Subclase IVs

Las limitaciones de uso están referidas, principalmente, a la fertilidad debido a los bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles; y a la profundidad que es relativamente superficial.

El uso de estas tierras requiere la aplicación de fertilizantes orgánicos o químicos, que contengan nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales deben de aplicarse en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo para lograr buenos rendimientos. Se recomiendan usar cultivos adaptados a la zona como cereales (trigo, cebada, avena), papa, oca, cañahua, etc.

6.5.7 Morrenas lateral y terminal

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima estas tierras, según su Capacidad de Uso, están clasificadas como tierras no arables de la clase VI.

a) Subclase VIces

Esta subclase pertenece a la Consociación de suelos Jankho Khota, donde se desarrollan limitaciones permanentes y severas para el cultivo ya que presentan características desfavorables. El clima es la principal limitante debido a las bajas temperaturas que se presentan durante todo el año, especialmente en las noches.

Por otra parte la pendiente es ligeramente inclinada y no existe suficiente cobertura vegetal que proteja el suelo de los agentes erosivos, por tanto presenta limitaciones de riesgos de erosión. Como tercera limitante se tiene al suelo (profundidad efectiva y la baja fertilidad).

6.5.8 Conos aluviales recientes

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima estas tierras, según su Capacidad de Uso, están clasificadas como tierras no arables (Clase VI) y Subclase VIces, como se describe a continuación.

Subclase Vices

Esta subclase pertenece a la Consociación de suelos Litoral, donde la principal limitante es el clima, las bajas temperaturas del ambiente (promedio anual menor a 5 °C) restringen el crecimiento de las plantas, a ello se suma la segunda limitación, que es el riesgo de erosión del suelo, debido a la pendiente moderadamente escarpada, y la escasa vegetación, lo cual acelera el proceso de pérdida de partículas del suelo, y de nutrientes por escurrimiento superficial, lo que influye marcadamente en la baja fertilidad debido a la deficiencia de ciertos nutrientes esenciales.

El uso de estas tierras, requiere de prácticas intensas de conservación y manejo de suelos, para lo cual debe hacerse un uso racional de los pastos, evitando el sobrepastoreo mediante la instalación de cercos, disminución de la carga animal y el pastoreo distanciado.

6.5.9 Llanura Aluvial con Disección Ligera

En base a las características físico-químicas, topografía, clima y drenaje, estas tierras según su Capacidad de Uso, (Asociaciones Chatuna-Tuni y Chuñavi) están clasificados como tierras arables (clase IV), mientras la asociación Condoriri es clasificada como y tierras no arables (clase V).

a) Subclase Vwc

Esta subclase pertenece a la Asociación Condoriri, donde la principal limitación del suelo, es el mal drenaje debido a la presencia de niveles freáticos superficiales o a la concentración permanente de aguas sobre el terreno, que imposibilita el crecimiento de diversas pasturas, con excepción de algunas especies adaptadas a la permanente condición de humedad. Por otra parte, también se tiene como limitante a las bajas temperaturas del ambiente (promedio anual menor de 5°C), que restringen el crecimiento de las plantas.

b) Subclase IVsc

Esta subclase pertenece a la Asociaciones Chatuna-Tuni y Chuñavi, donde las limitaciones de uso están referidas, principalmente, a la fertilidad debido a los bajos contenidos cationes cambiabiles, como también de nitrógeno y fósforo disponible.

Asimismo, el clima es otra limitación debido a las bajas temperaturas que se presentan especialmente en la noche, lo cual restringe la variedad de cultivos a utilizarse.

El uso de estas tierras requiere la incorporación de fertilizantes orgánicos o químicos que contengan nitrógeno, fósforo y en especial potasio, los cuales deben aplicarse en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo, para lograr buenos rendimientos. Se recomiendan usar cultivos resistentes a las bajas temperaturas como cereales (trigo, cebada, avena), papa, ulluco, oca, etc.

6.5.10 Terrazas aluviales

En base a las características físico-químicas, topografía y clima estas tierras según su Capacidad de Uso, están clasificados como tierras arables (Clase III), de acuerdo a la subclase IIIs, presenta las siguientes limitaciones:

Subclase IIIs

Esta subclase pertenece a la Consociación de suelos Palcoco-Chuñavi, donde las limitaciones de uso están referidas las características del suelo, principalmente, a la fertilidad debido a una baja capacidad de intercambio catiónico, y los bajos contenidos de nitrógeno. Asimismo, el drenaje interno excesivo a partir de los 23 cm, debido a la textura arenosa y los altos contenidos de grava (> 42%), son una limitación para el desarrollo de los cultivos.

El uso de estas tierras requiere la incorporación de materia orgánica al horizonte inferior, para que de esta manera llegue a formar agregados y así pueda presentar una mayor capacidad de retención de humedad para el aprovechamiento de los cultivos.

6.5.11 Abanico aluvial

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima estas tierras según su Capacidad de Uso, están clasificados como tierras arables de clase III (asociación Corapata) y clase IV (asociación Vilaque).

A continuación se describe a mayor detalle las subclases de Capacidad de Uso de ambas Asociaciones:

a) Subclase IVse

Esta subclase pertenece a la Asociación de suelos Vilaque, donde las limitaciones de uso está referida a la fertilidad debido a que tienen muy baja capacidad de intercambio catiónico, bajos contenidos de nitrógeno y fósforo asimilable, por otra parte presenta un drenaje excesivo debido a los altos contenidos de arena y grava. Asimismo el riesgo de erosión, por la escasa cobertura vegetal deja susceptible al suelo frente a agentes erosivos como el viento, que durante la época seca las partículas de suelo pueden ser transportadas por deflación.

El uso de estas tierras al igual que la anterior, requiere la aplicación de medidas de conservación de suelos, tales como coberturas vegetales, rotación de cultivos y en especial la incorporación de materia orgánica ya que ello favorecerá a la agregación de las partículas y por ende menor susceptibilidad frente a la erosión eólica.

b) Subclase IIIs

Esta subclase pertenece a la Asociación de suelos Corapata, donde las limitaciones de uso están referidas al suelo debido a la baja fertilidad, y al drenaje interno lento, debido a que existe una capa arcillosa (Bt) en el subsuelo, que dificulta el movimiento libre del agua hacia la profundidad y a la vez el fácil desarrollo de las raíces.

El uso de estas tierras requiere la aplicación de medidas de conservación de suelos, tales como cobertura vegetal, rotación de cultivos, e incorporación de materia orgánica con el objetivo de mejorar la estructura e incrementar la porosidad de las capas profundas.

6.5.12 Llanura aluvial con disección moderada

En base a las características físico-químicas, topografía y clima estas tierras, según su Capacidad de Uso, están clasificadas como Tierras Arables de clase II (asociación Pucarani-Ancocahua) y clase III (asociación Chipamaya).

A continuación se describen a mayor detalle las subclases para ambas Asociaciones:

a) Subclase IIs

Esta subclase pertenece a la Asociación de suelos Pucarani-Ancocahua, donde las limitaciones de uso son mínimas y solamente está referida a la fertilidad del suelo, a pesar de que cuenta con una capacidad de intercambio catiónico moderado, existe bajos contenidos de nitrógeno y fósforo disponibles.

Las pocas limitaciones hacen que requieran prácticas simples de manejo y de conservación para prevenir su deterioro, por tanto el uso de estas tierras requiere de la incorporación de abonos orgánicos, que contengan nitrógeno y fósforo, para equilibrar las deficiencias existentes para los cultivos.

b) Subclase IIIse

Esta subclase pertenece a la Asociación de suelos Chipamaya, donde las limitaciones de uso son mayores que para la clase II, y están referidas tanto a la baja fertilidad (bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles) y como también al riesgo de erosión debido a que después de las cosechas y durante gran parte del año, quedan completamente descubiertas, lo cual deja susceptible frente a los agentes erosivos (agua, y viento), que aceleran el proceso de erosión.

El uso de estas tierras requiere la aplicación de medidas de conservación de suelos, tales como coberturas vegetales, rotación de cultivo e incorporación de abonos orgánicos, que contengan nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales deben ser aplicados en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo, para lograr buenos rendimientos.

6.5.13 Llanura aluvial con humedales

En base a las características físico-químicas de los suelos, topografía, clima y drenaje estas tierras según su Capacidad de Uso, están clasificados como tierras no arables de clase V y subclase Vw.

Subclase Vw

Esta clase mantiene una vegetación permanente por tanto pueden utilizarse para el pastoreo. Presenta una topografía plana y no existen problemas de erosión. Sin embargo, no permiten el desarrollo de cultivos, ya que la principal limitación de este suelo es el mal drenaje debido a la presencia de niveles freáticos superficiales o a la concentración

permanente de aguas sobre el terreno, que imposibilita el crecimiento de cultivos y algunas especies de pastos, con excepción de especies de porte bajo adaptadas a la permanente condición de humedad (hidrófilas). La importancia de estas tierras se observa durante las frecuentes sequías climáticas, las pasturas pueden resultar los únicos apetecibles por el ganado.

6.5.14 Colina baja, estructural con disección ligera

En base a las características físico-químicas del suelo, topografía y clima estas tierras, suelos según su Capacidad de Uso, están clasificados como tierras arables (clase IV), ya tienen limitaciones muy severas para el desarrollo de especies agrícolas cultivables, debido a que las limitaciones ya están en grado mayor que la clase III.

Subclase IVs

La principal limitación es la baja fertilidad debido a que tienen muy baja capacidad de intercambio catiónico, por otra parte la profundidad del suelo es muy superficial, sumando a ello la textura franco arenoso y los altos contenidos de grava no permiten la buena retención de humedad para el aprovechamiento de cultivos.

El uso de estas tierras requiere la aplicación de medidas de conservación de suelos, tales como terrazas de formación lenta, barreras vivas o muertas, cultivos en fajas, rotación de cultivos, etc. Asimismo, debe utilizarse abonos orgánicos ya que favorecerán estabilidad de la estructura e incorporación de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio.

6.5.15 Lechos de río

Misceláneo Lecho de río (Rw)

Está conformada, principalmente por materiales que se encuentran en los ríos, por lo que son inundados anualmente en el período de avenidas. La pendiente es plana a ligeramente inclinada (0-4%). Son unidades no edáficas, constituidas por deposiciones de material grueso (gravas, guijarros y piedras) y arena.

La composición litológica del material grueso es variada, comprendiendo rocas sedimentarias diversas.

MAPA 10. CAPACIDAD DE USO

6.6 CONFLICTO DE USO DE LA TIERRA

6.6.1 Adecuado

Las tierras con uso adecuado representan una superficie de 57911.2 ha, lo que representa el 80%. Las unidades de paisaje que se encuentran sin conflicto de uso son: la montaña alta, la serranía media con disección ligera (cima, ladera superior), llanura aluvial con humedales, la colina, etc. Esto significa que el uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva de la tierra por tanto se puede decir que existe un equilibrio entre el uso actual y la capacidad de uso.

6.6.2 Sobre-uso

Las tierras con conflicto de sobre uso representan una superficie de 5207.9 ha, representando un 7.2% aproximadamente. Esto quiere decir que las tierras destinadas a la ganadería o inclusive las tierras de protección, están siendo utilizadas inadecuadamente como tierras de uso agrícola, por lógica que la producción de las mismas será baja y representan un alto riesgo de degradación del suelo por el uso inadecuado que se le da a estas tierras.

Por tal motivo se debe analizar la alternativa de un cambio en el uso hacia prácticas menos intensivas y más conservacionistas, o incorporar medidas drásticas e inmediatas de conservación de suelos.

6.6.3 Sub-uso

El área de las tierras con sub uso abarca aproximadamente unos 7872 ha, que corresponde a un 10.9 %. Esto quiere decir que estas tierras, la capacidad de uso se encuentra entre I y IV (tierras arables), de acuerdo a las características de los suelos ya evaluadas anteriormente, indica que son agrícola, pero están siendo utilizados inadecuadamente, o sea no se está aprovechando la potencialidad, ya que estas zonas están siendo utilizados para la ganadería.

En el cuadro siguiente, se muestra un resumen el conflicto de uso de la tierra con relación a las unidades de paisaje, uso actual y su capacidad de uso.

Cuadro N° 67. Conflicto de Uso de la Tierra de la montaña alta

Unidad de paisaje	Uso Actual	Capacidad de Uso	Conflicto de Uso
Montaña alta, estructural con disección fuerte	Erial, uso paisajístico		Adecuado
	Agropecuaria extensiva	VIIse	Adecuado
Serranía media, estructural con disección ligera	Ganadería extensiva	VIIsec	Adecuado
		VIIesc	Adecuado
		VIIIces	Sobre uso
Serranía media, estructural con disección moderada	Erial	VIIIces	Adecuado
	Agropecuaria extensiva	VIIse	Sobre uso
	Agrícola extensivo	IVse	Adecuado
Piedemonte superior con disección moderada	Ganadería extensiva	VIsec	Adecuado
Piedemonte superior escarpado con disección moderada	Ganadería extensiva	VIIes	Sobre uso
Piedemonte inferior con disección moderada	Agropecuaria extensiva	IVs	Adecuado
Morrenas lateral y terminal	Ganadería extensiva	VIces	Adecuado
Conos aluviales	Ganadería extensiva	VIces	Adecuado
Llanura Aluvial con Disección Ligera	Ganadería intensiva	Vwc	Adecuado
		VIsc	Sobre uso
		IVsc	Adecuado
Terrazas aluviales	Agropecuaria extensiva	IIIIs	Sub uso
Abanico aluvial	Agropecuaria extensiva	IVse	Adecuado
		IIIIs	Sub uso
Llanura aluvial antigua con disección moderada	Ganadería Semi-intensiva	IIIs	Sub uso
Llanura aluvial con humedales	Ganadería intensiva	Vw	Adecuado
Colina baja estructural con disección ligera	Agropecuaria extensiva	IVs	Adecuado

Fuente: Elaboración propia

MAPA 11. CONFLICTO DE USO

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El levantamiento de suelos del área de estudio del Municipio de Pucarani, ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

1. El área de estudio se encuentra en la Región Geomorfológica de la Cordillera Oriental y el Altiplano, está constituidos por seis Unidades Genéticas, tres formadas por procesos estructurales y degradacionales (erosionales), identificándose dentro de ellas a unidades de paisajes de: montañas, serranías y colinas; y dos originadas por procesos agradacionales (deposicionales), representadas por las Unidades Genéticas de piedemontes y las llanuras; por otra parte se tiene al valle glacial, que de acuerdo a su formación a sufrido ambos procesos en el transcurso del tiempo (degradacionales/agradacionales).

Se definieron 14 unidades de paisaje, abarcando la mayor parte del territorio, la llanura aluvial antigua con disección moderada (16556.5 ha) y el piedemonte superior con disección moderada (15584.7 ha), por el contrario las unidades de menor superficie son: los conos aluviales recientes (155.2 ha) y las morrenas (127.3 ha).

2. En estudio de la vegetación, se identificaron 134 especies distribuidas en 19 familias, de estas las gramíneas son la que presentan una mayor numero especies (53); estas representa el 39%, las rosáceas con 15 especies (11%), asteráceas con 13 especies (10%), fabáceas con 13 especies (10%), compositaceas con 9 especies (7%), cyperaceas con 6 especies (4%) y las demás familias representan el 19% del total de las especies en el área de estudio.

En cuanto a las asociaciones vegetales con mayor superficie, tenemos a la Asociación *Bromus cantharticus-Hordeum muticum* con 13375.6 ha (18.35%), y la Asociación *Stipa ichu-Tetraglochin cristatum* con 10272.5 ha (14.1%). Por el contrario las asociaciones con menor superficie son: la Asociación *Distichia muscoides-Lachemilla pinata*, con una superficie de 2233.7ha (3.07%), y la Asociación *Hypochoeris taraxcoides-Pycnophyllum sp.* con una superficie de 1111 ha (1.52%).

3. De acuerdo a su taxonomía, los entisoles ocupan una superficie de 54988.5 ha, lo que representa el 75% del total de la superficie, mientras lo inceptisoles ocupan una superficie de 6341.8 ha, lo que representa el 8.7%, las áreas misceláneas de roca ocupan 8886.2 ha (12.2) y otros cuerpos ocupan 2667.2 ha (3.7%).
4. Es área de estudio, de acuerdo al uso actual de la tierra, se encuentra distribuido de la siguiente manera:

Ganadería intensiva de vacuno y ovinos, tiene una superficie de 4573.2 ha (6.3%), y se encuentra ocupando la totalidad de la llanura aluvial con humedales; la ganadería intensiva de camélidos y ovinos, presenta una superficie de 1080.2 ha (1.5%), y se encuentra sobre la llanura aluvial antigua, cerca a la comunidad Litoral.

La ganadería semi-intensiva de ganado vacuno y ovino, ocupa una superficie de 4946.2 ha (6.8%), y se encuentra en gran parte de la llanura aluvial antigua, específicamente en las comunidades de Ancocahua, Chirioco, Corapata, Hospital y Chaucha.

La ganadería extensiva de ovinos y vacunos, presenta una superficie de 15129.9 ha (20.8%), se encuentra gran parte en el piedemonte superior; cerca a las comunidades de Chuñavi, Vilaque y Litoral; la ganadería extensiva de camélidos y ovinos, tiene una superficie de 10420 ha (14.3%), se encuentra ocupando la serranía media y las partes bajas de la montaña alta (zona Norte); la ganadería extensiva de camélidos, presenta una superficie de 1128.6 (1.5%), y ocupa la parte de piedemonte escarpado; ganadería extensiva de ovinos en mayor proporción que camélidos, presenta una superficie de 283.4 ha (0.4%) y ocupa en su totalidad los conos aluviales.

La agropecuaria extensiva presenta una superficie de 9992.9 ha (13.7%), se caracteriza por estar distribuida en el área de estudio, ocupando parte de las terrazas aluviales, serranías, colinas, piedemonte y la llanura aluvial.

Por otra parte la agricultura extensiva, se desarrolla en su totalidad sobre la llanura aluvial antigua y las laderas (pendiente media y baja) de la serranía media (Serranía Santa Ana), la superficie ocupada por este tipo de uso es 14486.6 ha (19.9%).

Los eriales y/o tierras destinadas al usos paisajísticos (turismo), ocupan una superficie de 8282.4 ha (11.3%), estos se encuentran al Norte del área de estudio, específicamente en los glaciares Tuni-Condoriri, Huayna Potosí y áreas colindantes.

5. La capacidad de uso de la tierra está dividida en dos grupos: las tierras arables que ocupan una superficie de 28765 ha (39%), mientras las tierras no arables, ocupan 72883.7 ha, (57%), y el restante 4% que equivales a 2607.2 ha, el cual no se tomó en cuenta para su clasificación ya que son: cuerpos de agua, mancha urbana, lechos de río, glaciares, etc. De acuerdo a clasificación en subclases se tienen las siguientes:

- Subclase IIs. Su principal limitación es el suelo (fertilidad). Se encuentra ubicada al sur del área de estudio sobre la llanura aluvial antigua, ocupa una superficie de 3232.2 ha, lo que representa el 4.4% de la superficie total.
- Subclase IIIs. Su principal limitación es el suelo, se encuentra gran parte el valle glaciar, característico de la terrazas aluviales, y una baja proporción se encuentra en faldas de la serranía Santa Ana, ocupa una superficie de 3033.6 ha (4.2%).
- Subclase IIIse. Las principales limitaciones se atribuyen al suelo y la erosión, esta subclase se encuentra en la llanura aluvial antigua, ocupa una superficie de 11710 ha (16.1%), siendo la tercera subclase de mayor extensión.
- Subclase IVs. Tiene como limitación al suelo (fertilidad, profundidad y textura), se encuentra en el piedemonte inferior, ocupa una superficie de 6472.6 ha (8.9%).
- Subclase IVse. Las principales limitaciones para el desarrollo de cultivos es el suelo (fertilidad) y la erosión (pendiente escarpada). Se encuentra ubicada en la serranía media con disección moderada (pendiente media e inferior), ocupa una superficie de 4161.5 ha (5.7).

- Subclase IVsc. Las principales limitaciones son el suelo (fertilidad y profundidad), y el clima (bajas temperaturas). Se encuentra ubicada en la llanura aluvial con disección ligera del valle glaciar (zona Norte), ocupa una superficie de 155.4 ha (0.2%).
- Subclase Vw. La principal limitación es el drenaje (clase 0), lo cual no permite el desarrollo de cultivos, esta subclase se encuentra ubicada en la llanura aluvial con humedales, ocupa una superficie de 4772.2 ha (6.4%).
- Subclase Vwc. Presenta limitaciones de drenaje (clase 1) y clima (bajas temperaturas < 5°C). se encuentra ubicado en la llanura aluvial antigua del valle glaciar.
- La clase VI, presenta limitaciones de erosión, suelo y clima, ya que se encuentran ubicadas en al Norte del área de estudio, las subclase son los siguientes: Subclase Vles, con 636.2 ha (0.9%); Subclase VIsec, con 14901.5 ha (20.4%); ubicada el piedemonte superior, y la Subclase VIces, con 383.2 ha (0.5%) ubicada en la morrena y conos aluviales.
- De la misma manera la Clase VII, presenta limitaciones de erosión, suelo y clima, dando lugar a las subclases siguientes: Subclase VIIes, con 556.9 ha (0.8%); Subclase VIIse, con 2841.6 ha (3.9%); Subclase VIIesc, con 3947.2 ha (5.4%) y Subclase VIIsec, con 3579.6 ha (4.9%).
- La clase VIII, severas limitaciones de suelo (someros y/o con afloramientos rocoso), erosión (debido a la pendiente muy escarpada) y clima (temperatura < 0°C), por tanto presenta una subclase VIIIsec que ocupa una superficie de 9184 ha que representa el 12.6% del total de la superficie.

5. Los conflictos de uso de la tierra

El área de estudio de acuerdo al conflicto de uso de la tierra, presenta un 80% sin conflicto, donde el uso actual y la capacidad se mantienen en equilibrio, generalmente se encuentra representada por la parte Norte del municipio.

Las áreas que presenta conflicto por sobre uso, representa el 7.2% aproximadamente. Las tierras destinadas a la ganadería y protección, están siendo utilizadas como agrícola, por tanto representa un riesgo de degradación del suelo.

Las áreas que presentan conflicto por sub uso, abarca el 10.9 % del total de la superficie. Esto quiere decir que estas tierras, están siendo utilizadas inadecuadamente, ya que no se está aprovechando la potencialidad, el cual es agrícola.

7.2 Recomendaciones

- Crear e implementar políticas para la conservación tanto del recurso suelo como el hídrico, planificando el uso del suelo según las características e importancia del mismo dentro de un marco ecológico y económico, involucrando al municipio y las diferentes instituciones de la región.
- En las unidades de paisaje que presentan serranías y colinas, con pendientes escarpadas donde se practica la agricultura, se recomienda la implantación de un plan de recuperación, conservación de suelos y praderas nativas.
- Se recomienda el manejo de la carga animal para reducir el sobrepastoreo en áreas donde se practica la ganadería intensiva (bofedales) para evitar la degradación de estas praderas nativas.
- Se recomienda implementar más programas de asistencia técnica multidisciplinaria con la finalidad de emitir conocimiento científico, práctico para un mejor manejo adecuado de suelos y evitar su degradación.

8. BIBLIOGRAFIA

- Ayala M., (2007). Conflictos de uso de la tierra y zonas ambientalmente críticas en la zona costera-marina de Lima metropolitana. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. Vol. 10. 99-108.

- Chilón, E., 1998. Manual de Edafología. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 290 p.

- Cárdenas, M., (2008). Construcción de Mapas de Riesgos. Comisión EUROPESES/OXFAM/FUNDEPCO. Primera Edición. La Paz. 55 p.

- Dávila, J., 2011. Diccionario Geológico. Talleres Gráficos Full Graphic, Lima-Perú. 901 p.

- Durang, T. Carrera, F. Rochar 1998. Evaluación de tierras, estudio del uso y manejo campesino de tierras Andinas; aspectos técnicos y biofísicos .UMSS-PEIRAV.Cochabamba Bolivia. 96p.

- FAO, 1983 Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO soils bulletin; 52, ed. L.a.W.D. Division., Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. xii, 237p.

- FAO, 2000. Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos. Intituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA). 234 p.

- Hernández, E., 1993.Aplicación de la Teledetección al Levantamiento del Uso de la Tierra. Revista Geográfica de América Central. N°28. Costa Rica. 57-76p.

- Jaramillo, D., 2002. Ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 619 p.

- León, J. C., 1980. Unidades taxonómicas y unidades de mapeo en levantamientos edafológicos. CIAF. Bogotá. 152 p.

- Mayta, H. F., 2002. Cultivo y manejo de pastos. Universidad José Carlos Mariategui. Peru. 102 p.

- Moreno, C., 1989. Levantamientos Agrologicos. México: Trillas S. A. 102 p.

- MUNSELL SOIL COMPANY. 1975. Munsell Soil Color Charts. Maryland EEUU.

- Oroz, S., 2001. Estudio de suelo, cobertura y uso actual de la tierra en el área de Tambillo. Universidad Mayor de San Andrés – Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 87p.

- Orsag, V., 1998. Manejo y conservación de suelos y aguas. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz. 256 p.

- Plan de Desarrollo Municipal (PDM) de Pucarani (2007), Ministerio de Desarrollo Municipal. Prefectura del Departamento de La Paz. Gobierno Municipal de Pucarani. La Paz – Bolivia.

- Paruela, J., 2006. Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Facultad de Agronomía (LART-FAUBRA). Buenos Aires. 422p.

- Porta C., Roquero De L., López R., 1994. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España; Mundi Prensa. p. 23, p. 533-534, p. 572-578.

- Quisbert, T., 2002. Mapeo y Evaluación de Praderas Nativas, utilizando un Sistema de Información Geográfica en la primera sección de la provincia Gualberto Villarroel. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 107 p.

- Rossiter, D., 2000. Metodología para el Levantamiento del Recurso Suelo. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. 145 p.

- Rabanal, H., (2010). Conflicto de Uso de las Tierras. Soluciones Prácticas ITDG. Colombia. 27 p.

- SERGEOMIN 1995. Mapa geológico. Hoja 5944 y 5945. La Paz Bolivia

- Siñani, R., 2003. Levantamiento Agrologico de Suelos a nivel general en Coroico – Nor Yungas. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 152p.

- SICS, ISRIC y FAO, 1999. Base Referencia Mundial del Recurso Suelo. Roma. 90 p.

- SOIL SURVEY STAFF, 2006. Clave para la Taxonomía de Suelos (10^a edición). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de los Recursos Naturales. Washinton DC. 331 p.

- Stoorvogel, J., 2000. El SIG como herramienta para el mapeo y uso de la información edafológica. Departamento de suelos y Geología. Universidad Agrícola de Wageningen-Holanda. 88p.

- Suarez, F., 1982. Conservación de Suelos. IICA. Costa Rica. 254p.

- Vargas, E., 1992. La Fotografía Aérea y su Aplicación a Estudios Geológicos y Geomorfológico. UMSA. Facultad de Ciencias Geológicas. La Paz-Bolivia. 436p.

- Vargas, E., 2008. Los suelos en Bolivia son cada vez menos fértiles. Artículo periódico. Publicado en La Razón. La Paz. Julio 30.

- Villota, H., 1991. Geomorfología Aplicada a los Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Santa Fe de Bogotá. 212 p.

- Villota, H., 1995. El Sistema CIAF de Clasificación fisiográfica del terreno. Bogotá, Colombia. 20 p.

- Zinck, J., 2012. GEOPEDOLOGIA, elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Netherlands. 123 p.

- ZONISIG – APDS, 2001. Procedimientos Metodológicos de la Zonificación Agroecológica y Socioeconómica. DHV-ITC. La Paz - Bolivia.

ANEXOS

ANEXO I
Leyenda geopedologica

REGION GEOMORFOLOGICA	UNIDAD GENETICA	PAISAJE	UNIDAD CARTOGRAFICA	UNIDAD TAXONOMICA	CAPACIDAD DE USO
CORDILLERA ORIENTAL	Montaña Estructural Erosional	Montaña Alta, Estructural con Disección Fuerte	Misceláneo	Misceláneo de roca	VIII
				Lithic Cryorthents	VIIse
	Serranía Estructural Erosional	Serranía Media, Estructural con Disección Ligera	Asociación	Lithic Cryorthents	VIIsec
				Typic Cryorthents	VIIesc
		Serranía Media, Estructural con Disección Moderada	Asociación	Lithic Ustorthents	VIIse
				Typic Ustorthents	IVse
	Piedemonte Agradacional	Piedemonte Superior con Disección Moderada	Consociación	Typic Cryorthents	VIsec
		Piedemonte Superior escarpado con Disección Moderada	Consociación	Typic Cryorthents	VIIes
		Piedemonte Inferior con Disección Moderada	Consociación	Typic Ustorthents	IVs
	Valle Glaciar Erosional/ agradacional	Morrenas Lateral y Terminal	Consociación	Typic Cryorthents	VIces
				Conos Aluviales Recientes	Consociación
		Llanura Aluvial con Disección Ligera	Asociación	Fluvaquentic Cryaquepts	Vwc
				Typic Cryofluent	IVsc
				Cryepts	IVsc
		Terrazas Aluviales Antiguas	Consociación	Mollic Ustifluents	IIIIs
ALTIPLANO	Llanura Agradacional	Abanicos Aluviales	Asociación	Typic Ustifluents	IVse
				Fluventic	IIIIs
		Llanura Aluvial con Disección Moderada	Asociación	Ustept	IIIs
				Typic Ustifluent	IIIse
	Llanura Aluvial con Humedales	Consociación	Mollic Endoaquents	Vw	
	Colina Estructural Erosional	Consociación	Typic Ustorthents	IVse	
		Glaciares y lagunas glaciares	Misceláneo		
		Lecho de Río	Misceláneo		

Fuente: Elaboración propia en base a Zinck (2012).

ANEXO II

Especificaciones de diagnostico para clasificación de tierras según su capacidad de uso

Grupo de Factores	Parámetros	CLASE							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
CLIMA	Inundación	No inundables	Inundación ocasional cada 3 – 5 años cultivos ocasionalmente dañados	Inundación ocasional cada 3 – 5 años cultivos ocasionalmente dañados	Inundación frecuente 1 – 3 años cultivos frecuentemente dañados por esta causa	Inundación muy frecuente Cada año No apta para cultivos			
EROSION	Erosión existente por agua o viento	Nula	Laminar leve, pérdida 0-25% del horizonte A (canales pequeños)	Laminar moderada pérdida de 25-75% del horizonte A (canales medianos)	Laminar fuerte pérdida de 75 a 100% del horizonte A (canales profundos)	Laminar severa pérdida de 0-30% del horizonte B cárcavas en formación	Laminar severa 30-60% pérdida horizonte Bcárcavas continuas	Laminar muy fuerte pérdida del 100% horizonte. B cárcavas internas cada 30m	Laminar absorbente presencia de material parental, cárcavas profundas a menos de 30m.
	Susceptibilidad al viento	Ninguna a muy ligera	Ligera Los suelos son susceptibles a erosionarse si están secos y expuestos a vientos moderados a fuertes, normalmente se aplica a suelos de textura superficial moderadamente seca	Moderada Los suelos son susceptibles a erosionarse si están secos y expuestos a vientos moderados a fuertes, normalmente se aplica a suelos de textura superficial moderadamente seca	Fuerte Los suelos son susceptibles a la erosión con vientos fuertes a muy fuertes, normalmente se aplica a latextura superficial gruesa a muy gruesa	Los suelos son susceptibles a la erosión con vientos fuertes a muy fuertes, normalmente se aplica a latextura superficial gruesa a muy gruesa	Fuerte Los suelos son susceptibles a la erosión con vientos fuertes a muy fuertes, normalmente se aplica a latextura superficial gruesa a muy gruesa	Muy Fuerte Los suelos son susceptibles a la erosión con vientos fuertes a muy fuertes, normalmente se aplica a latextura superficial gruesa a muy gruesa	
TOPOGRAFIA	Topografía que limita uso de maquinaria	-	-	-	-	-	15 -20%	> 20%	
	Terrenos con pendiente uniforme (%)	Llano o casi llano 0-2	Suavemente inclinado 2-6	Inclinado 6-13	Moderadamente escarpado 13-25	-	Escarpado 25 - 55	Muy escarpado > 55	
	Terreno con pendiente ondulada (%)	0-2	2-3	3-6	6-10	10-25	25-40	40-100	< 100
	Disección	Ninguna	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy fuerte			
SUELOS	Textura (profundidad efectiva 20 – 70 cm)	Media	Moderada Fina	Fina Moderada gruesa Gruesa	Muy gruesa Muy fina	-	-	Grava y piedra	
	Estructura	Mod. a fuert desarrollada	Débilmente desarrollada o prismática	Masiva o muy débilmente desarrollada	-	-			
	Permeabilidad M/24 hs	Moderada (0.3 – 0.8)	Mod. Rápida (0.8 – 2.0) Mod. Lento (0.1 – 0.3)	Rápida (2 – 3) Lenta (0.05 – 0.1)	Muy Rápida (3 – 6) Muy Lenta (0.02 – 0.05)	-	-	Extremadamente Rápida (> 6) Extremadamente Lenta (< 0.02)	
	Profundidad efectiva (cm) A materiales permeables (arenas, grava, ripios).	Muy profundo 150 y mas	Profundo 90 - 150	Moderadamente profundo 50 – 90	Delgado 30 - 50	-	-	Extremadamente delgado < 30	
	Profundidad efectiva (cm) A materiales semipermeables	150 - 120	120 - 80	80 – 60	60 - 40	-	-	< 40	

	(Claypan, fragipan, etc.)							
Profundidad efectiva (cm) A materiales Impermeables (rocas, hardpan, etc.).	150 y mas	150 - 120	120 - 90	90 - 60	-	< 60		
Napa freática (cm)	Profundo > 150	Moderadamente profundo 120 - 150	Delgado 90 - 120	Muy delgado 60 - 90	Extremadamente delgado < 60			
Drenaje natural	Bien drenado 1 día	Moderadamente bien drenado 1 - 3 días	Imperfectamente drenado 3 - 5 días Algo excesiv. drenado Horas	Imperfectamente drenado 3 - 5 días Algo excesiv. drenado horas	Excesivamente drenado	Excesivamente drenado (Nunca saturado)		
Pedregosidad en la superficie	Nula	Mod. Pedregoso interfiere poco en las labores agrícolas 2 - 10 %	Pedregoso interfiere en las labores agrícolas 10 - 15 %	Muy pedregoso no permite uso de maquinaria agrícola 15 a 35 %	Excesivamente pedregoso Dificulta la labranza 35 - 50 %	La pedregosidad cubre el 50 - 70 % uso limitado pasturas y forest. No apto para uso de maquinaria agrícola	La pedregosidad cubre el 70 - 90 % puede desarrollarse bosque limitado, valores altos, aptos past. forestal	La pedregosidad cubre mas del 90% < 90
Capacidad de retención de humedad; es la HA desde el PMP a CC (cc/dm) (Aplicable a las texturas)	Buena >1.35 (Text, mediana, moderadamente fina y muy fina)	Regular 1.34 - 1.10 Mod. Gruesa y media	Pobre 1.09 - 0.85 Moderadamente gruesa	Muy pobre 0.84 - 0.50 Gruesa Muy Gruesa	Extremadamente pobre < 0.50 Grava y piedra			
Salinidad C.E. (mmhos cm)	No salino Para todos los cultivos 0 - 2	Ligeramente salino Para cultivos tolerantes 2 - 4	Moderadamente salino Para cultivos moderadamente tolerantes 4 - 8	Fuertemente salino Para cultivos tolerantes 8 - 16	Extremadamente salino < 16			
Alcalinidad PSI (%)	No alcalino PSI < 15 pH < 8.5 para todo cultivo excepto los muy sensibles	Lig. alcalino PSI 15 - 20 pH > 8.5 para todo cultivo excepto lossensibles	Mod.alcalino PSI 20 - 40 pH > 9.0 para cultivos moderadamente tolerantes	Fuertemente alcalino PSI 40 - 60 pH > 9.0 para cultivos muy tolerantes	Extremadamente alcalino < 60			
Acidez	Lig. ácido 6.5 - 6.1 para todo cultivo excepto los muy sensibles	Mod.ácido 6.0 - 5.6 para todo cultivo excepto lossensibles	Fuert. ácido 5.5 - 5.1 para cultivos moderadamente tolerantes	Muy fuert. ácido 5.0 - 4.0 para cultivos muy tolerantes	-			
Propiedades Físicas que afectan el desarrollo de cultivos	-	Ligera restricción	Moderada restricción	Severa restricción	-			
Fertilidad Apreciación general de todas las características químicas y físicas	Buena	Moderada	Baja 6 - 12 me/100g SB 20 - 40%	Muy Baja < 6 me/100g. SB < 20%	-			
Afloramiento rocoso (%)	-	Labranza no interferida < 2 %	Labranza practicable 2 - 10 %	Labranza impracticable Bueno para pasturas 10 - 25	Labranza impracticable Bueno para pasturas 10 - 25	Uso de maquinaria impracticable Bueno para pasturas, forestal 25 - 50	Pobre para pasturas y forestal 50 - 90	> 90% expuesta

Anexo III

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE PERFILES

Serranía media, estructural con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 1

Nombre del suelo: Asociación Khullcatina.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8200480 Longitud: 581104

Altitud: 4783 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera superior.
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo.
- iii) Microtopografía: Natural.

Pendiente donde el perfil está situado: clase 4

Vegetación principal es asteráceas como Jancit'ica, Algodonero y gramíneas como *Deyexuia*.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Pérmico sedimentario (caliza, arenisca, margas, lutitas y dolomitas).

Drenaje: Algo excesivamente drenado (clase 5).

Condiciones de humedad en el perfil:
Completamente seco.

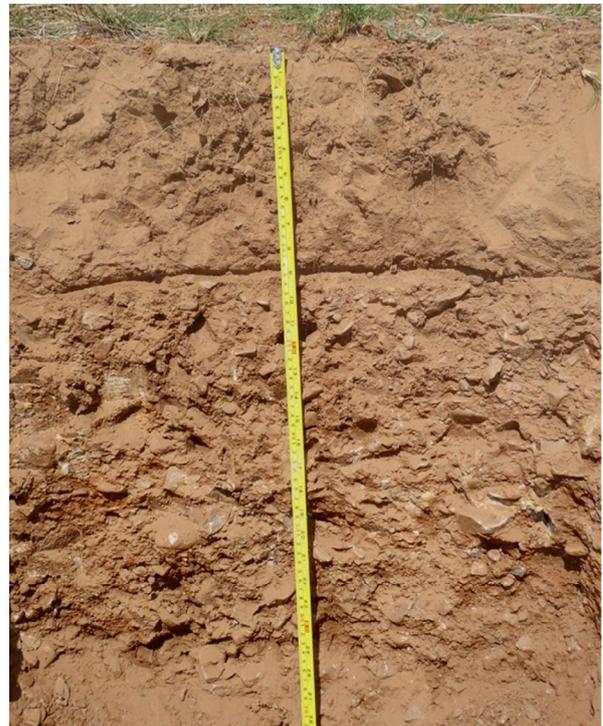
Profundidad de la capa freática: No visible.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: muy pedregoso (clase 3), muy rocoso (clase 3).

Evidencia de erosión: Laminar, surcos y cárcavas.

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (clase 0).

Influencia humana: Principalmente dada por el Pastoreo.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₁ 0 – 12	Pardo (10YR 4/3) en húmedo y pardo (10YR5/3) en seco; textura franco arenosa; estructura, granular, débil, fina; consistencia en mojado ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular muy finos, frecuente; raíces muy finas y finas, comunes; límite neto.
R > 12	Pardo a pardo oscuro (10YR 3/2) en húmedo; textura arcillo arenosa; sin estructura; consistencia en mojado ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy firme en húmedo, muy duro en seco; porosidad vesicular muy finos, pocos; límite gradual

Serranía media, estructural con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 2

Nombre del suelo: Asociación Khullcatina.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8202280 Longitud: 580882

Altitud: 4.549 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera inferior
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 4, ligeramente escarpado.

Vegetación y uso de la tierra: paja brava. Uso actual, ganadería extensiva.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Coluvial derivado de areniscas.

Drenaje: Algo excesivamente bien drenado (clase 5).

Condiciones de humedad en el perfil: Seco todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: Ausente.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 2.

Evidencia de erosión: Laminar y en surcos.

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, sin presencia de sales.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₁ 0 - 13	Café oscuro (10YR 3/3) en húmedo y Café (10YR 5/3) en seco; textura franco; estructura granular, fuerte moderada, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos pocos, raíces finas a muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava, en un 25%.
C ₁ 13 - 70	Café olivo (2.5Y 4/6) en húmedo y Café amarillento (2.5Y: 6/4) en seco; textura franco arcillo-arenoso; estructura bloques angulares, fuerte, gruesa; ligeramente adherente, plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas, pocas; límite neto; Presencia de grava, en un 37.6%.

Serranía media estructural con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Numero del perfil: 3

Nombre del suelo: Asociación Santa Ana.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8189587 Longitud: 570062

Altitud: 4246 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera superior
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 5

Vegetación: *Stipa icho* (sicuya) *Calamagrotia heterophylla*, y rosáceas como *Tetraglochin cristatum* (kaylla).

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Sedimentario derivado de areniscas rojas.

Drenaje: Excesivamente drenado (Clase 6).

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: Ausente.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 3 (Grava, piedras y afloramientos rocosos).

Evidencia de erosión: Laminar, surcos y eólica.

Presencia de sales ó álcalis: Ausente.

Influencia humana: Pastoreo.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 15	Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo y marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; textura franco limoso; estructura migajosa, moderada, fino; no adherente, no plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante cantidad de raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava, frecuente en un. 49 %.
R	> 15	Roca madre: arenisca roja

Serranía media estructural con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 4

Nombre del suelo: Asociación Santa Ana.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8187377 Longitud: 569889

Altitud: 4077 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera inferior.
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo.
- iii) Microtopografía: Ninguna.

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 4

Vegetación uso de la tierra: *Stipaichu* (sicuya), *Stipa obtusa* (paja brava), *Stipaichu* (chillihua) y *Calamagrotia heterophylla* Paja Brava. Uso actual, agrícola (Avena, papa y cebada).

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Coluvial.

Drenaje: algo excesivamente drenado (Clase 5).

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: Ausente.

Presencia de piedra en la superficie: Clase 2.

Evidencia de erosión: Surcos y cárcavas.

Presencia de sales ó álcalis: Ausente.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 15	Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo y marrón (7.5YR 5/4) en seco; textura, franco limoso; estructura migajosa, débil, fino; no adherente, no plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante cantidad de raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava en un 38.3%.
A ₂	15 - 32	Marrón oscuro (7.5YR 3/4) en húmedo y marrón (7.5YR 4/4) en seco; textura, franco limo arcilloso; estructura migajosa, débil, fino; no adherente, no plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos; abundante presencia de raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava en un 52.8%.
2C ₁	32 - 44	Rojo Amarillento (5YR 4/6) en húmedo y marrón rojizo (5YR 5/4) en seco; textura, franco arenoso; sin estructura; no adherente, no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco, porosidad vesicular finos pocos, poca presencia de raíces finas, pocas; límite neto. Presencia de grava, en un 60.5%.
3C ₂	44 - 94	Rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo y amarillo rojizo (5YR 6/6) en seco; textura, franco arenoso; sin estructura; no adherente, no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco, porosidad vesicular finos pocos, poca presencia de raíces finas, pocas; límite neto.

Morrenas

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 5

Nombre del suelo: Consolidación JankhoKhota.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8203264 Longitud 580067

Altitud: 4453 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera media.
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo-concava.
- iii) Microtopografía: Ninguna.

Pendiente donde el perfil está situado: Moderadamente escarpado (Clase 4)

Vegetación y uso de la tierra: Orqopaqu, iruichu, kaylla.
Uso actual, ganadería extensiva.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos glaciares de conformado por bloques, gravas y arcillas

Drenaje: Algo excesivamente bien drenado (Clase 5)

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: No se encontró.

Presencia de piedra en la superficie: Clase 3.

Evidencia de erosión: Laminar y en surcos.

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (Clase 0).



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 15	Marrón oscuro (10YR: 3/3) en húmedo y café (10YR: 4/3) en seco; textura franco; estructura migajosa, débil, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; raíces muy finas, finas, comunes; con contenido de grava un 12%.
2C ₁	15- 29	Marrón olivo (2.5Y 4/4) en húmedo y café amarillento (2.5Y: 6/4) en seco; textura franco arenoso; estructura bloques subangulares, moderado, media; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces muy finas, con contenido de grava un 28%.
3C ₂	29 - 91	Marrón olivoclaro (2.5Y 5/4) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y: 7/4) en seco; textura franco arcillo-limoso; estructura bloques subangulares, moderado, gruesa; ligeramente adherente, plástico, muy firme en húmedo, muy duro en seco; raíces muy finas, finas, comunes; limite neto, presencia de grava de un 49%.

Cono Aluvial

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 6

Nombre del suelo: Consociación Litoral.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8201533 Longitud 577242

Altitud: 4426 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Pendiente media
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 4.

Vegetación y uso de la tierra: *Erigeron rosulatus* (Jancit'ica), *Werneria apiculata*. En cuanto al uso, es ganadero extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos aluviales.

Drenaje: Bien drenado (Clase 4).

Condiciones de humedad en el perfil: Seco.

Profundidad de la capa freática: No se encontró.

Presencia de piedra en la superficie: Clase 1 (presencia de algunas piedras en la superficie).

Evidencia de erosión: Laminar leve.

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (Clase 0).

Influencia humana: Principalmente esta utilizado para pastoreo.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₁	0 - 12	Café grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo y café amarillento (10YR: 5/4) en seco; textura franco; estructura migajosa, débil, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; raíces muy finas, finas, comunes; con contenido de gravado un 12.6%.
C ₁	12 - 32	Marrón olivo (2.5Y 4/4) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y: 7/4) en seco; textura franco arcillo-limoso. Estructura bloques subangulares, moderado, media; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces muy finas, con contenido de grava de un 11.2%..
C ₂	32 - 78	Olivo marrón claro (2.5Y 5/4) en húmedo y marrón amarillento claro (2.5Y: 6/4) en seco; textura franco; estructura bloques subangulares, moderado, gruesa; ligeramente adherente, plástico, muy firme en húmedo, muy duro en seco; raíces muy finas, finas, comunes; limite neto, presencia de grava de un 21%.

Llanura aluvial con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 7

Nombre del suelo: Asociación Condoriri.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Inceptisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8203943 Longitud: 576023

Altitud: 4376 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte superior
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía:

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Hypochoeris taraxcoides*, *Pycnophyllum sp.* y *Distichia muscoides*. Uso ganadero extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Aluvial conformado por cantos, gravas, limos y arcillas.

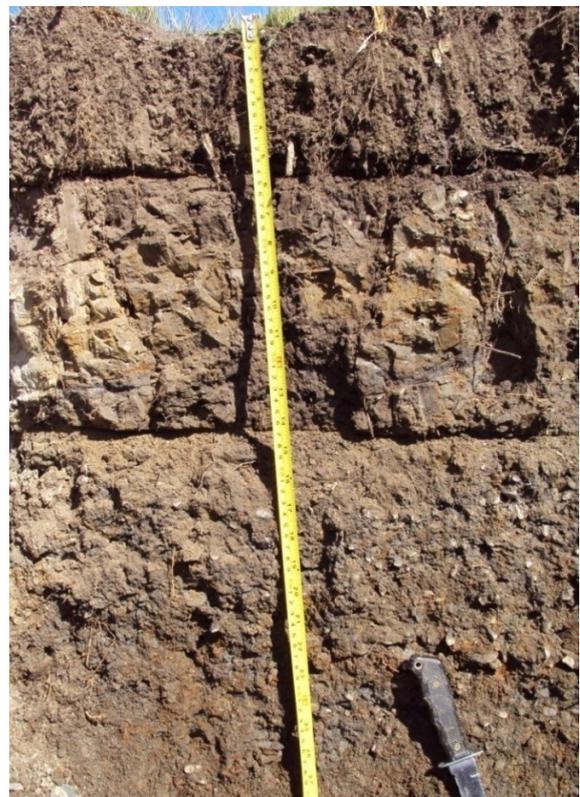
Drenaje: Clase, imperfectamente drenado (clase 2).

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: Visible a los 1m.

Presencia de piedra en la superficie: Ausente (Clase 0).

Evidencia de erosión: Ausente.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 14	Gris muy oscuro (7.5YR 3/1) en húmedo y grisáceo oscuro (7.5YR 3/1) en seco. Textura: franco arenoso. Estructura granular, fuerte, media; ligeramente adherente, no plástico, muy friable húmedo, blando en seco; porosidades vesiculares finas pocas, raíces finas a muy finas, pocas; límite neto. Sin Presencia de grava.
Btg	14 - 37	Café grisáceo oscuro (2.5Y 3/2) en húmedo y marrón amarillento (2.5Y 6/3) en seco. Textura: franco arcillo-limoso. Estructura bloques angulares, fuerte, media; muy gruesa, muy adhesivo en mojado, firme en húmedo, extremadamente en duro en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas, pocas; límite neto; sin presencia de grava.
2Cg.	37- 108	Café grisáceo oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo y café grisáceo (2.5Y 5/2) en seco. Textura: franco arenoso. No presenta estructura; no adherente, suelto, suelto en húmedo, suelto en seco, porosidad vesicular finos pocos, raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava en un 47%.

Llanura aluvial con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 8

Nombre del suelo: Asociación Chatuna-Tuni.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8200472 Longitud: 576864

Altitud: 4371 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte media.
- ii) Forma del terreno circundante: Plano.
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinata*, *Erigeron rosulatus* y *Deyexuia urbigyana*. Uso agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Aluvial, conformado por cantos gravas, limos y arcillas.

Drenaje: Clase 2 (imperfectamente drenado).

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: Ausente.

Presencia de piedra en la superficie: Clase 1.

Evidencia de erosión: Ausente.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₀ 0 - 4	Negro oscuro (7.5YR 2.1/1) en húmedo y Negro (10YR: 2/1) en seco: sin estructura; no presenta consistencia; con abundante presencia de raíces.
A ₁ 4 - 18	Café oscuro (10YR: 3/3) en húmedo y olivo marrón (2.5Y: 5/4) en seco; textura franco; estructura granular, débil, media; adherente, plástico, friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, raíces muy finas a muy gruesas, pocas; límite neto. sin presencia de grava.
AC 18 - 36	Café oscuro (10YR 3/3) en húmedo y marrón (10YR: 5/3) en seco; textura franco; estructura bloques angulares, débil, gruesa; adherente, plástico, muy friable en húmedo, suelto en seco, porosidad vesicular finos pocos, raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava, con un 5%.
C ₁ 36 - 50	Café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo y marrón pálido (10YR: 6/3) en seco; textura franco limoso; estructura bloques angulares, moderada, media; adherente, muy plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos; presencia de raíces finas pocas; límite neto; sin presencia de grava.
C ₂ 50 - 106	Café grisáceo oscuro (10YR: 4/2) en húmedo y marrón (10YR: 5/3) en seco textura franco limoso estructura, bloques angulares, moderada, media; adherente, muy plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos; límite neto; sin presencia de raíces.

Llanura aluvial con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 9

Nombre del suelo: Asociación Chuñavi.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Inceptisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8196437 Longitud: 572024

Altitud: 4213 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte baja
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinata*, *Scirpus rigidus* y *Alchemilla erodifolia*.
Uso agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos aluviales.

Drenaje: Clase 2.

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo.

Profundidad de la capa freática: Ausente.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0, sin presencia de piedras o afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión: Ausente.

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 13	Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo y gris amarillento (2.5Y 6/2) en seco; textura, franco limoso; estructura granular, débil, media; ligeramente adherente, muy plástico, friable en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos pocos, raíces muy finas, pocas; límite neto, sin presencia de grava.
A ₂	13 - 25	Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo y marrón amarillento (10YR 5/4) en seco; textura, franco limoso; estructura granular, moderada, media; ligeramente adherente, muy plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas, pocas; límite neto; sin presencia de grava.
Bt	25 - 44	Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo y Marrón (10YR 5/3) en seco; textura, franco arcilloso; estructura bloques subangulares, moderada, media; adherente, muy plástico, muy friable en húmedo, duro en seco, porosidad vesicular finos pocos, sin presencia de raíces, pocas; límite neto, sin presencia de grava.
2C ₁	44 - 108	Marrón (10YR 3/3) en húmedo y marrón claro (10YR 5/3) en seco; textura, franco arcillo arenoso; sin estructura; porosidad vesicular finos pocos; límite neto; Presencia de grava en un 63.5%.

Piedemonte superior escapado con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 10

Nombre del suelo: Serie Litoral.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud:8201362 Longitud: 572581

Altitud: 4340 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera media
- ii) Forma del terreno circundante: Muy ondulado y ligeramente quebrado
- iii) Microtopografía: Natural

Pendiente donde el perfil está situado: Escarpado (clase 5).

Vegetación y uso de la tierra: *Festuca orthophylla*, *Scirpusrigidus*, *Distichlis humilis* y *Lachemilla pinata* (rosacea). Uso actual ganadero extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Pérmico sedimentario (caliza, arenisca, margas, lutitas y dolomitas).

Drenaje: Excesivamente bien drenado (clase 6)

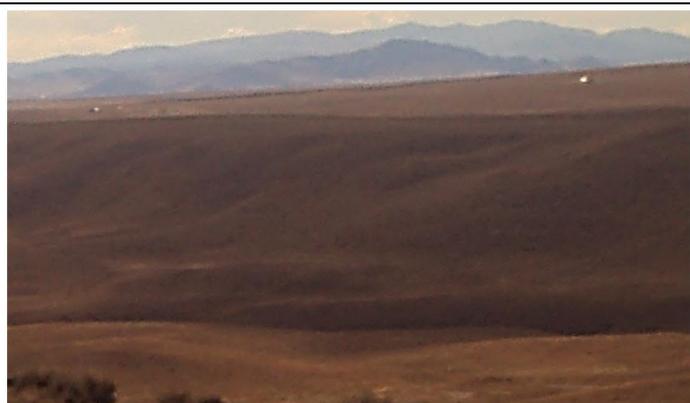
Condiciones de humedad en el perfil:
Completamente seco

Profundidad de la capa freática: No visible.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: muy pedregoso (clase 3), muy rocoso (clase 3).

Evidencia de erosión: Laminar y en surcos.

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (clase 0).



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₁ 0 – 18	Pardo a pardo rojiza (10YR 3/4) en húmedo y pardo (10 YR 3/4) en secode textura franco y contenido de grava de 26%; la estructura es granulada, débil, media; de consistencia ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco.
2C ₁ 18 - 81	Pardo a pardo oscuro (10YR 4/6) en húmedo; textura franco arcillo-arenoso y contenidos de grava de 41%; la estructura es en bloques subangulares débil, fino; de consistencia no adherente, no plástico, muy friable en húmedo y blando en seco.

Terraza aluvial

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 12

Nombre del suelo: Serie Litoral.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8197984 Longitud: 569674

Altitud: 4162 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte intermedia
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Distichia muscoides*, *Lachemilla pinata* y *Stipa ichu*. El uso actual agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos aluviales de cantos gravas, limos y arcillas.

Drenaje: Algo excesivamente bien drenados (Clase 5).

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo hasta Los23 centímetros aproximadamente.

Profundidad de la capa freática: No visible.

Presencia de piedra en la superficie: Ausente (Clase 0)

Evidencia de erosión: Ausente.

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, sin presencia de sales.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₀	0 - 4	Negro oscuro (7.5YR 2.1/1) en húmedo y negro claro (10YR 2/1) en seco. Raíces abundantes finas a muy finas, pocas; límite neto.
A ₁	4 - 23	Marrón oscuro (10YR 4/3) en húmedo y marrón (10YR 4/3) en seco; Textura: franco limoso. Estructura granular, gruesa, moderada; no adherente, no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas, pocas; límite neto; Presencia de grava, en un 6%.
A ₂	23 - 42	Marrón amarillento (10YR 5/4) en húmedo y marrón amarillento (10YR 5/4) en seco. Franco arenoso. Estructura granular, moderada, media; no adherente, no plástico, friable en húmedo, blando en seco, porosidad vesicular finos pocos, con presencia de raíces, pocas; límite neto. Presencia de grava, en un 42.2%.
2C ₁	140 - 104	Amarillo marrón oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo y oliva marrón (7.5YR 5/4) en seco. Textura: franco arenoso. Sin estructura; no adherente, no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos pocos; límite neto; sin presencia de raíces; Presencia de grava, en un 68%.

Piedemonte Superior con Disección Moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 13

Nombre del suelo: Consociación Vilaque Alto.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8188213 Longitud: 579768

Altitud: 4391 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera superior
- ii) Forma del terreno circundante: Convexo
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 3

Vegetación y uso de la tierra: *Erigeron rosulatus* y *Deyexuia urbigyana* (Chilliwa). El uso actual es ganadero extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos aluviales.

Drenaje: Algo excesivamente bien drenado (Clase 5).

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo en todo el Perfil.

Profundidad de la capa freática: No visible.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 1.

Evidencia de erosión: Surcos de grado moderado.

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, sin presencia de sales.

Influencia humana: Pastoreo.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 15	Marrón muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo y marrón oscuro (10YR 3/3) en seco. Textura franco; estructura migajosa, débil, fino; no adherente, no plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, raíces finas, pocas; límite neto. Presencia de grava en un 16 %.
A ₂	15 - 26	Marrón muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco. Textura franco; Estructura migajosa, moderada, media; no adherente, no plástico, friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular abundante; raíces finas, abundante; límite neto; Presencia de grava, en un 40%.
C ₁	26 – 92	Café fuerte (7.5YR 4/6) en húmedo y marrón amarillento (10YR 6/4) en seco. textura franco; estructura suelta; no adherente, no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco, porosidad vesicular gruesa, abundante, raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava en un 37.8 %.

Piedemonte Inferior con Disección Moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Numero del perfil: 14

Nombre del suelo: ConsociaciónCucuta.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8183724 Longitud: 575761

Altitud: 4050 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Pendiente inferior
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 3.

Vegetación y uso de la tierra: *Bromus cantharticus* y *Hordeum muticum*. Uso actual, agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Sedimentos fluviales y aluviales, conformado por cantos gravas, limos y arcillas.

Drenaje: Moderadamente bien drenado (Clase 3).

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: No se encontró.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso:

Clase 1.

Evidencia de erosión: Laminar.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 -16	Marrón muy oscuro (10YR: 2/2) en húmedo y marrón oscuro (10YR: 3/3) en seco. Textura franco limoso; estructura migajosa, débil, fino; no adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante cantidad de raíces muy finas, comunes; límite neto, presencia de grava de un 23.9%.
C ₁	16 - 37	Marrón amarillento (10R: 5/4) en húmedo y marrón amarillento claro (10YR: 6/4) en seco. Textura franco limoso; estructura bloques angular, moderado, grueso; ligeramente adherente, muy plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos; pocas presencia de raíces finas, presencia de grava de un 6.2%,
C ₂	37- 83	Café olivo (2.5Y: 4/4) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y: 7/4) en seco. Textura franco limoso; estructura bloques sub angular, moderada, grueso; ligeramente adherente, plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; sin presencia de raíces; límite neto, presencia de grava un 15%.

Abanico Aluvial

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 15

Nombre del suelo: Asociación Vilaque

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8183154 Longitud: 572766

Altitud: 3977 msnm.

Forma del terreno:

i) Posición fisiográfica: Parte alta (ápice)

ii) Forma del terreno circundante: Plano

iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Festuca dolichophylla*, *Stipaichu*, y rosáceas como: *Lachemilla pinata* y *Tetraglochin cristatum*. Uso actual agropecuario.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Conformado por cantos gravas, limos y arcillas del cuaternario.

Drenaje: Algo excesivamente bien drenado (Clase 5).

Condiciones de humedad en el perfil: Seco .

Profundidad de la capa freática: No visible.

Presencia de piedra en la superficie: Clase 1.

Evidencia de erosión: Laminar y eólica.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Ap	0 - 12	Marrón oscuro (7.5YR 3/3) en húmedo y Marrón (7.5YR 4/3) en seco; textura franco limoso; estructura granular, moderada, muy gruesa; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos pocos, poca presencia de raíces finas a muy finas,. Presencia de grava en un 29.2%.
2C ₁	12 - 22	Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo y Marrón amarillento (10YR 5/4) en seco.; textura franco; estructura granular, débil, fino; sin consistencia; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas, pocas; límite neto; Presencia de grava, en un 72%.
3C ₂	22 - 92	Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo y Marrón amarillento (10YR 6/4) en seco; textura, franco arenoso; no presenta estructura; no adhesivo, no plástico; ausencia de raíces; con un porcentaje de grava de un 74%.

Abanico Aluvial

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 16

Nombre del suelo: Asociación Corapata.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Inceptisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8181605 Longitud: 569003

Altitud: 3906 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte baja (base)
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Festuca dolichophylla* y *Lachemilla pinata*. Uso actual agricultura extensiva (rotación: papa, cebada y avena).

II. Información general acerca del sitio del suelo

Drenaje: Bien drenado (Clase 2).

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo a partir de los 10 cm.

Profundidad de la capa freática: No se encontró.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0 (Ausente de piedras o afloramientos rocosos).

Evidencia de erosión: Ausente.

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (Clase 0).

Influencia humana: Principalmente agricultura con cultivos cebada, papa, avena y descanso (rotación).



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Ap	0 - 12	Marrón oscuro (10YR 5/4) en húmedo y marrón amarillento (10YR 5/4) en seco. Textura: franco arcilloso; Estructura granular, moderada, fina; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; porosidad finos, raíces muy finas a finas; Límite neto, sin presencia de grava.
Bt	12 - 40	Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y marrón amarillento (10YR 5/4) en seco. Textura: arcilloso. Estructura bloques angulares, moderada, fino; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; raíces muy finas a finas, comunes; limite neto.
2C ₁	40 - 96	Muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco. Textura: Franco arcillo-arenoso; No presenta estructura; no adherente, no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco; porosidad gruesos, abundante; limite neto, ausencia de raíces, con un 65% de grava.

Llanura aluvial con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 17

Nombre del suelo: Asociación Chipamaya.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8188490 Longitud: 560761

Altitud: 3.904 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte media
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Bromus cantharticus*, *Hordeum muticum*, *Calamagrotia heterophylla*. Uso actual agrícola extensivo.

Clima: Matorral desértico, estepa

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos y aluviales de cantos gravas arenas y limos del periodo Cuaternario.

Drenaje: Clase 4.

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo a partir de los 18 cm.

Profundidad de la capa freática: No visible pero aproximadamente a los 2 metros.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0, sin presencia de piedras o afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión: Laminar.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 18	Marrón oscuro (7.5YR 3/3) en húmedo y Marrón amarillento (10YR 5/4) en seco; textura franca; estructura granular, medio, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante presencia de raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava, en un 20.8%.
A ₂	18 - 29	Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; textura franca; Estructura granular, fino, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos; poca presencia de raíces muy finas, pocas; límite neto; Presencia de grava, en un 30.8%.
2C ₁	29 - 55	Marrón oscuro (7.5YR 3/4) en húmedo y marrón (7.5YR 5/3) en seco. Textura franco arenoso; estructura no forma agregados; presencia de raíces muy poca. Contenido de grava en un 55%.
3C ₂	55 - 115	Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo y Marrón (10YR 5/3) en seco; textura franco arenoso; no presenta estructura; no presenta consistencia; sin presencia de raíces; con un porcentaje de grava de 76%.

Llanura aluvial antigua con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 18

Nombre del suelo: Asociación Pucarani-Ancocahua.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Inceptisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8183656 Longitud: 559042

Altitud: 3844msnm..

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte baja
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguno

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1.

Vegetación y uso de la tierra: *Festuca dolichophylla*, *Distichlis humilis* y *Festuca orthophylla*. Uso actual ganadería semi-intensiva.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Depósitos aluviales de cantos, gravas arenas, limos y arcillas del cuaternario.

Drenaje: Clase 3, moderadamente bien drenado.

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo a partir de los 16 cm.

Profundidad de la capa freática: Visible a partir de los 77 cm.

Presencia de piedra en la superficie: Clase 0, sin presencia de piedras.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₁ 0 – 16	Gris muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo y Marrón (10YR 4/3) en seco; textura, franco; Estructura granular, moderada, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante presencia de raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de gravillas y grava en un 13.2%.
Bt 16 - 39	Marrón gris oscuro (10YR 2/2) en húmedo y Marrón (10YR 4/3) en seco; textura franco arcilloso; Estructura Bloque angulares, moderada, medio; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos pocos; poca presencia de raíces muy finas, pocas; límite neto.
2C ₁ 39 – 77	Marrón amarillento oscuro (10YR 6/4) en húmedo y Marrón (10YR 6/4) en seco; textura franco arenoso; Estructura sub angular, moderada, grueso; no forma plasticidad, suelto en húmedo, suelto en seco, porosidad vesicular finos pocos, muy pocas raíces, pocas; límite neto. Presencia de gravillas y grava en un 60.8%.
3C ₂ 77 - 109	Marrón amarillento oscuro (10YR 6/4) en húmedo y Marrón (10YR 6/4) en seco; textura franco arcilloso; Estructura bloque angular, moderada, grueso; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy pocas, y contenido de grava de un 3.3%.

Llanura aluvial con humedales

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 19

Nombre del suelo: Consociación Cachuma.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8184117 Longitud: 564379

Altitud: 3880msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica:
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1

Vegetación y uso de la tierra: *Scirpus rigidus* (totorilla), *Poa aequigluma*, *Muhlenbergia ligularis*. Uso actual, ganadería intensiva

II. Información general acerca del sitio del suelo

Drenaje: Clase 0, muy escasamente drenado

Condiciones de humedad en el perfil: Mojado en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: Visible a los 40 cm.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0, sin presencia de piedras o afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión: Ausente.

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, Ausente.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₀	0 - 7	Case grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo y Café grisáceo (10YR 5/2) en seco, textura franco; estructura migajosa, débil, fino; ligeramente adherente, muy plástico, friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos muchos, raíces muy finas; sin presencia de grava o gravilla.
A ₁	7 - 24	Café muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo y Café (10YR 5/3) en seco; textura franco; estructura granular, débil, media; adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas; sin presencia de grava, gravilla.
Cg ₁	24 - 39	Case grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2) en húmedo y Café olivo (2.5Y 4/4) en seco; textura franco arcilloso; no presenta estructura; no adherente, ligeramente plástico, suelto en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos pocos; límite neto; sin presencia de gravillas y grava.
2Cg ₂	39 - 88	Café gris oscuro (2.5Y 4/2) en húmedo y Café marrón ligero (2.5Y 6/2) en seco; franco arcilloso; no presenta estructura; no adherente, ligeramente plástico, no presenta consistencia en húmedo y en seco, porosidad vesicular finos pocos, ausencia de raíces; Presencia de gravillas y grava, en un 48%.

Colina baja estructural con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 20

Nombre del suelo: Consociación Pucarani.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud:8186174 Longitud: 555451

Altitud: 3880 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Ladera media.
- ii) Forma del terreno circundante: convexo.
- iii) Microtopografía: Ninguna.

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 3 (inclinado)

Vegetación y uso de la tierra: *Stipa ichu*, *Festuca dolichophylla* y *Distichlis humilis*. Uso actual agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Coluvial

Drenaje: Bien drenado (clase 4)

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: No visible.

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 1

Evidencia de erosión: Laminar

Presencia de sales ó alcalis: Libre de sales (Clase 0)



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y Prof (Cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 – 18	Pardo amarillento oscuro (10YR: 4/4) en húmedo y pardo amarillento (10YR: 5/6) en seco. Textura franco arenoso; Estructura granular, muy débil, fino; no adherente, no plástico, muy friable, blando en seco; raíces finas, abundante; con presencia de grava, gravilla del 33%.
C ₁	18 – 26	Gris pardusco claro (2.5Y: 6/2) en húmedo y pardo amarillento claro (2.5Y: 6/4) en seco. Textura franco arenoso; sin estructura; no adherente, no plástico, suelto, sin coherencia en húmedo y seco; porosidad abundante; raíces muy finas, pocas; con presencia de gravilla 59%.
C ₂	26 - 87	Marrón oscuro (10YR: 3/3) en húmedo y marrón (10YR: 5/3) en seco. Textura franca, estructura en bloques angulares; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo, duro en seco; raíces muy pocos; limite abrupto; sin presencia de grava o gravilla.

Piedemonte inferior

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 21

Nombre del suelo: Consociación Cucuta

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8180569 Longitud 574962

Altitud: 3980 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Cono de transición (parte baja)
- ii) Forma del terreno circundante: Ondulado
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 2, suavemente inclinado (2 – 6%)

Vegetación y uso de la tierra: *Bromus cantharticus* y *Hordeum muticum*. Uso actual, agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario:

Drenaje: Bien drenado (Clase 4)

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil.

Profundidad de la capa freática: No se encontró

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 2 (presencia de algunas piedras o afloramientos rocosos)

Evidencia de erosión: Laminar.

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (Clase 0)

Influencia humana: Principalmente esta utilizado para pastoreo.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Ap	0 –20	Marrón oscuro (10YR: 3/3) en húmedo y café (10YR: 4/3) en seco. Estructura migajosa, media, débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante presencia de raíces muy finas, finas, comunes; límite neto, presencia de grava, gravilla de un 49.2%.
C ₁	20 - 82	Café oliva (2.5Y: 4/4) en húmedo y marrón amarillento muy claro (2.5Y: 6/4) en seco. Estructura bloques sub angulares, moderado, grueso; ligeramente adherente, plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos; poca presencia de raíces muy finas, finas, comunes; limite neto, presencia de grava, gravilla de un 38%.

Llanura Aluvial

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Numero del perfil: 22

Nombre del suelo: Consociación Yaurichambi.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8193247 Longitud 556790

Altitud: 3902msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Parte baja
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1, plano (0 – 2%).

Vegetación y uso de la tierra: *Bromus cantharticus*, *Hordeum muticum*, *Calamagrotia heterophylla*. Uso actual agrícola extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario:

Drenaje: Regularmente drenado (Clase 3)

Condiciones de humedad en el perfil: presenta humedad casi en todo el perfil

Profundidad de la capa freática: No se encontró

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0 (Ausencia de piedras o afloramientos rocosos)

Evidencia de erosión: Ausente.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 – 25	Negro (10YR: 2/1) en húmedo y marrón gris muy oscuro (10YR: 3/2) en seco, textura franco; estructura migajosa, débil, fino; ligeramente adherente, plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundantes raíces muy finas, finas, comunes; límite neto, sin presencia de grava, gravilla.
A ₂	25 – 35	Marrón gris muy oscuro (10YR: 3/2) en húmedo y café (10YR: 5/3) en seco; textura franco; estructura granular, débil, fino; ligeramente adherente, plástico, muy friable en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos; pocas raíces finas a muy finas, presencia de grava, gravilla de un 8.1%.
C ₁	35 - 101	Marrón olivo (2.5Y: 5/3) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y: 7/3) en seco; textura franco arenoso; estructura bloquessubangulares, débil, medio; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto en húmedo, suelto en seco; porosidad vesicular finos, pocos; raíces muy finas, muy pocas, finas, comunes; límite neto, presencia de gravilla frecuente de un 35.1% .

Piedemonte superior con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Numero del perfil: 23

Nombre del suelo: Consociación Chuñavi

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8193818 Longitud 570457

Altitud: 4175msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Cono de transición (parte alta)
- ii) Forma del terreno circundante: Ondulado
- iii) Microtopografía: Ninguna.

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 3, inclinado.

Vegetación y uso de la tierra: *Erigeron rosulatus* y *Deyexuia urbigyana* Chilliwa. El uso actual es ganadero extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario:

Drenaje: Escasamente drenado (Clase 4)

Condiciones de humedad en el perfil: presenta humedad casi en todo el perfil

Profundidad de la capa freática: No se encontró

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 1 (Presencia de algunas piedras o afloramientos rocosos)

Evidencia de erosión: Laminar moderada



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Ap	0 -16	Café muy oscuro (7.5YR: 2.5/2) en húmedo y marrón grisáceo muy oscuro (10YR: 3/2) en seco; textura franco arenoso-arcilloso; estructura migajosa, moderada, fino; no adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundantes raíces muy finas, finas, comunes; límite neto, presencia de grava, gravilla de un 40.4%.
C ₁	16 - 40	Marrón amarillento oscuro (10YR: 4/4) en húmedo y marrón muy amarillento (10YR: 6/4) en seco; textura franco; estructura bloques angulares, moderado, fino; ligeramente adherente, plástico, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; raíces muy finas pocas, presencia de grava, gravilla de un 3.3%.
C ₂	40 - 91	Café (7.5YR: 5/4) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y: 8/3) en seco; textura franco; estructura bloques subangulares, media, moderada; ligeramente adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; pocas raíces muy finas, finas, comunes; límite neto, presencia de gravilla grava en un 14.6%.

Piedemonte superior con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Numero del perfil: 24

Nombre del suelo: Consociación Chuñavi

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8192178 Longitud 580446

Altitud: 4460 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Piedemonte (ladera parte alta)
- ii) Forma del terreno circundante: ondulado
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 3

Vegetación y uso de la tierra: *Erigeron rosulatus* y *Deyexuia urbigyana*. El uso actual es ganadero extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario:

Drenaje: Escasamente drenado (Clase 4)

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil

Profundidad de la capa freática: No se encontró

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0 (Sin presencia de piedras o afloramientos rocosos)

Evidencia de erosión: Laminar moderada

Presencia de sales ó álcalis: Libre de sales (Clase 0)



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
A ₁ 0 - 20	Marrón muy oscuro (10YR: 2/2) en húmedo y café grisáceo oscuro (10YR: 4/2) en seco.; textura franco arenoso; estructura granular, débil, media; no adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; abundante cantidad de raíces finas, muy finas, comunes; límite neto. Presencia de grava gravilla de un 7%.
C ₁ 20 - 32	Café amarillento oscuro (10YR: 4/4) en húmedo y marrón pálido (10YR: 8/3) en seco; franco arcilloso; estructura bloque angulares, débil, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; pocas raíces muy finas. Presencia de grava, gravilla de un 10.8%.
C ₂ 32 - 88	Café amarillento (10YR: 5/6) en húmedo y marrón muy pálido (10YR: 7/3) en seco, textura franco arcilloso; estructura bloques angulares, fuerte, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; raíces muy finas, finas, comunes; limite neto, presencia de gravilla frecuente en un 13.1%.

Piedemonte superior con disección moderada

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 25

Nombre del suelo: Consociación Litoral

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud 8199423 Longitud 566860

Altitud: 4140 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: ladera media
- ii) Forma del terreno circundante: ondulado
- iii) Microtopografía: ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 3.

Vegetación y uso de la tierra: Pastoreo; paja brava, grama y yaretilla. Uso actual, ganadería extensiva.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Aluvial

Drenaje: clase 3

Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo a partir de los 12 cm

Profundidad de la capa freática: No visible

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 1, sin presencia de piedras o afloramientos rocosos.

Evidencia de erosión: Laminar moderada y eólica.

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, sin presencia de sales.

Influencia humana: Pastoreo



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

A ₁	0 - 16	Muy oscuro (10YR 4/4) en húmedo y marrón amarillento oscuro (10YR 2/2) en seco. Textura: franco limoso Estructura migajosa, débil, fino, no adherente, no plástico, muy friable en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular gruesos, raíces muy finas, pocas; límite neto, presencia de grava en un 5%.
C ₁	16 - 88	Oliva marro (2.5Y 5/4) en húmedo y amarillo pálido (2.5Y 7/4) en seco. Textura: franco arcilloso; Estructura en bloques angulares, moderada, media; ligeramente adherente, plástico, firme en húmedo, duro en seco, porosidad vesicular finos pocos, raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de grava en un 17%.

Piedemonte inferior con disección ligera

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 26

Nombre del suelo: Serie Palcoco

Clasificación a nivel de generalización amplia: Entisol

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud: 8194680 Longitud: 564223

Altitud: 4028msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Llanura
- ii) Forma del terreno circundante: Plano
- iii) Microtopografía: Ninguna

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 2

Vegetación y uso de la tierra: *Bromus cantharticus* y *Hordeum muticum*. Uso actual, agropecuario extensivo.

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Aluvial

Drenaje: Bien drenado (Clase 4)

Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil

Profundidad de la capa freática: No visible

Presencia de piedra en la superficie: Clase 0, sin presencia de piedras o afloramientos rocosos

Evidencia de erosión: Laminar moderada y eólica

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, sin presencia de sales



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Ap	0 - 17	Café grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo y marrón (10YR 3/3) en seco; textura: franco limoso; estructura granular, fuerte, media; adherente, muy plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; porosidad vesicular finos pocos, abundante presencia de raíces muy finas, pocas; límite neto. Presencia de gravillas y grava 7%.
2C ₁	17 - 29	Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo y marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco; textura: franco arcillo arenoso; estructura granular, débil, muy fino; no adhesivo, no plástico, muy friable en húmedo, blando en seco; porosidad vesicular finos pocos; raíces muy finas, pocas; límite neto; Presencia de gravillas y grava, en un 61.5%.
3C ₂	29 - 86	Marrón oscuro (7.5YR 3/4) en húmedo y amarillento oscuro (10YR 5/4) en seco; textura: franco arcillo arenoso; estructura granular, débil, muy fino; no adherente, no plástico, muy friable en húmedo, blando en seco, porosidad vesicular finos pocos, poca presencia de raíces finas, pocas; límite neto. Abundante Presencia de gravillas y grava en un 54%.

Llanura aluvial con humedal

I. Información acerca del sitio de la muestra:

Número del perfil: 27

Nombre del suelo: Consociación Litoral.

Clasificación a nivel de generalización amplia: Inceptiso.

Descrito por: Efrain Zunagua Alvarez

Ubicación: Latitud.: 8202465 Longitud: 570127

Altitud: 4260 msnm.

Forma del terreno:

- i) Posición fisiográfica: Llanura.
- ii) Forma del terreno circundante: Plano.
- iii) Microtopografía: Ninguna.

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 2.

Vegetación y uso de la tierra: *Scirpus rigidus* (totorilla), *Poa aequigluma*, *Muhlenbergia ligularis*. Uso actual, ganadería intensiva

II. Información general acerca del sitio del suelo

Material originario: Aluvial

Drenaje: Bien drenado (Clase 4)

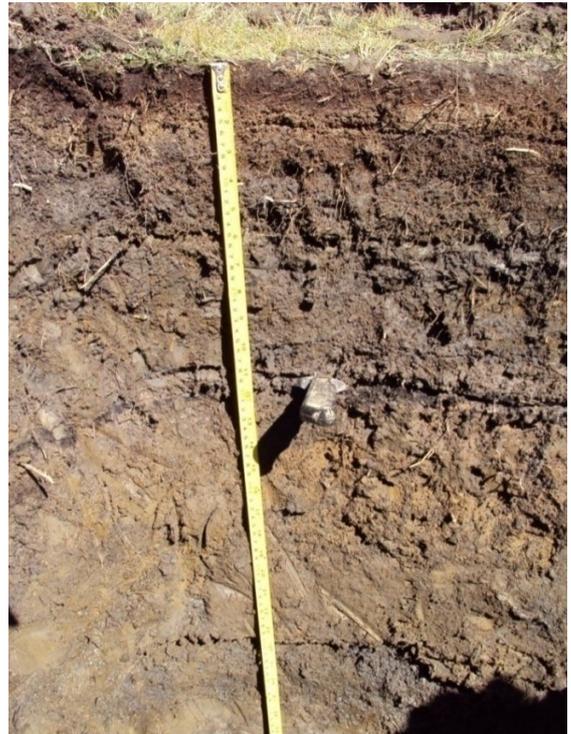
Condiciones de humedad en el perfil: Seco en todo el perfil

Profundidad de la capa freática: No visible

Presencia de piedra en la superficie y afloramiento rocoso: Clase 0, sin presencia de piedras o afloramientos rocosos

Evidencia de erosión: Laminar moderada y eólica

Presencia de sales ó álcalis: Clase 0, sin presencia de sales.



III. Breve descripción del perfil

Horizonte y prof. (cm)

Descripción Morfológica

Horizonte y prof. (cm)	Descripción Morfológica
Ao 0 - 4	Negro (5YR: 2.5/1) en húmedo y negro (10YR: 2/1) en seco.
A ₁ 4 - 15	Café grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2) en húmedo y café grisáceo (2.5Y: 5/2) en seco. Textura franco arenosos; Estructura granular, débil, fino; adherente, ligeramente plástico, muy friable, blando en seco; raíces finas a muy finas; sin presencia de grava, gravilla.
Bg 15 - 29	Marrón grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2) en húmedo y marrón amarillento (2.5Y: 6/3) en seco. Textura franco arcillosos; Estructura granular, moderado, media; adherente, plástico, muy firme en húmedo, duro en seco; porosidad vesicular finos, pocos; raíces muy finas, finas, comunes; limite neto, sin presencia de grava.
Cg ₁ 29 - 61	Marrón oscuro (10YR: 3/3) en húmedo y marrón (10YR: 5/3) en seco. Franco arcillo arenoso; Sin estructura; adherente, muy plástico, firme en húmedo, extremadamente duro en seco; pocos; raíces muy finas, sin presencia de grava.
Cg ₂ 61- 98	Pardo (7.5YR 4/4) en húmedo y pardo claro (7.5YR 3/4) en seco, textura franco limoso; estructura granular, fuerte, media; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo.