

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



TESIS DE GRADO

**DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y CAPACIDAD DE USO DE
LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE POOPÒ
(SECTOR VENTAIMEDIA)**

JULIA SOFIA CHURA CHOQUEVILLCA

La Paz – Bolivia

2010

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

DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y CAPACIDAD DE USO DE
LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE POOPÒ;(SECTOR VENTAIMEDIA)

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

JULIA SOFIA CHURA CHOQUEVILLCA

Tutor (es)

Ing. M. Sc. Dr. Vladimir Orsag Cespedes

Asesor (es)

Ing. Roberto Miranda Casas

Tribunal Examinador:

Ing. Fredy Navia Davalos

Ing. Eliseo Quino Mamani

Ing. Paulino Ruiz Huanca

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

2010

Dedicatoria

A mi querida madre que con su paciencia y amor supo enseñarme a leer y escribir y muchas cosas más que fueron importantes y son importantes en mi vida.....

A mi padre quien siempre me hacia practicar la lectura en voz fuerte desde el 2do. patio de mi casa y me decía “mas fuerte no se escucha” mientras el pasaba con barniz algún mueble. Quien me llevaba siempre a ver jugar al The Strongest y al BOLIVAR los domingos cuando venia a La Paz, donde quiera que estés.....

A Javier el hermano que se preocupaba por que este al día en mis tareas de la escuela con quien jugaba mucho y muchas veces le rogaba para que se quedara con migo a jugar ajedrez hasta que pudiera ganarle, quien me llevaba en su bicicleta a los campos de sandia para recoger los primeros frutos.

A Lice quien admiro por su valentía.

Marcia quien siempre me animo con sus risas de alegría y mucho mas.....

A Pablito quien siempre se mostró solidario conmigo

A esa niña de 5 años de antaño quien jugaba en el patio y trataba de bajar los frutos de los árboles de papaya, plátano, palta, coco y mientras lo hacia no se cansaba de repetir “con palo o sin palo yo alcanzo” y la verdad ahora puedo decir que alcance este primer peldaño en mi vida profesional y espero seguir avanzando mas mientras este aquí todavía viva.

A mis amigos de la carrera de Ingeniería Agronómica quienes siempre se mostraron solidarios y simpáticos conmigo en todo momento en especial a: Lucia Tito P., Sandra Macusaya, Gladys Huari, Lizeth Mita, Nelly Calle, Liliana Jordán A., Ivis L. Limachi, Inés Ticono, Nancy Tarqui, Maria Huanca, Patricia Flor Nina, Aurora Patty.

Karen Diane Choquehuanca (Geografía), Román Ichuta, Néstor Apaza, Andrés Bustamante, Oscar Chambi P. Jesús Velásquez, Ronald A. Veizaga.

Amigos y Compañeros del Proyecto Economía Ambiental Alina Manríquez C. Emma Sonco S. Gonzalo Mamani P., Gerson Espejo F. Santiago Balboa, Daniel Marca, Juan Chapi, Marco Arévalo y su esposa Elizabeth.

Amigos y compañeros del Proyecto Caminar Liliana Flores B., Patricia, Efraín, Mac giver, Israel Quino, Estanislao Tumiri, Lourdes J. Chambi.

Con quienes compartí momentos gratos y tristes de mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Señor es a ti a quien agradezco por haberme permitido terminar el presente estudio, y haberme rodeado de gente conocedora de la investigación como:

El Dr. Vladimir Orsag Céspedes, quien me dio la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, quien siempre supo manejar las situaciones complicadas que se presentaron en el trayecto de la realización de esta investigación. Además de las brillantes ideas que sugirió para la realización del mismo junto al Ing. Roberto Miranda.

Así mismo agradezco a:

Proyecto Economía Ambiental- UMSA- ASDI/ SAREC por el respaldo financiero, profesional que en coordinación con : Instituto de Investigaciones Económicas, Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales y Agropecuarios, Instituto de Investigaciones Sanitaria , Instituto de Investigaciones de Arquitectura y Pos-grado fueron los que impulsaron la realización del presente documento.

Especialmente al Ing. Edwin Astorga, Arq. Gastón Gallardo, Lic. Vladimir Gutiérrez, Lic. Eloy Arandía que junto al Dr. Orsag e Ing. Agr. Roberto Miranda quienes siempre se mostraron solícitos para salidas a campo como responsables en cada viaje.

Proyecto CAMINAR – UMSA de la Carrera de ciencias puras “QUIMICA” por permitirme hacer uso de los equipos y metodologías para análisis de muestras de suelos que se requirió en su momento.

Agradezco al Lic. Jorge Quintanilla y a todo su equipo conformado por los Lic. Amalia Niura, Oswaldo Ramos, Mauricio Ormachea, Elvira Quisberth, quienes en su momento se mostraron solícitos en colaborarme.

Laboratorio del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, a cargo del Lic. Jorge Chungara y todo su equipo de analistas quienes me permitieron ser participe junto a ellos de los análisis de las propiedades químicas y otros en muestras de suelos del presente trabajo.

Agradezco al honorable alcalde del Municipio de Poopó Ing. Agr. Nicanor López y Subalcalde de Ventaimedia Sr. Valentín Choquecallata quienes colaboraron de forma diplomática para el desarrollo de todas las actividades de campo en la recolección de datos.

Agradezco a mis profesores del colegio “Liceo Republica de Francia” quienes me animaron y me inspiraron a seguir estudiando en su debido momento profesora Gladys Rúa, Constantina de Murillo, Basilio Poma, Olga Lima, amigas de colegio hermanas Cinthya y Maricel Carrión Ramos, Tania Rojas H., Carla Aliaga C., Paola López, Vilma Lero C.

RESUMEN

El presente estudio se lo realizó en el Municipio de Poopó, Sector Ventaimedia de la Provincia Poopó del departamento de Oruro.

Donde las condiciones climáticas adversas (sequías, heladas, granizadas) durante el periodo de crecimiento de las plantas, hacen que la agricultura sea muy riesgosa y de baja producción. Siendo esta una de las razones principales para que la ganadería en mucho de los casos se convierta en una actividad más apropiada para el área de estudio.

Para ello se realizó la estimación en cuanto a cantidad y calidad existente de estas especies forrajeras que conforman las diferentes asociaciones vegetales presentes y que otorgan información para definir el potencial ganadero de cada comunidad vegetal sin llegar a causar problemas de deterioro de la superficie del suelo mediante su evaluación y caracterización.

También se evaluó y caracterizó los diferentes tipos de suelo presentes en el área de estudio para definir su capacidad de uso, considerando la vegetación, uso actual, fisiografía, material parental, disponibilidad de agua con la finalidad de lograr un mejor aprovechamiento de este recurso y otros como el agua que están siendo influenciados por la actividad minera y así definir zonas potenciales a contaminación.

Con el fin de optimizar el estudio planteado se hizo uso de la aplicación de herramientas de trabajo como la teledetección y sistemas de información geográfica. Además de la utilización de metodologías para el análisis de las diferentes muestras tomadas en cuenta para cada recurso natural.

Se determinaron ocho asociaciones vegetales además de áreas desprovistas de cobertura vegetal.

De las asociaciones determinadas las más sobresalientes se caracterizan por su composición florística, cobertura vegetal, producción de fitomasa, capacidad de carga, soportabilidad de pradera. Además de las características de formación edafológicas que cada una presenta dando lugar a la ocurrencia de manantiales de agua en algunos permanentes en todo el año y otros solo en algunas épocas del año.

Pero también existen otras comunidades vegetales que pese a presentar características organolépticas palatables solo en algunos periodos del año, presentan características edafológicas buenas para recarga de acuíferos que existen en el área de estudio.

La capacidad de carga es mayor en algunas asociaciones vegetales pero esta definida por la extensión de cada una de ellas para otorgar mayor soportabilidad. Considerando el numero de animales que se puede mantener en cada asociación vegetal se podrían prevenir problemas de sobre pastoreo, compactación del suelo, perdida de cobertura vegetal.

La Capacidad de uso del suelo según la clasificación del USDA para el área de estudio es de II y III en valles de fondo, V valles colgantes, IV y VI en pie de monte, VIII en cimas empinadas con las consideraciones correspondientes que se describen en el presente documento.

La presencia de elementos que son tóxicos en elevadas concentraciones que afectan la productividad del suelo y atañan las de otros recursos como el agua (superficial y subterránea), vegetación. Son tomados en cuenta pues ponen en riesgo a la actividad ganadera que se desarrolla en el lugar e involucran la salud de la población local.

De los elementos que se analizaron As, Pb, Cu, Cd, Fe en las diferentes unidades de suelo que comprenden a cada asociación vegetal no se encontraron concentraciones por encima de los rangos permisibles con los que se trabajo.

Lo que indica que los suelos donde se desarrollan las comunidades vegetales en su plenitud son de buena calidad desde ese punto de vista.

Por lo que también se debe considerar que como el sitio de estudio es una micro cuenca conformada tanto por afluentes superficiales y subterráneos se debe tomar en cuenta que la concentración de As >0.01 mg/l en el agua superficial y subterránea depende de la posición de la misma en las geoformas y de condiciones locales (donde se desarrolla la actividad minera), por ello como se han muestreado suelos en todas las geoformas llegando a determinar fuentes potenciales de contaminación que presenta el lugar de estudio el trabajo se halla bien orientado. Entonces lo que resta decir es que la actividad minera es una actividad a monitorear en el tiempo para controlar estos afluentes.

CONTENIDO GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Clima.....	3
2.3. Importancia del Estudio de praderas nativas.....	3
2.3.1. Campos Nativos de Pastoreo (CANAPAS).....	4
2.3.2. Tipos de Campos Nativos de Pastoreo	5
2.3.3. Principales factores que limitan el valor nutritivo de los forrajes.....	7
2.4. Evaluación de los Pastizales.....	8
2.4.1. Mediciones Cualitativas.....	8
2.4.2. Mediciones Cuantitativas.....	9
2.4.1.1. Composición Florística.....	9
2.4.1.2. Frecuencia de la especie vegetal.....	9
2.4.1.3. Cobertura vegetal.....	9
2.3.3. Métodos de de medición cuantitativa.....	10
2.4.2.1. Cuadrado.....	10
2.4.2.2. Transección al paso.....	10
2.4.2.3. Rendimiento de Fitomasa.....	10
2.4.2.4. Análisis Dimensional.....	11
2.4.2.5. Método de Referencia.....	12
2.4.3. Soportabilidad de la pradera.....	12
2.4.3.1. Capacidad de Carga.....	12
2.4.3.2. Unidad animal (U.A.).....	13
2.4.3.3. Carga Animal.....	14
2.4.3.4. Requerimiento de consumo por especie animal.....	14
2.4.4. Importancia del suelo.....	14
2.4.4.1. Los suelos del Altiplano Central.....	14
2.4.4.2. Uso Actual del Suelo.....	15
2.4.4.3. Capacidad de Uso de Suelo.....	16
2.4.5. FISIOGRAFIA.....	17
2.4.6. Teledetección.....	18
2.4.6.1. Aplicación de la Teledetección y sus Ventajas.....	18
2.4.6.2. Energía Electromagnética.....	19
2.4.6.3. Espectro de Energía Electromagnética.....	19
2.4.6.4. Comportamiento espectral para el caso de los tres elementos.....	21
2.4.7. Imagen multiespectral.....	22
2.4.7.2. Importancia de los programas espaciales que se emplean para los Recursos naturales.....	23
2.4.8. Sistemas de Información Geográfica.....	23
2.4.9. Mapa.....	24
III. LOCALIZACIÓN.....	26
3.1. Ubicación geográfica.....	26
3.2. Ecología.....	27
3.3. Clima.....	27

IV. MATERIALES Y METODOS.....	29
4.1. Materiales.....	29
4.1.1. Material de gabinete.....	29
4.1.2. Material de campo.....	29
4.1.3. Material de laboratorio.....	29
4.1.4. Material reactivo.....	29
4.2. Métodos.....	30
4.2.1. Tipo de investigación.....	30
4.2.2. Diseño.....	31
4.3. Identificación de las unidades de fisiografía.....	31
4.4. Determinación de las asociaciones vegetales.....	32
4.4.1. Cobertura Vegetal.....	34
4.4.2. Cuantificación de la producción de fitomasa en las asociaciones Vegetales.....	34
4.5. Potencial ganadero de cada asociación vegetal.....	36
4.6. Capacidad de uso de suelo.....	38
4.6.1. Descripción de suelo.....	39
4.6.2. Propiedades químicas.....	39
4.6.3. Propiedades físicas.....	40
4.7. Contaminación de suelos.....	40
4.7.1. Identificación de fuentes potenciales de contaminación minera.....	40
4.7.2. Determinación de áreas críticas por la actividad minera.....	40
4.7.3. Determinación de metales pesados.....	41
4.8. Variables respuesta.....	41
V. RESULTADOS.....	45
5.1. Determinación de asociaciones vegetales.....	45
5.2. Descripción de las principales asociaciones vegetales.....	47
5.2.1.1. Asociación vegetal kayllar pajonal.....	47
5.2.1.2. Asociación vegetal pajonal de lchu.....	53
5.2.1.3. Asociación vegetal pajonal de lru ichu.....	60
5.2.1.4. Asociación Vegetal Arbustal de Añahuya.....	68
5.2.1.5. Asociación vegetal pajonal tholar.....	74
5.2.1.6. Asociación vegetal Tholar pajonal.....	80
5.2.1.7. Asociación pajonal de Crespillo e lru ichu.....	86
5.2.1.8. Asociación vegetal Chilliwar gramadal.....	92
5.3. Determinación de Capacidad de uso de suelo.....	99
5.3.1. Descripción fisiográfica del área de estudio.....	99
5.3.1. Unidad fisiográfica, Serranía alta con disección fuerte a moderada.....	103
5.3.1.1. Sub – unidad fisiográfica , Cimas empinadas.....	104
5.3.2. Unidad fisiográfica, Serranía media con disecciones moderadas a leves.....	105
5.3.2.1. Cimas convexas.....	105
5.3.2.2. Cimas con disección moderada a leve.....	106
5.3.2.3. Valles Colgantes.....	106
5.3.2.4. Pie de monte.....	107
5.3.2.5. Fondo de valle.....	108
5.3.2.6. Abanicos aluviales.....	109
5.4. Descripción edafológica de las asociaciones vegetales sector Ventaimedia, parte oeste, Serranía.....	110
5.4.1. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Kayllar pajonal de Festuca orthophylla.....	110

5.4.2. Descripción de suelo de la asociación vegetal Pajonal de Stipa ichu.....	116
5.4.3. Descripción de suelo de la asociación vegetal Pajonal de Festuca orthophylla	123
5.4.4. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Pajonal Tholar Kayllar.....	128
5.4.5. Descripción de suelo de la asociación Arbustal de Añahuaya.....	133
5.4.6. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Tholar Pajonal Kayllar.....	138
5.4.7. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Pajonal de Calamagrostis...	142
5.4.8. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Chilliwara gramadal.....	147
5.5. Identificación de zonas afectadas por contaminación.....	154
5.4.1. Descripción de las minas en funcionamiento en el área de estudio.....	154
5.4.1.1. Consolidación Minera Frontalilla – Mina Challa Apacheta.....	157
5.4.1.2. Mina Villa Esperanza.....	157
5.4.2. Identificación de minas abandonadas.....	158
5.4.2.1. Mina Machaca marquita.....	158
5.4.2.2. Mina Molle Puncu:.....	159
5.4.3. Evaluación del contenido de metales pesados en suelos del área de estudio.....	163
5.4.3.1. Cu, Pb, As, Cd, en los suelos de las asociaciones vegetales.....	164
VI. CONCLUSIONES.....	171
RECOMENDACIONES	175
VII. BIBLIOGRAFIA.....	177

INDICE DE MAPAS

Mapa N°1	Localización del área de estudio.....	26
Mapa N°2	Unidades de Vegetación determinadas para Noviembre 2002.....	32
Mapa N°3	Principales asociaciones vegetales, sector Ventaimedia (Municipio de Poopó)	46
Mapa N°4	Potencial ganadero del área de estudio.....	46
Mapa N°5	Fisiografía; Sector Ventaimedia, Municipio de Poopo.....	101
Mapa N°6	Geología del Municipio de Poopó, Sector Ventaimedia.....	102
Mapa N°7	Uso actual del suelo Sector ventaimedia (Municipio de Poopó).....	152
Mapa N°8	Capacidad de uso de suelo Sector Ventaimedia, (Municipio de Poopó).....	153
Mapa N°9	Fuentes Potenciales de contaminación, Sector Ventaimedia (Municipio de Poopó).....	161
Mapa N°10	Zonas Potenciales a Contaminación, Sector ventaimedia (Municipio de Poopó).....	168

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Características de la imagen satélite, con la que se trabajo (Curso de SIG ,2005).....	32
Cuadro 2.	Asociaciones vegetales identificadas, Sector Ventaimedia (2008).....	45
Cuadro 3.	Fisiografía, sector ventaimedia, (Municipio de Poopó).....	100
Cuadro 4.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Kayllar Pajonal.....	112
Cuadro 5.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Kayllar Pajonal.....	112
Cuadro 6.	Descripción de propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Stipa ichu.....	117
Cuadro 7.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Stipa ichu.....	117
Cuadro 8.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Pajonal de Iru ichu.....	124
Cuadro 9.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Pajonal de Iru ichu.....	124
Cuadro10.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Pajonal Tholar Kayllar.....	129
Cuadro11.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Pajonal Tholar Kayllar.....	129
Cuadro12.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Arbustal de Añahuaya.....	134
Cuadro13.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Arbustal de Añahuaya.....	134
Cuadro14.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Tholar Pajonal Kayllar.....	139
Cuadro15.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Tholar Pajonal Kayllar.....	139
Cuadro16.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Pajonal De Calamagrostis sp.....	143
Cuadro17.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Pajonal De Calamagrostis sp.....	143
Cuadro18.	Descripción de las propiedades físicas del suelo, unidad vegetal Chilliar Gramadal.....	148
Cuadro19.	Descripción de las propiedades químicas del suelo, unidad vegetal Chilliar Gramadal.....	148
Cuadro 20.	Límites Permisibles Para la Determinación de Metales.....	162
Cuadro 21.	Metales pesados en el (Municipio de Poopó); Serranía.....	163
Cuadro 22.	Resumen de Zonas Potenciales a contaminación.....	166

NDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Frecuencia de las especies vegetales que comprenden la asociación vegetal Kayllar pajonal.....	48
Grafico 2. Cobertura vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Kayllar Pajonal	49
Grafico 3. Producción de Fitomasa en época seca y húmeda, Asociación vegetal Kayllar Pajonal.....	49
Grafico 4. Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido para la asociación vegetal Kayllar Pajonal.....	50
Grafico 6. Soportabilidad (Carga animal) de la asociación vegetal Kayllar Pajonal.....	52
Grafico 7. Frecuencia de las especies vegetales que componen la asociación vegetal Pajonal de Ichu en época seca y húmeda.....	54
Grafico 8. Cobertura vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Ichu.....	54
Grafico 9. Producción de Fitomasa en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Ichu.....	55
Grafico 10. Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Pajonal de Ichu.....	56
Grafico 11. Soportabilidad (Carga animal) de Asociación vegetal Pajonal de Ichu.....	58
Grafico 13. Frecuencia de las especies vegetales que comprenden la Asociación vegetal Pajonal de Hiru ichu.....	62
Grafico 14. Cobertura vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de.. Hiru ichu.....	62
Grafico 15. Producción de Fitomasa vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Hiru ichu.....	62
Grafico 16. Capacidad de carga en época húmeda y época seca para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Pajonal de Hiru ichu.....	63
Grafico 17. Soportabilidad (Carga animal) de la asociación vegetal Pajonal de Hiru ichu	64
Grafico 18. Frecuencia de las especies vegetales en época seca y húmeda que componen la asociación vegetal Arbustal de Añahuaya.....	66
Grafico 19. Cobertura vegetal en época húmeda y seca, Asociación vegetal arbustal de Añahuaya.....	69
Grafico 20. Producción de Fitomasa en época seca y húmeda; Asociación vegetal Arbustal de Añahuaya.	70
Grafico 21. Capacidad de carga en época húmeda y seca para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Arbustal de Añahuaya.....	70
Grafico 22. Soportabilidad (Carga animal) en época seca y húmeda; Asociación vegetal Arbustal de Añahuaya.....	71
Grafico 23. Frecuencia de las especies vegetales que componen la asociación vegetal Pajonal Tholar en época seca y húmeda.....	73
Grafico 24. Cobertura vegetal en época seca y húmeda; Asociación vegetal Pajonal Tholar	74
Grafico 25. Producción de Fitomasa vegetal en época seca y húmeda; Asociación vegetal Pajonal Tholar.....	75
Grafico 26. Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Pajonal Tholar	76
Grafico 27. Soportabilidad (Carga animal) de la Asociación vegetal Pajonal tholar en época seca y húmeda.....	77
Grafico 28. Frecuencia de las especies vegetales que componen la asociación vegetal Tholar pajonal en época seca y húmeda.....	78
Grafico 29. Cobertura vegetal en época seca y húmeda; asociación vegetal Tholar pajonal	80
Grafico 30. Producción de fitomasa vegetal en época seca y húmeda; Asociación vegetal Tholar Pajonal.....	80
Grafico 31. Capacidad de carga en época seca y húmeda; asociación vegetal Tholar Pajonal	

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 1. Determinación de las asociaciones más sobresalientes por su relevancia.....	33
Foto 2. Método transecto por punto o método de punta de pie.....	34
Foto 3. Método de cuadrante.....	35
Foto 4. Kayllar pajonal en época seca.....	47
Foto 5. Tetraglochin cristatum en época seca.....	47
Foto 6. Asociación vegetal Pajonal de Stipa ichu.....	53
Foto 7. Cobertura vegetal en época seca (Pajonal de Hiru ichu).....	60
Foto 8. Cobertura vegetal en época húmeda (Pajonal de hiru ichu).....	60
Foto 9. Azorella diapezoides (Yareta).....	60
Foto 10. Arbustal de Añahuaya en serranía media.....	68
Foto 11. Arbusto de Añahuaya en época seca.....	68
Foto 12. Asociación vegetal Pajonal Tholar (Valle de fondo).....	74
Foto 13. Asociación vegetal Tholar Pajonal Kayllar.....	80
Foto 14. Pajonal de Festuca orthopylla y Calamagrostis sp.....	86
Foto 15. Pajonal chilliwar, época seca.....	92
Foto 16. Pajonal chilliwar en época húmeda.....	92
Foto 17. Ganado camélido, pajonal chilliwar en época húmeda.....	96
Foto 18. Ganado bovino pastando en Pajonal chilliwar en época seca.....	96
Foto 19. Serranía, sector Ventaimedia.....	103
Foto 20. Serranía, disección moderada a fuerte.....	103
Foto 21. Serranía, cimas empinadas.....	104
Foto 22. Serranía media, disección moderada.....	105
Foto 23. Cima convexa, disección leve.....	105
Foto 24. Cimas con disección moderada a leve.....	106
Foto 25. Valles colgantes.....	106
Foto 26. Sub- unidad pie de monte.....	107
Foto 27. Cultivo de papa en pie de monte.....	107
Foto 28. Fondo de valle.....	108
Foto 29. Abanico aluvial.....	109
Foto 30. Caracterización del suelo serranía media tipo cima convexa.....	111
Foto 31. Caracterización del suelo en cima empinada.....	111
Foto 32. Caracterización de suelo en valle de fondo (Asociación vegetal Stipa ichu).....	116
Foto 33. Caracterización del suelo en la sub- unidad pie de monte (Asociación vegetal de Stipa ichu).....	116
Foto 34. Caracterización del suelo en cima empinada (Pajonal de Festuca orthopylla).....	127
Foto 35. Caracterización del suelo en pie de monte (Pajonal de Festuca orthopylla).....	127
Foto 36. Caracterización del suelo en Pajonal Tholar Kayllar.....	128
Foto 37. Arbustal de añahuaya en pie de monte(ganado ovino).....	133
Foto 38. Suelos superficiales en cimas convexas.....	133
Foto 39. Perfil del suelo en Arbustal de añahuaya.....	137
Foto 40. Caracterización del suelo pie de monte, asociación vegetal Tholar Pajonal Kayllar....	138
Foto 41. Vista de perfiles de suelo en la unidad fisiográfica valles colgantes.....	143
Foto 42. Presencia de una capa dura de arcilla en el perfil del suelo.....	148
Foto 43. Forma libre de cómo efluye el agua subterránea	148
Foto 44. Perfil de la vegetación (Pajonal chilliwar), perfil del suelo, y presencia de bolsones De agua subterránea.....	151
Foto 45. Descarga de residuos líquidos de bocamina en funcionamiento, Serranía alta.....	151
Foto 46. Descarga de residuos sólidos (Serranía alta).....	160
Foto 47. Áreas agrícolas donde se practica riego superficial con agua proveniente del río principal de la micro cuenca (serranía alta).....	160
Foto 48. Poblaciones pertenecientes a la serranía media baja afectadas por el agua acida.....	167
Foto 49. Ganado ovino consumiendo agua de dudosa (puente Playa verde).....	167

I. INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas adversas que afectan el altiplano Central (sequías, heladas, granizadas) durante el periodo de crecimiento de las plantas, hacen que la agricultura sea muy riesgosa y de baja producción. Siendo esta una de las razones principales para que la ganadería, en mucho de los casos, se convierta en una actividad más apropiada en la región altiplánica.

La producción ganadera en el altiplano tiene como principal fuente de alimentación a plantas forrajeras nativas que provienen de campos naturales de pastoreo (CANAPAS). Sin embargo, se hace necesario conocer la riqueza en cuanto a especies forrajeras con las que se cuenta en el lugar, así como también el potencial que tienen en el uso de pastoreo de ganado para no reducir la cobertura vegetal que a la larga puede llevar a problemas de erosión del suelo.

La cantidad y calidad existente de especies forrajeras que conforman la cobertura vegetal de la región pueden otorgar información para la alimentación del ganado familiar sin llegar a causar problemas de sobre pastoreo que deteriora la superficie del suelo y así lograr un mejor aprovechamiento de este recurso que esta influenciado por la actividad minera.

1.1 Justificación

En el área de estudio correspondiente a la serranía sector Ventaimedia del municipio de Poopó, donde se practica una minería extensiva y los factores climáticos no son favorables se constituyen en causas que originan problemas ambientales que afectan considerablemente en la modificación original de los recursos naturales como el suelo, vegetación y por consiguiente agua.

Para ello se plantea una evaluación y caracterización del suelo y la cobertura vegetal, que permita sugerir un manejo adecuado de estos recursos, y de otros como

el agua que se encuentran involucrados para que sean aprovechados tomando en cuenta la condición minera del lugar.

Conocer el estado de los suelos y las praderas son requisitos para proponer planes de manejo de estos recursos y es determinante para otros como el recurso agua; de tal manera que sean sostenibles en el tiempo.

Para optimizar la evaluación de la vegetación y el suelo, hoy en día se cuenta con la aplicación de herramientas de trabajo como la teledetección y sistemas de información geográfica.

Por todo lo planteado anteriormente en el presente trabajo los objetivos que se pretende alcanzar son los siguientes:

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinar la cobertura vegetal y la capacidad de uso del suelo del municipio de Poopó, (Sector Ventaimedia).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar y evaluar la cobertura vegetal y la producción de Fitomasa en el área de estudio.
- Determinar el potencial ganadero de la zona
- Evaluar los suelos de las principales unidades de paisaje
- Caracterizar los suelos del área de acuerdo a su Capacidad de Uso
- Identificar las zonas afectadas por contaminación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cobertura vegetal

Bocco et al (1999), indica que la cobertura vegetal está en proceso de cambio, y que el mismo se debe al uso de la tierra generalmente por la degradación del terreno y la intensificación del mismo; una forma de evaluación de estos cambios de uso de la tierra es a partir de los cambios en la cobertura vegetal y no en el vegetal mismo, y se realiza por percepción remota cartografía temática de cobertura.

2.2. Importancia del Estudio de las praderas nativas

Alzerreca (1990), menciona que las praderas nativas son denominadas también campos naturales de pastoreo, ya que el 95% de los forrajes consumidos por los animales en el altiplano provienen de estos y solamente el 5% de la producción forrajera.

El mismo autor afirma que la cobertura vegetal forrajera cuando esta bien manejado, contribuye a la protección del suelo contra la erosión en todas sus formas, atenúa el impacto de gotas de lluvia torrencial, facilita el mantenimiento y retención del agua en el suelo, coloniza y estabiliza áreas disturbadas, sirve de protección a la fauna silvestre.

Los bovinos, ovinos y camélidos, son los principales consumidores de la pradera natural en el altiplano, siendo esta su única fuente de alimentación. Por otra parte, el deficiente manejo de las praderas y el sobrepastoreo que se da en algunas regiones del altiplano, encubre el potencial natural de producción de la pradera.

Alzerreca (1988), menciona que la ecorregión de Puna semiárida y árida (Altiplano central y Sur, presenta comunidades vegetales con diferentes potenciales

productivos, los que decrecen de norte a sur, paralelamente a la precipitación pluvial.

La condición de la pradera nativa es en general mala, existiendo una tendencia hacia la degradación, este hecho se atribuye principalmente a factores como crecimiento demográfico, tenencia de la tierra, tala, quema, aspectos climáticos y de manejo, como indica Alzerraca (1986), mencionado por ABOPA(1990).

Según Paladines (1992), la cuantificación y evaluación de Pastizales, *“es la planificación clásica para la planificación de la alimentación de un rebaño y fundamental para establecer la convivencia de cualquier mejora tecnológica”*.

2.2.1. Campos Nativos de Pastoreo (CANAPAS)

Alzerraca (2004), define que: *“los campos naturales de pastoreo son tierras no cultivadas (suelos superficiales, baja fertilidad, baja precipitación, topografía quebrada, bajas temperaturas, inundables, etc.”* Al mismo tiempo menciona que son áreas con diferente tipo de vegetación parte de la cual es forrajera y es utilizada por animales rumiantes domésticos y silvestres, para su alimentación.

Son tierras donde la vegetación nativa consiste principalmente de gramínea y hierbas y arbustos que son de uso exclusivo para el pastoreo de ganado. Las CANAPAS comprenden tierras cuya vegetación ha sido regenerado en forma natural o artificial y que proporcionan una cubierta que se asemeja como vegetación nativa. (Society For Range Management 1974, citado por Alzerraca (1986).

Huss et al (1986), menciona que las praderas nativas, son tierras que están constituidas por gramíneas con sistema radicular profundo para soportar largos periodos de sequía. Para denominarlas se utiliza una variedad de términos como: pradera nativa, pradera natural, pastizal natural, entre otros.

2.2.2. Tipos de Campos Nativos de Pastoreo

Alzerreca (1992), indica que las características de vegetación, hidrología, topografía, clima y suelos de la zona andina, han determinado la evolución de varias grandes unidades ecológicas a su vez diferentes tipos de praderas o también denominadas asociaciones vegetales que localmente son llamadas CANAPAS entre los cuales tenemos:

Pradera tipo tholar, Genin y Alzerreca (1995) describen que en praderas tholar y tholar pajonal que cubren extensas áreas del altiplano de Bolivia, la especie dominante es el arbusto de la familia compuesta *Parastrephia lepidophylla*. En manejo de praderas este arbusto provee lugares de protección a especies forrajeras cortas que encuentran como ultimo refugio a los tallos y follaje de la thola.

Los estudios realizados por Alzerraca y Lara (1989), muestran a la thola, asociada con otras especies de los géneros *Baccharis*, *Chuquiraga*, *Adesmia*, *Senecio*, *Tetraglochin*, *Faviana*, etc. También con géneros gramínoideas que se encuentran a menudo como *Stipa*, *Festuca*, *Bromus*, *Poa*, *Calamagrostis*, *distichlis*, etc. Constituyéndose el tholar en un importante recurso forrajero.

Cabrera (1978) y Reynol (1988); citados por Pérez (1994), señalan que la thola es un arbusto erecto, resinoso, de 1 a 1.5 m de altura, leñoso y distinguible por sus hoja pequeñas y escamosas, carnosas, adosadas al tallo o muy apretadas contra las ramitas.

Pradera Pajonal de Hiru ichu, Alzerraca (1987), describe los pajonales de Hiru ichu como praderas dominadas por *Festuca orthophylla*, pasto macollador, tufoso, de hojas involutas y duras. Son gramíneas de escaso valor forrajero para ovinos, e importantes para llamas y bovinos.

Genin Alzerreca (1995), explican que los suelos de las praderas de tipo pajonal, son pobres en contenido de materia orgánica, sueltos con alto contenido de arena, los pajonales son frecuentemente quemados para inducir el rebrote de las plantas para su posterior pastoreo. Entre otras especies en este tipo de praderas, se tienen a: *Bouteloua simplex* “llapa”, *Mulenbergia peruviana* “Orko llapa”, *Poa candamona* “Khunchu”, *Nototriche flavellata* “K’ora” y en menores cantidades *Stipa* y *Calamagrostis*.

Bofedales, llamados también turberas vegas andinas y oconales, son praderas nativas poco extensas y de elevado potencial productivo, localizado en suelos hidromorfos húmedos o empapados donde se maximiza la utilización del agua. La producción forrajera es continua, manteniendo una carga animal apreciable.

Las especies representativas son: *Distichia* y *Plantago*, que forman un tapiz de algunos centímetros de altura, asociadas con otras especies monocotiledóneas de los géneros *Carex*, *Calamagrostis*, *Gentiana*, *Werneria*, *Lachemilla*, etc. Alzerraca (1992).

Gramadales, Caracterizada por la composición florística particular de gramíneas bajas, estoloníferas de las especies *Distichlis humilis* “chiji blanco” y *Mulhenbergia fastigiata* “chiji negro”, además de *Frankenia*, *Senecio*, *Salicornia*, y otros (Lara 1985), forman extensas praderas sobre suelos sedimentarios o lechos lacustres antiguos, constituyendo un recurso forrajero importante para la ganadería ovina.

Pajonales de “Ichu”, caracterizada por la presencia de *stipa ichu* “ichu”, gramínea erecta de hojas duras de valor forrajero bajo, resistente a la quema, invade rápidamente áreas agrícolas y de pastos introducidos, consumida preferentemente en estado tierno y en cualquier estado en época de crisis de forrajes, como son las sequías.

Otras plantas mas frecuentes en este tipo de pastizales son las anuales: *Tajetes*, *Bouteloua* y *Muhlenbergia*; geranaceas como el *Geranium sessiliflorum*, *Erodium sicutarium* “alfilerillo”, *Bidens andicola*, *Hypochoeris teraxacoides*, la gramínea artística

aplundii, etc. En áreas degradadas de este tipo de pradera son frecuentes los arbustos *Tetraglochin cristatum* "Canlli", *Adesmia sp.* Y *Astrágalos garbancillo*, esta última planta tóxica, la que se atribuye a la acumulación de selenio en los tejidos.

2.2.3. Principales factores que limitan el valor nutritivo de los forrajes

Las especies vegetales, presentan una serie de limitaciones para su uso eficiente como recursos alimenticios y, estas se acentúan en los forrajes fibrosos.

El valor alimenticio está limitado por la baja densidad, deficiencia de nitrógeno, como deficiencia de minerales y vitaminas, posible presencia de compuestos tóxicos, alto contenido de fibra, alto grado de lignificación o silisificación, lenta tasa de fermentación, baja digestibilidad y por consiguiente bajo consumo voluntario, de acuerdo a los reportes de literatura de Anderson et al. (1978); citados por Escobar y Parra (1980).

Stuar (1977); citado por Montes (1981), señala que las causas de bajo valor nutritivo de los forrajes toscos son tres: El grado de Lignificación que aumenta con la madurez de la planta. La baja digestibilidad del material ingerido, sumado a su alta resistencia mecánica que aumenta el contenido ruminal y reduce drásticamente el consumo voluntario y, la fermentación ruminal de estos materiales produce una elevada proporción de ácido acético que se utiliza con una baja eficiencia en los procesos fisiológicos.

También, Jones y Handreck (1965); citados por Montes (1981), manifiestan que la sílice en plantas ha sido considerada como un factor al igual que la lignina que limita la digestibilidad de los constituyentes orgánicos estructurales, ya que se deposita en las paredes celulares. El sílice es completamente indigestible, por lo que es posible recuperar el sílice en las heces la totalidad del sílice ingerido.

2.3. Evaluación de los Pastizales

Indican que la vegetación puede ser medida cualitativa o cuantitativamente. Un trabajo encarado a describir la productividad natural de un ecosistema debe recurrir al aporte de ambos tipos de mediciones Alzerraca (1992).

2.3.1. Mediciones Cualitativas.

Son mediciones rápidas, de bajo costo y pueden ser muy descriptivas. Se basan principalmente en observaciones oculares, por lo que deben ser realizadas por observadores experimentados. (Alzerraca et al 1992)

Dos medidas importantes que pueden determinarse mediante observaciones visuales son la condición del pastizal y su tendencia, como el grado de utilización (Huss1986). La técnica requiere fijar unidades de medida de referencia y tablas de apreciación que provienen de censos vegetales dirigidas por expertos.

2.3.2. Mediciones Cuantitativas

(Flores y Bryant, et al 1989), mencionado por Mendoza (2003). Indican que las medidas cuantitativas requieren mayor cantidad de tiempo, son costosas y en ocasiones son difíciles de realizar; a pesar de estas desventajas, son las medidas más deseables, debido a que se evitan los prejuicios personales y los datos pueden ser analizados estacionalmente en este caso se registran parámetros que dan una idea relativa de las especies que forman una pradera.

(Huss et al 1986) enuncia concepto de los parámetros: Frecuencia, Densidad, Cobertura y peso, los que se reproducen textualmente por ser las medidas básicas para establecer relaciones cuantitativas más complejas.

2.3.2.1. Composición Florística

Huss (1996), define la composición florística como la cantidad relativa de diferentes especies de plantas presentes; el porcentaje de composición puede ser basado en frecuencias, coberturas, densidades o peso.

2.3.2.2. Frecuencia de la especie vegetal

Frecuencia se refiere a cuantas veces aparece una especie en los relevamientos. Puede ser expresado en números enteros o en porcentaje (Morales ,1988).

2.3.2.3. Cobertura vegetal

Huss et al. (1996), indica que la cobertura habla del tamaño, volumen ocupado o superficie del suelo cubierto por una especie. Es la proyección vertical de la proporción aérea de la planta sobre la superficie del suelo y se expresa en porcentaje de dicha proyección. Para tener una idea cuantitativa numéricamente comparativa del parámetro cobertura, su valor se puede estratificar en una escala numérica y de magnitudes como la siguiente:

1. Cobertura menor que 5% de la superficie del suelo
2. Cobertura entre 5 y 25% de la superficie del suelo
3. Cobertura entre 25 y 50% de la superficie del suelo
4. Cobertura entre 50 y 75% de la superficie del suelo
5. Cobertura entre 75 y 100% de la superficie del suelo

2.3.3. Métodos de medición cuantitativa

2.3.3.1. Cuadrado

Como regla general, el cuadrado de un metro o sus submúltiplos, son instrumentos de medición que permite cuantificar todo los parámetros: Frecuencia, densidad, cobertura y producción. Los cuadros mas pequeños están sujetos a menos errores y permiten tomar un mayor numero de muestras en menor tiempo, y su distribución puede ser al azar o predeterminada. (Huss et, al 1986).

2.3.3.2. Transección al paso

Permite registrar la cobertura vegetal, mantillo, musgo o pavimento de erosión. Estas observaciones se realizan por señalamiento con un anillo censador de un diámetro de cinco pulgadas (Flores et, al 1995).

2.3.3.3. Rendimiento de Fitomasa

Bustinza (2001), expresa que el rendimiento de fitomasa aérea de vegetación, la parte que el animal consume como alimento varia bastante dependiendo fundamentalmente de los factores de ubicación, tipo de vegetación, el grado de pastoreo, etc. El pajonal tiene una fitomasa considerable, aunque menor en puna seca, pero mucho más alto es la cantidad de fitomasa del tholar. La fitomasa que produce los bofedales es, en cantidades considerables tanto en puna seca como en húmeda; siendo en menor cantidad la fitomasa producida por el césped de puna, y mucho menor en el caso de la cordillera seca.

(Flores y Malpartida et al 1987) El peso del forraje se mide en kg por unidad de superficie. Así un pastizal produce o ha producido 1.000 kilogramos por hectárea se expresa: 1.000kg /ha

Este peso puede referirse a:

PESO FRESCO: Es decir el peso que resulta de la planta recién cortada .

PESO SECO AL AIRE: Es el peso que resulta de la planta secada a la sombra al aire, o en horno secador a 60°C; este forraje contiene alrededor de 10 a 12 % de humedad.

PESO SECO AL HORNO: Es el peso de la planta luego de haber sido secada en horno secador a 100 – 105°C hasta obtener un peso constante.

Este ultimo tipo de peso es el que se conoce como materia seca (MS) y se expresa en kilogramos de materia seca producidos por hectárea (kg MS/ha).

Para determinar la calidad del forraje producido por unidad de superficie se muestra el pastizal cortando las plantas generalmente a nivel del suelo y luego se pesa el forraje cosechado, expresado el resultado en kg MS/ha.

El resultado obtenido puede expresarse como rendimiento total de todas las especies o distinguiendo entre especies, para lo cual se hace necesario separar manualmente las plantas que componen la muestra cosechada o cortada por separado en el momento de la cosecha.

Métodos denominados no destructivos, se basan en técnicas indirectas de medición atendiendo a las características individuales de conformación de las especies. Entre estas formas de estimar la producción de fitomasa a través de técnicas no destructivas se encuentran el análisis dimensional y el método de referencia.

2.3.3.4. Análisis Dimensional

Es utilizado para medir la producción de arbustos compactos y gramíneas duras. Consiste en estimar el peso a partir de una superficie o volumen que ocupa el vegetal en forma geométrica (Bonham, 1989).citado por Arze V. (2003).

2.3.3.5. El Método de Referencia

Es recomendado para arbustos. Consiste en estimar la fitomasa en arbustos a partir de una pequeña unidad referencial que puede ser una rama promedio del arbusto, la cual pesada en verde y en seco, hace extensivo el resultado a las unidades de referencia que presente el arbusto en estudio (Bonham et, al 1989).

2.4. Soportabilidad de la pradera

La soportabilidad de las praderas se analiza ensayando diferentes cargas animales sobre los sitios de pastoreo. Inicialmente se ordenan las asociaciones vegetales según cobertura suficiente y producción estimada, luego se calcula la capacidad de carga y condición de sitio. (Mendoza Y. 2003).

La soportabilidad de la pradera nos hace una referencia al número total de animales que pueden pastorear en la pradera durante todo el año Arce V. (2003).

2.4.1. Capacidad de Carga

(Massy 1994), citando a (Huss et, al 1996) mencionado por Mendoza, (2003) resume que la capacidad de carga (CC) estima el número de animales que se podría mantener satisfactoriamente, sin afectar la estructura de los pastizales y sin perjudicar el desarrollo del ganado.

Esta capacidad de carga es el indicativo de la producción básica de las praderas del predio y varia según la composición florística, ubicación relieve y estado o condición, determinada por el tiempo de uso (Alzerreca, 1992).

La capacidad de carga de cada tipo de pradera se calcula basándose en la producción de fitomasa (útil forraje) en términos de materia seca; consumo animal diario expresado en materia seca y periodo de pastoreo. La capacidad de carga se estima por medio de la siguiente formula:

$$CC = D \times F / C \times T$$

DONDE:

CC Capacidad de carga (U.A. /ha)

D Producción de fitomasa (kg M.S. /ha)

F Eficiencia de utilización (%)

T Periodo de pastoreo en la pradera

C Consumo de forraje por unidad de animal

La capacidad de carga de una pradera, cuando es estimada siempre se expresa en unidades animal (U.A) por hectárea (ha). La unidad animal es una unidad convencional que representa un animal tipo de uso frecuente en la zona y que se toma como referencia. Paladines, (1992), mencionado por Arze V. (2003).

2.4.2. Unidad animal (U.A.)

Paladines (1992), mencionado por La Fuente (2003), indica que la unidad animal representa un animal tipo de uso frecuenten el país o en una zona determinada que se toma como referencia para compararlo con otras especies o categorías de animales.

Técnicamente representa la cantidad de materia seca (M.S.) o energía metabolizable (EM) que el animal tipo consume en un día.

Para evaluar la capacidad de carga se elabora un cuadro de factores de conversión a unidad animal equivalencia entre especies, recomendables para la zona considerando las tres especies que hacen uso de la pradera.

Se toma atención en las unidades ovino (U.O.) y unidades llama (U.LL.) por existir referencias comparativas en estas unidades animal para expresar la productividad de los ecosistemas del altiplano semiárido.

En el presente trabajo se considera como una unidad animal a una llama adulta. La UA se determina por la siguiente fórmula relación Kleiber (1972).

$$UA = [P_{vi} / 75]^{3/4}$$

P_{vi} Peso vivo de la especie animal tipo se asume para llama adulta mayor a dos años, 75 kg. (Tichit 1991).

75 Peso vivo de referencia de una unidad camélida (llama), para el área de estudio.

2.4.3. Carga Animal

Huss (1996), citando a S.R.M. (Society of Range Management), (1964), definen a la carga animal como el número de animales, expresado ya sea en unidades animal o unidades animal mes, en un área específica, a un tiempo determinado.

2.4.4. Requerimiento de consumo por especie animal

Los requerimientos nutricionales también son condicionados por la etapa de desarrollo del animal, el estado fisiológico, clima y otros factores que afirman investigaciones realizadas en el altiplano, que utilizaron requerimientos de consumo de materia seca de 3.5%, 3%, y 2% del peso vivo, para Bovinos, ovinos y llamas, respectivamente. (Sequeiros 1992; Flores, 1995; Tejada, 1995).

2.5. Importancia del suelo

Dominguez (1997), indica que el suelo es un recurso natural que ocupa un espacio de forma organizado, dinámico y desarrollado a partir de una intemperización y

descomposición de las rocas minerales y restos orgánicos, bajo la influencia de los factores formadores del suelo, conteniendo cantidades apropiadas de aire, agua y suministrando los nutrimentos y el sostén que requieren las plantas.

La importancia del estudio del suelo como un recurso natural es que permite junto con el recurso agua el desarrollo de diferentes organismos biológicos que contribuyen a la formación de ecosistemas que están influenciados con el clima y relieve, donde la población humana puede habitar desarrollando actividades agrícolas pecuarias, etc.

2.5.1. Los suelos del Altiplano Central

Según, Lorini, et al. (1984), el área de estudio esta conformada mayormente por sedimentos cuaternarios y extensas áreas aluviales y coluviales, donde localmente existen depósitos terciarios con posible influencia marina de aguas someras, formados por materiales de erosión de las partes altas y laderas.

Zarate (1997) hace referencia a Alzerraca (1987), quien señala que en la extensa zona altiplanica se han establecido diferentes comunidades vegetales en respuesta a las condiciones edafoclimaticas especificas, formando asociaciones vegetales o tipos de pradera para la actividad pecuaria, esto por las características típicas de suelos jóvenes presentes en la región del altiplano.

2.5.2. Uso Actual del Suelo

Se refiere al estado actual de una determinada unidad de tierras, información que es utilizada para la evaluación de los suelos para determinar su capacidad de uso. (Orsag V. 2002).

Uso actual de la tierra, permite conocer la utilización efectiva de que es objeto el

territorio municipal en sus distintas unidades de paisaje y la forma como se ha desarrollado el aprovechamiento de los recursos naturales, suelo, agua, vegetación. (Vargas, 1999).

Montes (1989), indica que los mapas de cobertura y uso actual de la tierra permiten la localización, distribución espacial y cuantificación de las categorías identificadas para una época determinada; la leyenda del mapa cobertura vegetal y uso actual de la tierra esta organizada en forma jerárquica en la cual se distinguen categorías.

El uso actual de la tierra, se refiere más bien a la descripción de las características del paisaje en una época determinada y la forma como se ha desarrollado la utilización de sus recursos, sin tomar en consideración su potencial o uso futuro.

2.5.3. Capacidad de Uso de Suelo

Se define como el potencial futuro cuando se hayan llevado mejoras sustanciales, para definir formas de conservación de suelos. Orsag V. (2002).

Dalence 2001, menciona que la capacidad de uso 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.

2.5.4. Sistemas de clasificación de capacidad de uso de la tierra

Dalence 2001, indica que de los métodos de clasificación por su capacidad de uso de la tierra básicamente existen dos que son conocidos y aplicados los cuales corresponden al método USDA que clasifica de I a VIII clases, y el otro método es la capacidad de uso mayor de la tierra que clasifica en cinco categorías de C1 a C5, los dos métodos lo clasifican tomando en cuenta sus potencialidades y limitaciones de los suelos.

Vera (2001), menciona que los criterios técnicos para una clasificación de tierras como establece el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), existe una diversidad de conceptos tales como capacidad de uso, uso potencial, vocación de uso, aptitud de uso, uso mayor, que dan lugar a una variedad de interpretación, que resulta en una confusión alarmante, pero en nuestro medio existen básicamente cuatro sistemas de evaluación de tierras para realizar la determinación de la aptitud de uso de tierras estas son:

- Clasificación por capacidad de uso del suelo, USDA, (8 categorías)
- Capacidad de uso mayor de la tierra, IICA basado en HOLDRIDGE, (9 categorías)
- Evaluación de tierras, FAO; (8 Categorías)
- Evaluación de tierras para riego, USBR (6 categorías)

Cada uno de estos sistemas de clasificación poseen ventajas y desventajas de cualidades y limitaciones, generalmente se tienen discrepancias metodológicas y de resultado.

2.5.4. Fisiografía

La fisiografía se refiere básicamente a la descripción de la naturaleza analizando el conjunto el orden y la disposición de todas las entidades que la componen: litosfera hidrosfera y la biosfera y atmósfera en cuanto al análisis fisiográfico utiliza a la interpretación de imágenes de la superficie terrestre, basadas sustancialmente en la relación suelo-paisaje. El análisis de caracterización de paisajes debe identificar como paso previo el modelo fisiográfico que mejor se adecue a una región dada de manera que las fragmentaciones sean lo suficientemente sensibles para destacar los cambios en terreno, y claras como para discriminar los cambios unos de otros. (Villota 1998).

2.6. Teledetección

Montoya (1950), basándose en el manual Of. Remote Sensing 1983, denomina teledetección a la medición o adquisición de información sobre alguna propiedad de un objeto o fenómeno por un instrumento de registro que no está en contacto físico íntimo con el fenómeno bajo estudio, para su mejor aplicación se apoya con el manejo de sistemas de Información Geográfica.

2.6.1. Aplicación de la Teledetección y sus Ventajas

Montoya (1990), menciona que las aplicaciones de la teledetección son realmente bastas y cubren una amplia gama de conocimientos humanos ; entre los campos en los cuales ha tenido mayor aplicación esta ciencia son de amplia cobertura ,pero para efecto de este estudio solo se mencionara su importancia para Recursos Naturales.

- **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 infecciones e infestaciones en áreas cubiertas por vegetación, riesgos de erosión en zonas no explotadas.
- **Recurso suelo:** Estimación de la erosión en suelos, mapeo de la erosión, inventario de suelos, análisis de problemas específicos (Ejemplo salinidad de los suelos).

2.6.2. Energía Electromagnética

El término de energía electromagnética corresponde a toda energía que se mueve con la velocidad de la luz propagándose con un movimiento ondulatorio armónico, es decir, en forma de ondas que se repiten en un intervalo de tiempo regular. Las interacciones en la propagación de esta energía con la materia se traducen en cambios en la intensidad, dirección, longitud de onda, polarización y fase de energía incidente. Los intérpretes de distintas disciplinas estudian estos cambios producidos

por las características de los objetos que se estudian, sean de distinta ocupación, tipos de roca, suelos, cuerpos de agua, etc. Para interpretar imágenes.

2.6.3. Espectro de Energía Electromagnética

El espectro de energía electromagnética capta en regiones las longitudes de onda desde metros a milímetros con las que se propaga la energía a la velocidad de la luz. La materia irradia energía electromagnética con un pico de intensidad que se desplaza hacia las longitudes de ondas más cortas a medida que aumenta la temperatura de la materia.

Existen sensores desde el ultravioleta de longitud de onda más larga, visible, infrarrojo a las microondas. Cada sensor mide energía electromagnética en determinados intervalos longitudes de onda, que suelen denominarse bandas, tales como el azul, el verde, y el rojo del visible. Los sensores pasivos registran la energía naturalmente irradiada o reflejada por los objetos. Son los sensores pasivos los que operan en el visible infrarrojo. Los sistemas activos poseen su propia fuente de energía, siendo los radares los más conocidos.

2.6.4. Comportamiento espectral para el caso de los tres elementos

Fundamentales del paisaje

Chuviego (1994), citado por Quisbert H. (2002), analiza con mayor detalle los factores que explican este comportamiento espectral teórico para el caso de los tres elementos fundamentales del paisaje: vegetación, suelo y agua.

-Características de la vegetación en el espectro óptico: La caracterización espectral de las masas vegetales se relaciona, primordialmente con la acción de los pigmentos foto-sintéticos y del agua que almacenan las hojas. En concreto, la baja reflectividad en la porción visible del espectro se debe al efecto absorbente de los pigmentos de la hoja, principalmente de las clorofilas, Xantofilas y carotenos (65, 29,

y 6 %, respectivamente aunque la proporción puede variar mucho: (Gates et al. 1985). Todos ellos absorben en la banda de absorción en torno a los 0.64 μm .

Pese a la complejidad es evidente que estas ideas nos sirven para centrar el estudio científico de la vegetación a partir de sensores espaciales. De ellas, resulta evidente que el contraste mas llamado en la reflectividad espectral de la vegetación sana se produce entre las bandas visibles, especialmente el rojo (en torno a 0.645 μm), y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.3 μm).

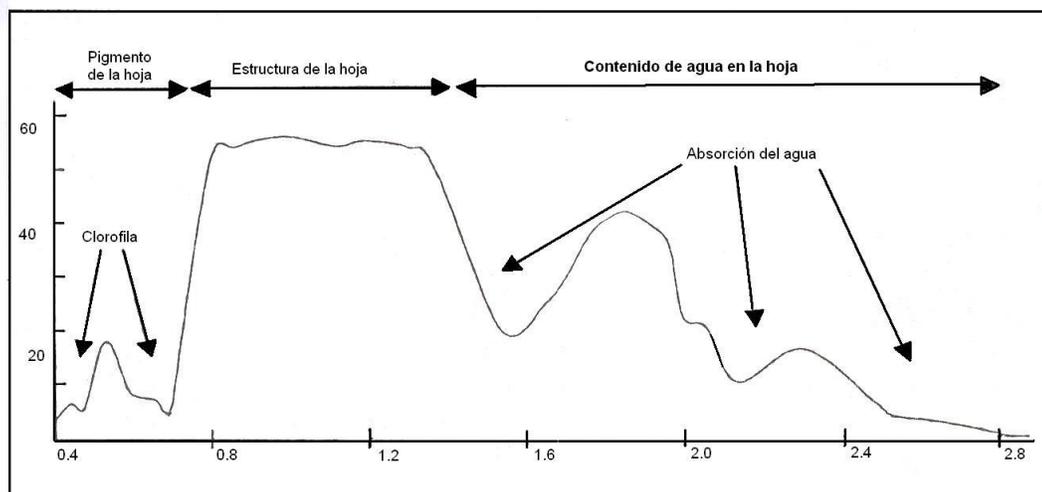


Figura Nº 1 Signatura vegetal de la vegetación sana (Chuviego, 1994).

Característica del suelo en el espectro óptico: Los suelos, en el comportamiento espectral son mucho mas uniforme que el de la vegetación, mostrando una curva espectral bastante plana y de carácter ascendente (figura 1). Los principales factores que intervienen en este caso son:

La composición química: es la causa del color dominante con el que se percibe el suelo. Los de origen calcáreo tienden al color blanco. Por su parte los suelos arcillosos ofrecen una mayor reflectividad en el rojo. El humus muy influyente, tiende a una baja reflectividad, en torno a 0.7 – 0.75 μm (Curran et al, 1990).

Respecto a las características físicas del suelo, puede afirmarse, en terminas generales, qué la reflectividad espectral resulta tanto mayor cuando se trate de suelos mas finos y apelmazados (Hush, 1989).

El contenido de humedad es uno de los elementos destacados en la reflectividad del suelo, como consecuencia de la alta absortividad del agua en estas bandas. Influye inversamente en la reflectividad del visible e infrarrojo, en torno a $1.45\ \mu\text{m}$ y $1.92\ \mu\text{m}$, con mayor intensidad en las bandas de absorción de agua.

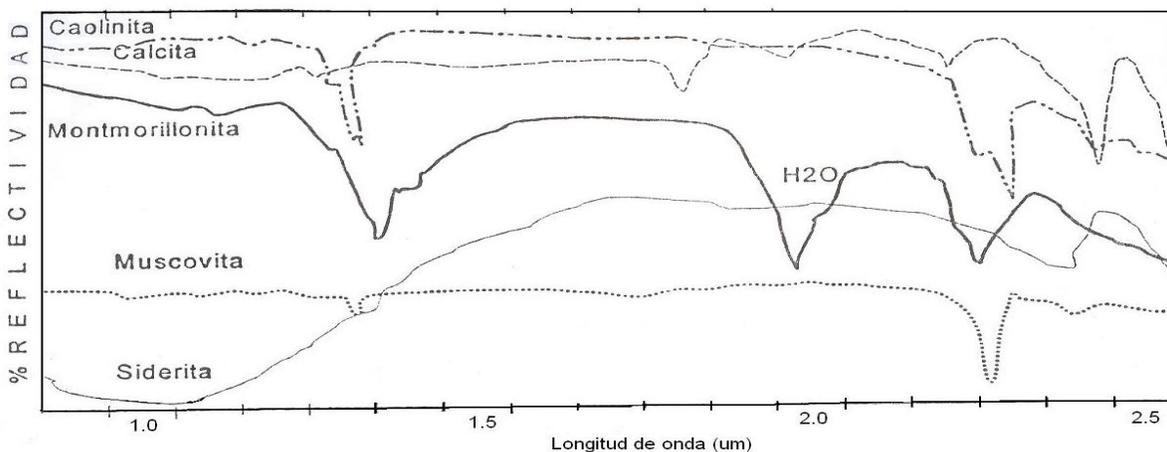


Figura N°2 Espectros de laboratorio para distintos minerales (adaptado de Elachi, 1987) y citado por (Chuviego, 1994).

2.6.5. Imagen multiespectral

López (1990), citado por Quisbert H. (2002), menciona que la imagen multiespectral es un modelo de la realidad construido con base a una respuesta espectral de los elementos que compone una escena y las cuales son captadas por detectores sensibles aun rango de longitudes de onda del espectro electromagnético.

Para ello se aprovecha el sol como fuente de radiación y las propiedades que tienen la mayor parte de los cuerpos en la superficie terrestre de reflejar una parte de esa

radiación emitida que a su vez es captada por un sensor calibrado para trabajar en una banda o franja del espectro.

2.6.6. Características de las imágenes

López (1990), citado por Quisbert H. (2002) una imagen es una representación pictórica independientemente de la longitud de onda registrada del instrumento que la produce. Las fotografías son imágenes registradas en el intervalo comprendido entre $0.3\mu\text{m}$ y $0.9\mu\text{m}$ al interactuar con productos químicos, sensibles a la luz en un carrete fotográfico.

Las imágenes se describen en función de ciertas propiedades características además de su longitud de onda, todas con escala brillo contraste y resolución espectral y espacial.

Estos conceptos bien conocidos referidos a fotografías, se aplican a imágenes.

Los satélites proporcionan imágenes que llegan a la escala del globo terrestre, y la escala de trabajo en estas imágenes esta en función de la magnitud de la superficie cubierta elemental de la imagen, el píxel se define como la resolución espacial que vendría a ser la longitud de lado de la superficie del terreno cubierta por un píxel.

Imagen: Una imagen consiste en una distribución bidimensional de datos numéricos, números digitales (DN) comprendido entre 0 y 255 que representan la energía electromagnética asociada a la unidad superficial correspondiente en el intervalo de longitudes de onda en el que opera el sensor en el visible y el infrarrojo cercano se trata de energía reflejada a la que se añade un componente de energía dispersada en la atmósfera.

Los números digitales (DN) de una imagen se traducen visualmente en distintos tonos de gris, siendo el cero el negro y 255 el blanco.

El ojo humano solo es capaz de distinguir 32 niveles de tono de gris diferente de modo que el tratamiento de imágenes persigue poner de manifiesto por medio de manipulaciones numéricas y asignaciones de colores a distintos valores, rangos o

delimitaciones de superficie, que un intérprete solo dotado de visión no sería capaz de distinguir.

La mayor parte de los sensores que operan en el visible y el infrarrojo cercano, recogen datos simultáneamente en distintos intervalos de longitudes de onda, cada una de estas series de datos o bandas constituyen una imagen perfectamente registrable geoméricamente con las otras aunque con valores de números digitales distintos.

Las distintas bandas pueden someterse a distintas manipulaciones estadísticas o meramente visuales, expresables en color por medio de un sistema de tratamiento de imágenes cuyos productos más usuales describiremos a continuación.

2.6.7. Importancia de los programas espaciales que se emplean para los Recursos naturales

La necesidad de estudiar al planeta tierra y sus recursos naturales, ha llevado a la humanidad a una exploración del globo terráqueo desde el espacio. Los principales programas espaciales de estudio de los recursos naturales dedicados a la captación de la información de la superficie terrestre en diferentes rangos de longitud de onda (Chuviego, 1994).

2.7. Sistemas de Información Geográfica

Conjunto organizado de herramientas de hardware, software y datos que permiten la captura, almacenamiento, manipulación, despliegue y análisis de información geográficamente referenciada. (BARREDO 1996)

Un Sistema de Información Geográfico (SIG.), es el material, el programa y los procesos, construidos para la captura, la gestión, la visualización, el tratamiento, el análisis y la modelización de datos georeferenciados en el espacio; los cuales son destinados a resolver problemas ligados a la investigación, la planificación y la gestión de la información.

2.7.1. Mapa

Es la representación convencional grafica, generalmente plana, de fenómenos concretos o abstractos, localizados en la tierra o en cualquier parte del universo, conservando la posición relativa de su localización. IGAC, 2002

- **Mapas Temáticos:** Son mapas en los que se dedica especial atención a un fenómeno geográfico determinado, pueden mostrar por ejemplo: La distribución de habitantes en un territorio, concentración de recursos naturales en un área, o la composición de un suelo en un municipio.

Estos mapas se dividen en:

Mapas monotemáticos: (Un solo tema) y mapas poli temáticos (integran dos o mas temas).

El mapa topográfico, junto con la imagen satelital es equivalente al mapa base sobre el cual se plasma la información para producir un mapa temático.

Clasificación de los mapas temáticos:

Según su contenido: suelo, geología entre otros.

Según su uso: planeación regional: manejo de cuencas, explotación minera.

Según la forma de representación: mapas de puntos, los cuales representan sitios a los cuales se les especifica un valor a través del tamaño y una localización; mapas de isoclinas que son segmentos que expresan igual valor como altura, precipitación entre otras; mapas de líneas de flujo, el cual brinda información de cantidad por medio del calibre o ancho del segmento; mapas coropletos y coremas, diseñados para mostrar una cantidad en una unidad del área como las unidades administrativas. IGAC, 2002

- **Escala grande,** se considera a aquella escala que representa superficies de terreno relativamente pequeñas, pero con bastante detalle. En cartografía se utilizan en graficación de los mapas defensa nacional que proporcionan la base topográfica

para efectuar estudios multidisciplinarios, estas son representadas 1:25000 hasta 1:100.000 aproximadamente IGAC, 2002.

- **Sistemas de coordenadas planas UTM**

Este sistema se basa fundamentalmente en la Proyección Transversa de Mercator también conocida como UTM. Fue desarrollada en el año 1940 por la U.S.Army, y tiene como equivalente la proyección conforme de Gauss-Kruger. Según Mailing 1992, esta proyección es la más importante ya que se utiliza en un 85% en el mundo. Esta proyección se presenta de dos tipos tangente y secante. Considera la definición de la forma de la tierra los elipsoides WGS 84 en todo el mundo. IGAC, 2002.

III. LOCALIZACIÓN

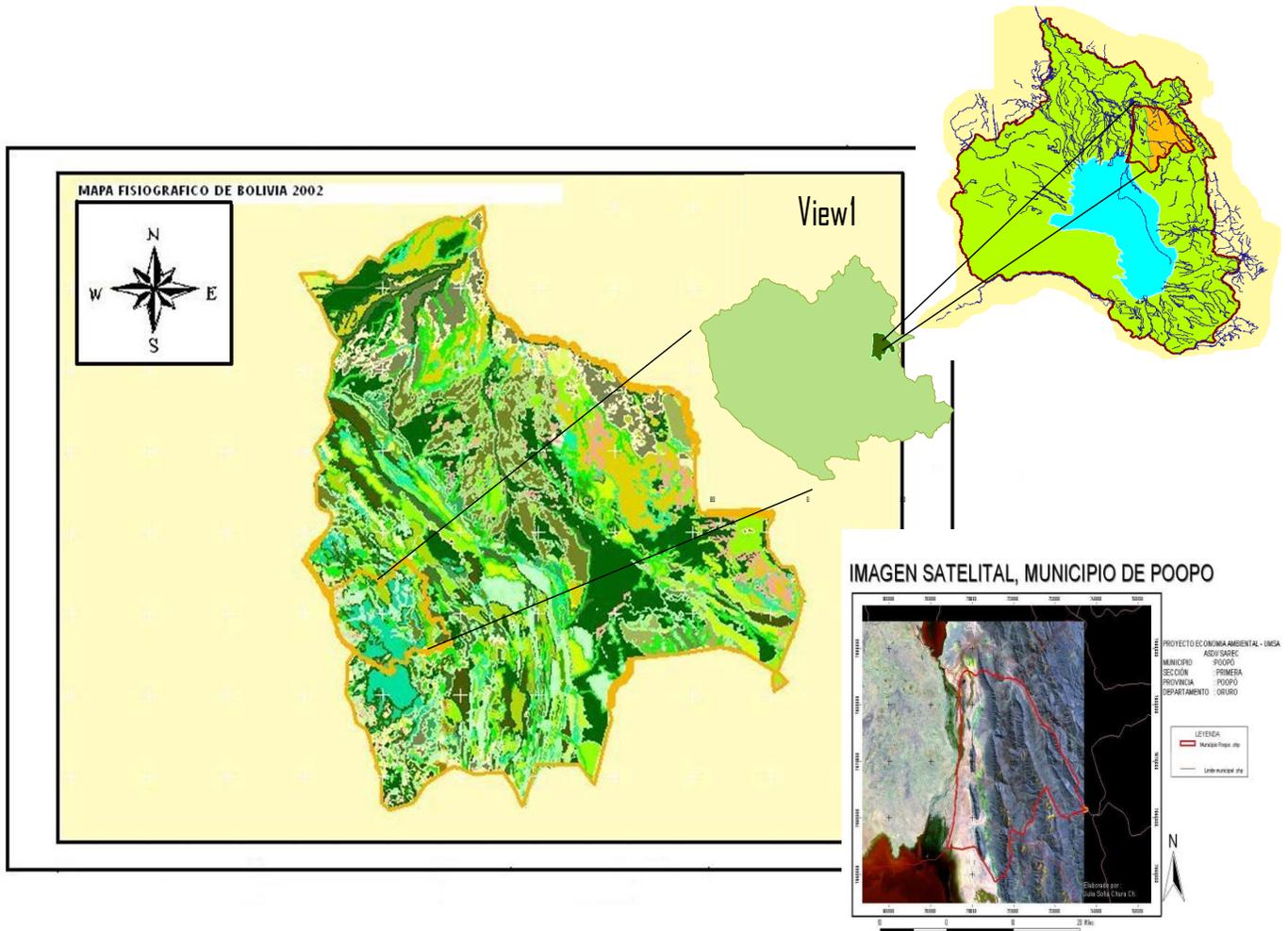
3.1. Ubicación geográfica

El área de estudio esta ubicada en el municipio de Poopò que pertenece a la provincia del mismo nombre, se encuentra en el departamento de Oruro.

Geográficamente se sitúa en la zona 19, entre las cordenasdas 725220 y 7972005 UTM de longitud oeste y altitud que varía desde 3750 a 4557m.s.n.m., tiene una superficie de 453.75 Km².

Es privilegiada en cuanto a medios de acceso, por la existencia de carreteras asfaltadas entre Oruro y La Paz.

Mapa N° 1 Localización del área de estudio



Elaboración propia (2009), mediante el documento del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (2002); CEEDI, 2007.

3.2. Ecología

El ambiente de piso se encuentra en el piso de la puna verdadera o sea de 3660 a 4100 m.s.n.m. Beck, S. (1985).

El área de estudio se encuentra en una región influenciada de altiplano clima templado, seco y frío de la cordillera Real, clasificada según Koppen a clima de estepa con invierno seco frío (BSwk), según (Ismael Montes de Oca, junio 1997).

3.3. Clima

El clima es frígido y seco (característico del altiplano), con temperaturas que oscilan entre menos 5°C y 10°C sobre cero, acentuándose sobre dichos extremos en las temporadas de invierno y verano.

Las precipitaciones pluviales son relativamente escasas, siendo mayores entre los meses de Enero a marzo con una época seca de abril a Diciembre. Considerando los registros correspondientes a 49 años (1955 a 2002) se tiene una precipitación media anual acumulada de 427.35mm y una media mensual de 35.61 mm.

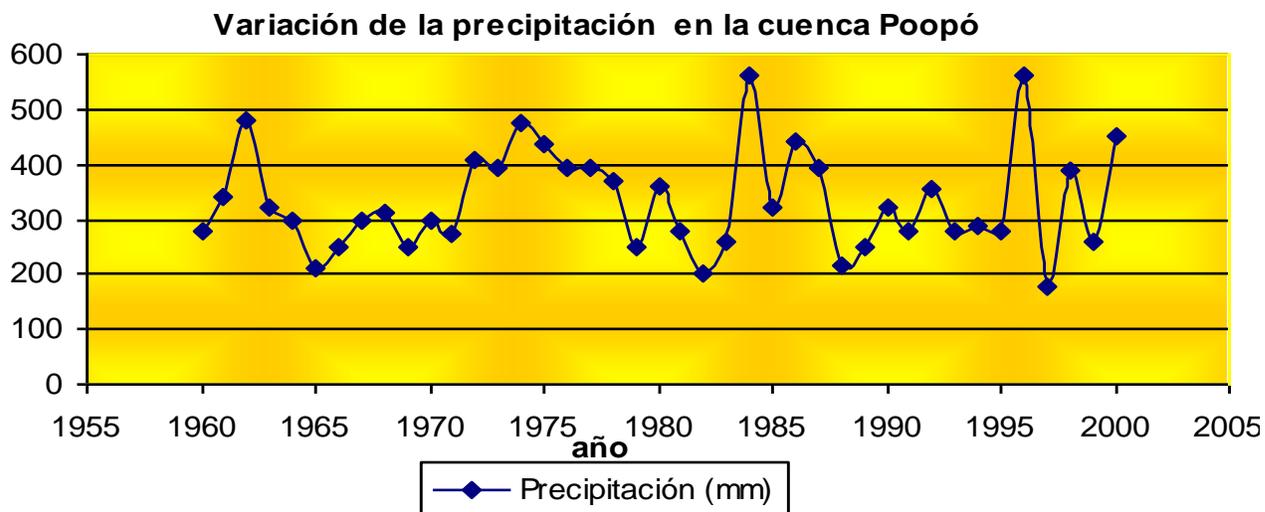
Se tiene una precipitación anual de 372 mm en 1979 lo que indica que en este periodo no muestra de manera significativa tendencias positivas o negativas. Pero si hablamos en términos anuales de variación en un rango de (1955-2002), la variabilidad fue entre 580 y 220 mm, que indica que las mismas están relacionadas con anomalías correlacionables con el ENSO (El – Niño Zoster Oscillación); siendo que valores superiores a la media de 372 mm favorecen al episodio de La - niña y cuando las precipitaciones anuales se presentan por debajo de la precipitación media anual ayudan a que acontezcan episodios relacionados a ENSO.(Fuente IIH,2005)

La altitud sobre el nivel del mar es el factor preponderante en la determinación del clima altiplanico. Esta altitud que media en los 3.800 m.s.n.m influye en las condiciones atmosféricas dando una posibilidad de insolación e irradiación muy

amplias debido al aire enrarecido y diáfano, con poca humedad. Así la energía solar llega a la superficie del suelo con toda su intensidad, y como existe una gran sequedad en casi todo el año no hay difusión de calor lo que causa que, a la luz, la temperatura es alta y a la sombra es baja en los meses mas secos (mayo y agosto) pueden registrarse grandes diferencias térmicas diurnas que llegan hasta 25°C.

La irradiación es muy alta lo que genera una evaporación enorme que deseca los charcos formados en el verano, en cortísimo tiempo. Esta irradiación diurna causa en las noches una baja temperatura (Jorge Muñoz Reyes. 1980).

La estación meteorológica más próxima es la instalada en el campamento del proyecto Pederson de exploración minera, muy cerca del pueblo de Challapata y la estación Tacagua. Se trata de una estación meteorológica moderna, con energía solar y computarizada para el registro de datos meteorológicos, actualmente la estación meteorológica ya no opera en el país.



IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron en la presente investigación se agruparon en cuatro grupos que vienen descritos a continuación.

4.1.1. Material de gabinete

- Computadora (Pentium IV) y Escáner
- SIG's (*software*)
- Paquetes para base de datos (*Excel;Word*)
- *Material de escritorio*
- *Imágenes satelitales Lansat ETM, del año 2005*
- *Plotter*

4.1.2. Material de campo

- Cartas geográficas ; Escala 1: 50000
6238 (IV), 6238 (III), 6138 (I), 6138 (II), 6139 (II) y 6239 (V).
- Registro de transección de punta de pie
- Tablero de campo y cinta métrica metálica (Flexo metro)
- GPS (Sistemas Posicionamiento Global Navegador)
- Cámara fotográfica digital
- Cuadrante
- Cilindros densímetro

4.1.3. Material de laboratorio

- Balanza analítica
- pH metro
- Probeta de 1000 ml y 500 ml
- Hornilla

- Varillas de vidrio
- Pisseta
- Tamizador
- Agitadores magnéticos
- Material instrumental de vidrio (laboratorio)
- Microondas de adsorción atómica
- Etiquetas
- Material de envase de las muestras de suelo
- Tubos de cuarzo
- Equipo de absorción atómico (llama; Grafito)

4.1.4. Material reactivo

- Acido clorhídrico bi - destilado
- Acido nítrico bi - destilado
- Cloruro de Potasio
- Hexametáfosfato de Sódio
- Reactivos correspondientes para análisis de las propiedades químicas

4.2. Métodos

4.2.1. Tipo de investigación

Dados los objetivos de esta investigación y de acuerdo a la naturaleza de los componentes del objeto de estudio, este trabajo integra tipos de investigación: exploratorio, descriptivo y analítico.

Siendo un estudio exploratorio, el mismo que incremento la recopilación de datos, obteniendo información para llevar a cabo la investigación con detalle, al mismo tiempo describiendo las situaciones y eventos suscitados durante la elaboración del presente trabajo.

4.2.2. Diseño

Siendo un trabajo de carácter exploratorio, descriptivo y analítico, el estudio comprendió el diseño de investigación no experimental, donde la observación del objeto de estudio (muestreo), en su contexto natural fue un elemento importante.

4.3. Identificación de las unidades de fisiografía

En el documento MEMORIA DEL MAPA FISIOGRAFICO DE BOLIVIA. Publicado en Noviembre, 2002 del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación establece para el área de trabajo categorías de fisiografía y paisaje a grandes rasgos los cuales están asociados a una descripción de la caracterización de posible vegetación presente.

En este documento se establecieron los siguientes rasgos fisiográficos:

CsaF, Cordillera Oriental; Serranía; alta; con disecciones fuertes.

AiiM , que corresponde a Altiplano ; pie de monte ; Moderada.

Esta documentación se utilizó como una información inicial para realizar la caracterización de la Fisiografía a detalle estrictamente presente en el sitio de estudio con apoyo de la imagen satelital e inspección del sitio de estudio del cual se obtuvo un mapa temático de unidades fisiográficas.

Se elaboró un mapa base partiendo de la imagen satelital donde se delineó los posibles rasgos de sus unidades fisiográficas presentes para luego realizar un reconocimiento del lugar de estudio donde se diferenció más detalladamente la fisiografía, relieve, hidrografía, desarrollo urbano georreferenciándose cada una de estas características propias del altiplano central que le dan un escenario paisajístico propio de zonas áridas y semiáridas. El propósito fue elaborar un mapa de unidades y sub-unidades fisiográficas tomando en cuenta el paisaje.

Las características de la imagen satelital con la que se trabajo son

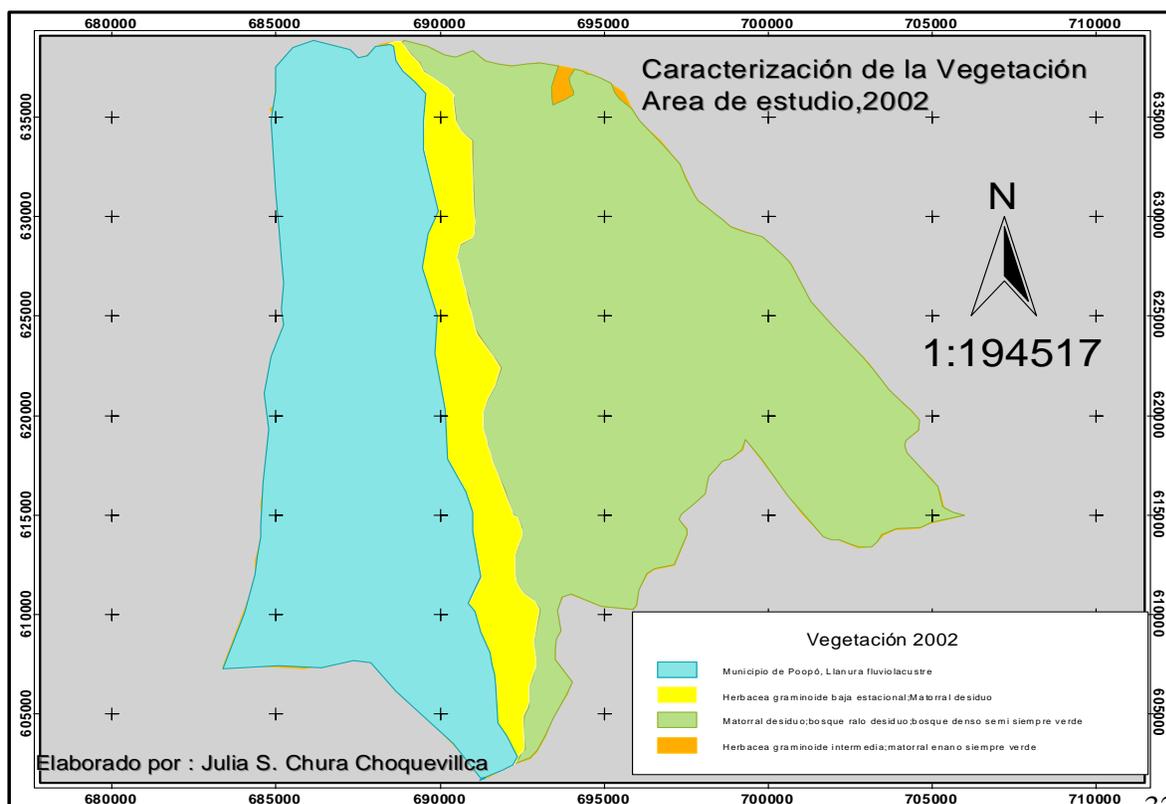
Cuadro N° 1 Características de la imagen satélite, con la que se trabajo
(Curso de SIG ,2005 Ing. Fredy Navia).

IMAGEN SATELITAL	RESOLUCION		ANCHO DE LA IMAGEN Km ²
	Espacial Píxel (m ²)	Temporal Días y/o horas	
LANDSAT TM	30 x 30	16 días	185 x 185

4.4. Determinación de las asociaciones vegetales

Para la obtención de las unidades de asociación presentes en el área de trabajo se utilizo información del siguiente mapa que se trabajo con información del documento MAPA FISIOGRAFICO DE BOLIVIA, del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Noviembre 2002.

Mapa N° 2 Unidades de Vegetación determinadas para Noviembre 2002.



La información de vegetación en la base de datos de este documento que se encuentra disponible establece para el sitio de estudio dentro del Municipio de Poopó solo características de la posible vegetación presente a grandes rasgos, como se muestra en el mapa.

Sin embargo esta información sirvió para obtener un mapa base de vegetación que se traslapo con la imagen satelital. Y como resultado después de identificar y cuantificar la producción de tipo de vegetación realmente presente se obtuvo el mapa de las asociaciones vegetales existentes en el área donde se desarrollo este estudio.

Se realizaron los estudios de las diferentes características de vegetación, determinando las asociaciones mas sobresalientes y dentro de ellas se definió la especie dominante y codominantes, siendo que la especie dominante es la que dio lugar a la denominación de la asociación , para obtener información adicional de la capacidad de uso de las mismas, que fueron identificadas por su mayor relevancia, predominancia de algunas especies en función del espacio que ocupan, además de generar otra información que contribuyo a estimar la calidad de suelo presente. Para ello las consideraciones en actividades que se realizaron fueron las siguientes:

Para la determinación de las diferentes asociaciones vegetales existentes en el área de estudio se tomo en cuenta la mayor cantidad de espacio en m^2 que pueda ocupar una, dos o tres especies vegetales repetitivamente para conformar una asociación vegetal que debía tener una superficie mayor a $10000 m^2$ como unidad de mapeo.



Foto N° 1 Determinación de las asociaciones más sobresalientes por su predominancia

4.4.3. Cobertura Vegetal

Ya en campo y basándose en el mapa base, se empleó el método de punto de pie o transecto por puntos, el cual es una modificación del punto de contacto por adecuarse eficientemente a la vegetación de las CANAPAS del altiplano. Este método fue recomendado por Alzerreca, 1975 y consiste en recorrer las diferentes asociaciones vegetales haciendo lecturas de especie vegetal, mantillo, afloramiento salino, suelo descubierto y pavimento de erosión que entran en contacto en cada paso doble con una marca hecha en la punta del zapato. Las lecturas se realizaron sobre transectos distribuidos adecuadamente para que la muestra sea representativa.



Foto N° 2 Método transecto por puntos o método de punta de pie

4.4.4. Cuantificación de la producción de fitomasa en las asociaciones Vegetales

Para la Fitomasa vegetal según el tipo biológico: herbáceas blandas, se empleó el método del doble muestreo del peso estimado (Massy 1994), el cual consiste en determinar la fitomasa a partir de estimaciones visuales de peso en cada cuadrante de referencia ubicados en cada transectos de muestra, donde el número de muestras en unidad de muestreo alcanzan a cinco muestras que se distribuyen tal como se muestra en la página número ocho. Los pasos fueron:

Primer paso: se realizaron “observaciones escogiendo dentro de la asociación vegetal un rango de rendimiento que va del lugar con menor cantidad de pasto al de mayor rendimiento” este método fue elegido por que es un método indirecto, menos destructivo, rápido y de costo inferior al de las medidas directas por corte.

Segundo paso: Usando como referencia los cinco lugares marcados, se realizo cien tiros por unidad fisiográfica asignándole a cada tiro donde arribara el número del rango que mas se le aproximó.

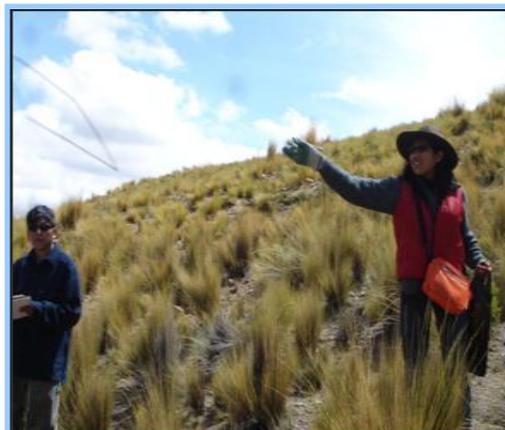
Tercer paso: Se procedió a cortar cada uno de los cuadrantes correspondientes a los rangos, pesándolos por separado, determinando materia seca (MS) en m^2 para luego transformarlas TM MS/Ha.

Cuarto paso: Se determino el error de varianza del peso estimado respecto del peso cortado para ser calculado por análisis de regresión.

Para estimar la fitomasa de arbustos (Thola, Añahuaya, Kaylla) se utilizo el método de unidad referencial (Massy 1994), el cual consiste en tomar una rama promedio equivalente al 10 – 20 % del follaje del arbusto, para luego pesarlo en verde y en seco. El siguiente paso consistió en contabilizar o estimar el número de unidades referenciales similares en todo el arbusto, posteriormente este número se multiplica por el peso promedio de la unidad referencial.

Este trabajo se lo realizo considerando época seca que va de abril a diciembre y época húmeda de enero a marzo del lugar de estudio.

Foto N° 3 Método del cuadrante



4.5. Potencial ganadero de cada asociación vegetal

Para establecer el potencial ganadero de cada tipo de asociación vegetal se determinaron los siguientes parámetros que se midieron en campo.

- Soportabilidad de la Pradera

Para, determinar este parámetro se realizó una determinación de la Capacidad de Carga, que está en función de:

- Cantidad de materia seca que se pueda obtener en una determinada área expresada en kg MS/ha - año.(D)
- Factor de eficiencia de uso del forraje expresado en porcentaje (F)
- Consumo de forraje por unidad de animal kg /d(C)
- Tiempo que toma pastear una determinada área por el animal en días (T).

Siendo así se hizo uso de la siguiente relación matemática para la obtención de la capacidad de carga de cada tipo de Asociación vegetal que se describió en el estudio. (Fuente Alzerreca1987), utilizado por Arze V. (2003); Mendoza Alcoze Yerro, (2003). Para la determinación de Capacidad de carga en provincia Pantaleón Dalence, Oruro.

$$CC = D \times F / C \times T$$

Se determinó también la carga animal, y unidad animal con el fin de realizar diferentes cargas de animal en cada asociación vegetal para establecer la soportabilidad de la pradera, como la capacidad de uso de la cobertura vegetal utilizando la metodología empleada por Alzerreca (1987).

También se determinó la condición de cada asociación vegetal, habiendo ensayado diferentes cargas de animal, con relación al tipo de ganado que se cría en la región, considerando las características organolépticas de las especies vegetales que

componen cada asociación y basado en la metodología desarrollada por el programa de forrajes de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (1980) y modificada por el IVITA – Marangani (1998).

Así mismo para la determinación de la capacidad de carga, se considero un periodo de época seca de 270 días que transcurren en los meses de abril a diciembre. Un periodo de época húmeda de Enero a Marzo. (Dato obtenido Tesis Provincia Pantaleón Dalence, que limita con el lugar de estudio, Arze V. 2003).

Para el manejo del factor de eficiencia de utilización, se emplearon criterios de diferentes índices como la preferencia de palatabilidad dependiendo del tipo de forraje y sus características metabólicas y organolépticas, considerando la época seca y húmeda. También se considero estudios de selectividad de los diferentes forrajes que se hallan comprendidos dentro de cada asociación vegetal por los tres tipos de ganado que se manejan en el lugar de estudio, Camélidos, Ovino, Bovinos.

Para el presente estudio se asume una eficiencia de utilización de las praderas para la época húmeda de 70% para una asociación vegetal Pajonal de calamagrostis (valle colgante), Arbustal de ñahuya y Kayllar pajonal 40%, Pajonal tholar, pajonal de ichu, Pajonal chilliwar, Pajonal de hiru ichu, tholar pajonal 60%, debido a que no toda la fitomasa es utilizada por el animal.

En la época seca la eficiencia de utilización se reduce para cada asociación vegetal: 60% para pajonal de calamagrostis, 30% arbustal de ñahuya y kayllar pajonal, 50% Pajonal tholar, pajonal de ichu, Pajonal chilliwar, Pajonal de hiru ichu, tholar pajonal.

Para el presente trabajo se considero el aporte de investigación de Arce Villca Virgilio 2003, quien realizo un estudio de requerimiento de consumo por especie animal en Serranía y Planicie durante dos épocas de pastoreo en Llamas, departamento de Oruro, Pantaleón Dalence.

Administración de Praderas y Pastizales en la provincia Pantaleón Dalence (comunidad Urachaquilla, Chachacomani) Mendoza Alcoce Yerko 2003, quien también determino la soportabilidad en serranía y planicie de una comunidad y su aporte investigativo colaboro en la preparación de este trabajo de investigación.

4.6. Capacidad de uso de suelo

Para la determinación de la Capacidad de uso de suelo se empleo la metodología del USDA que toma en cuenta las potencialidades y limitaciones y clasifica en un rango de ocho categorías de capacidad de uso, los mismos que se detallan a continuación:

El primer grupo comprende cuatro clases de capacidad, que van de la Clase I a la Clase IV. La Clase I es considerada la mejor y se supone que carece prácticamente de limitaciones, las cuales aumentan de la I a la IV.

El segundo grupo está integrado por las Clases V y VI, y sus limitaciones aumentan progresivamente de la V a la VI.

El tercer grupo consta solo de la Clase VII y agrupa suelos apropiados generalmente para la explotación forestal. Por último, el cuarto grupo consta solo de la Clase VIII y presenta tales limitaciones que son inapropiadas para fines agropecuarios o de explotación forestal.

Con las consideraciones anteriores se realizo una identificación de los componentes que interactúan en el lugar de estudio, como uso actual del suelo, actividad antropica, disponibilidad de agua, clima, además de considerar los parámetros físicos y químicos del suelo que se determinaron en las muestras de suelo obtenidas mediante el relevamiento de calicatas y barreno que considero:

4.6.1. Descripción de Suelo

Se realizó un reconocimiento de suelos con muestreos puntuales como en transectos orientados según la variación de topografía y vegetación. Los sitios de muestreo se seleccionaron de acuerdo con la variación de la vegetación, de tal manera de abarcar las principales sub – unidades fisiográficas que se determinaron a través de la imagen satelital y de reconocimiento en terreno, donde también se identificó la presencia de minas activas, minas abandonadas, pasivos ambientales, residuos sólidos que ocasionan vulnerabilidad en el lugar y que su presencia podrían incidir en la calidad de los suelos. De la misma forma, se establecieron transectos en un rango variable de 25 a 100 para observar la variación del suelo asociada a la topografía. Mediante calicatas se describieron los perfiles de suelo asociados a la vegetación presente en el lugar de estudio.

En cada sitio de muestreo se realizó una descripción que considero (a) el paisaje a través de la forma del terreno, posición fisiográfica, ubicación en el relieve, pendiente, elevación, exposición y drenaje externo; (b) la morfología del mantillo a través de sus horizontes orgánicos, espesor, material, estructura y arraigamiento; (c) el contenido de raíces finas, la estructura, la consistencia, la textura al tacto, la pedregosidad, el color, el drenaje interno, el nivel freático, las profundidades fisiológica y de raíces, el grado de erosión y los factores limitantes de la fertilidad. La ejecución de calicatas se apoyó en la metodología usada mediante la guía para la descripción de perfiles de suelo de la FAO.

4.6.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas que se consideraron corresponden a: Capacidad de intercambio cationico, Nitrógeno total, sodio intercambiable, Aluminio intercambiable, Total de bases intercambiables, Conductividad eléctrica, Acides (actual, potencial y de cambio); Materia orgánica mismos que se determinaron con las metodologías empleadas por el IBTEN en el laboratorio de la misma institución.

4.6.3. Propiedades físicas

Los parámetros físicos que se evaluaron son: textura, estructura, densidad aparente, color, consistencia. Los mismos que se determinaron con las metodologías empleadas por el laboratorio de suelos de la Facultad de agronomía.

4.7. Contaminación de suelos

La contaminación constituye un aspecto considerable en la degradación de los suelos, afectando su calidad, es decir, su capacidad de desarrollar una serie de funciones, puede verse afectada negativamente en desmedro de la seguridad alimentaría de la población local del lugar de estudio que por otra parte presenta baja producción agrícola por las características climáticas.

La contaminación puede definirse como “La concentración de un elemento o de un compuesto químico a partir de la cual se producen efectos desfavorables, tanto por su efecto desactivador, como si provocan un aumento excesivo de la actividad. Esto se traduce en una pérdida de aptitud para uso o hace inutilizable el suelo a no ser que se le someta a un tratamiento previo” Porta (1993).

4.7.1. Identificación de fuentes potenciales de contaminación minera

Se comprobó y georeferenció la presencia de minas en funcionamiento, minas abandonadas, pasivos ambientales y sus concesiones dentro del área de estudio, para luego plasmarlos en un mapa denominado fuentes potenciales de contaminación que considero la hidrografía del lugar .

4.7.2. Determinación de áreas críticas por la actividad minera

Una vez establecida las fuentes potenciales a contaminación y plasmados en un mapa, seguidamente se realizaron los muestreos de suelos correspondientes

mediante el relevamiento de calicatas, barreno para su posterior análisis considerando sub-unidades fisiográficas donde se desarrollan las comunidades vegetales , teniendo en cuenta la forma y tipo de mineral que se extrae además de considerar posible contaminación natural.

Con los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en los suelos muestreados, que corresponden a puntos georeferenciados mismos que se colocaron sobre el mapa de uso actual del suelo del área de estudio y a la vez se sobrepuso sobre el mapa de fuentes potenciales a contaminación se identificaron áreas críticas a consecuencia de la actividad minera.

4.7.3. Determinación de metales pesados

La metodología empleada fue del Instituto de Investigaciones Químicas. Los elementos que se analizaron fueron As, Pb, Cd, Cu y Fe.

4.8. Variables de respuesta

Mapa de Cobertura vegetal

- Se trabajo con una imagen compuesta, falso color esto con el fin de ver la vegetación y clasificarla. Donde se aprovecho la propiedad de los vegetales, que es su forma espectral y que se relaciona con la acción de los pigmentos foto-sintéticos y del agua que se almacenan en las hojas tomando en cuenta, que en el rojo existe baja reflectancia de 10% y que en el infrarrojo existe mayor reflectancia de 60%, esta diferencia ayudara a indicar el grado de cobertura vegetal. Esta baja reflectividad en la porción visible del espectro se debe al efecto absorbente de los pigmentos de la hoja, principalmente de las clorofilas, Xantofilas y carotenos (65, 29 y 6%, respectivamente), aunque la proporción puede variar mucho.

- En el presente estudio según los objetivos planteados se consideraron las medidas de cobertura y fitomasa vegetal por área, por ser parámetros importantes desde el punto de vista de ecología de CANAPAS y definir la extensión de cada Asociación vegetal, que considero los diferentes transectos realizados en cada asociación vegetal.

Mapa de potencial ganadero

- Una vez obtenido el mapa de asociaciones vegetales, se determino el potencial ganadero de cada comunidad vegetal que considero no solamente la capacidad de carga, soportabilidad si no también características organolépticas de palatabilidad, selectividad y rasgos fisiográficos donde se desarrolla la asociación vegetal.
- Con la información detallada y georeferenciada se obtiene el mapa de potencial ganadero del área de estudio.

Mapa fisiográfico

- Identificación de las unidades de fisiografía existentes en el lugar de estudio, ya que se conocía las coordenadas geográficas que abarca el área de trabajo, se realizo un corte en la imagen satelital para así obtener un mapa base y clasificar los posibles rasgos fisiográficos marcados (trabajo de gabinete) para luego ir afinándolo mas en un trabajo de campo que se desarrollo con el recorrido de toda el área de estudio.

Mapa de uso actual

- También se trabajo con una clasificación supervisada con el fin de tener una imagen, clasificada por estratos, dando áreas de entrenamiento a la imagen con que se pensó trabajar, clasificando lo que puede ser pajonal, bofedal, suelo desnudo, vegetación joven, parcelas con cultivo y sin cultivo, arbustales,

lecho de río, lago. Colocando un identificador para cada uno de estos, creando un archivo de datos, esta clasificación se compara con la imagen falso color.

- El trabajo de gabinete mencionado líneas arriba con la imagen satelital dio como resultado un mapa base que reflejaba algunas actividades posibles que se efectuaban y siguen desarrollando en el lugar de estudio que involucran al recurso natural suelo. Finalmente para tener la certeza exacta de que este trabajo realizado en gabinete era fehaciente se hizo la inspección de la zona de trabajo para las correcciones necesarias, además de un taller participativo con la población local.

Mapa de áreas críticas por contaminación minera

- Se elaboro un mapa de vulnerabilidad de áreas críticas afectadas por la actividad minera que otorga un acercamiento de posibles zonas afectadas por contaminación en la micro cuenca (área de estudio) que presentan características apropiadas para la práctica de la agricultura y ganadería en su forma extensiva e intensiva. Por la razón de que en el sitio de estudio dentro del Municipio de Poopó se efectuaban y aun se siguen desarrollando actividades mineras, con presencia de pasivos ambientales, residuos sólidos en diferentes sitios de la micro cuenca (mapa de fuentes potenciales a contaminación minera).
- Se considero importante elaborar un mapa hidrográfico ya que existen bocaminas que drenan sus aguas acidas hacia los ríos principales de la micro cuenca que se debe tomar en cuenta para definir la capacidad de uso de suelo. Por que el movimiento de aguas superficiales y aguas subterráneas da origen a una ausencia y disponibilidad de este liquido elemento en diferentes unidades fisiográficas que permite y a la vez limita el desarrollo de la cobertura vegetal nativa como la practica de la agricultura y la actividad ganadera en su forma extensiva como intensiva en el área de estudio.

Mapa de capacidad de uso de suelo

- El mapa de capacidad de uso de suelo, se lo desarrollo con ayuda de mapas de cobertura vegetal, uso actual del suelo, mapa de vulnerabilidad de áreas afectadas por la incidencia de la minería, mapa de afluentes superficiales y subterráneos (manantiales), Potencial ganadero del área de estudio y la interpretación de los resultados obtenidos de la caracterización de suelos según la FAO, análisis de parámetros físicos, químicos y la presencia de algunos elementos tóxicos que se determinaron en laboratorios especializados en el tema de suelos .

VIII. RESULTADOS

5.1. Determinación de asociaciones vegetales

En el sitio de estudio se determinaron un total de ocho unidades de asociación vegetal, siendo que para la referencia de cada asociación vegetal se tomo en cuenta las estancias circundantes a cada una de estas.

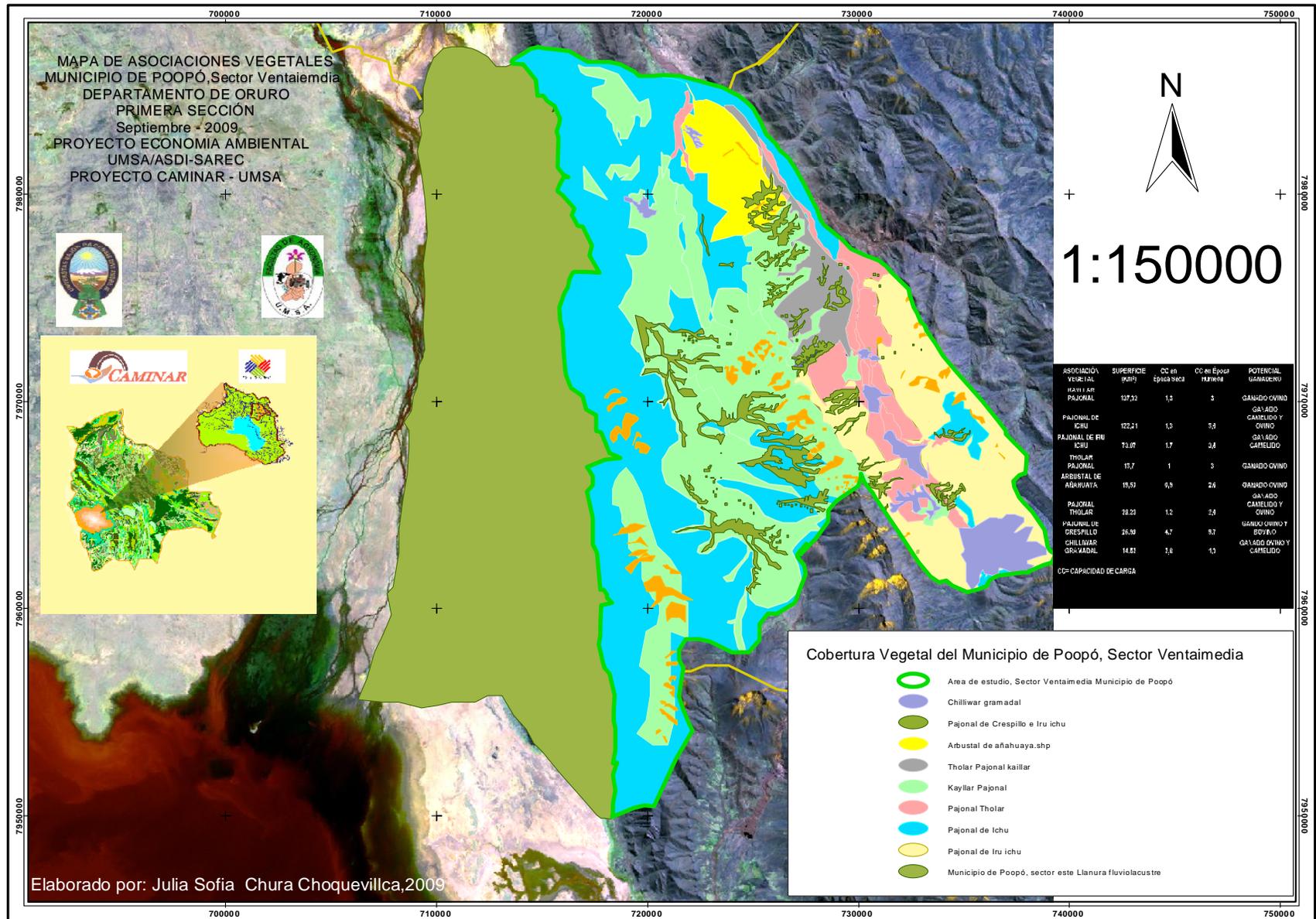
Cuadro N° 2 Asociaciones vegetales identificadas, Sector Ventaimedia.

Nº	ASOCIACION VEGETAL	SUPERFICIE km ²	SUPERFICIE %
1	KAYLLAR PAJONAL DE HIRU ICHU	137.32	30.3
2	PAJONAL DE ICHU	122.31	27.0
3	PAJONAL DE HIRU ICHU	73.07	16.1
4	PAJONAL THOLAR	29.23	6.4
5	PAJONAL DE CRESPILO e IRU ICHU	26.99	5.9
6	ARBUSTAL DE AÑAHUYA	19.53	4.3
7	THOLAR PAJONAL	13.70	3.2
8	CHILLIWAR GRAMADAL	14.52	3.0
9	ERIALES	17.05	3.8
SUPERFICIE TOTAL		453.75	100

Fuente: Elaboración propia 2009

Como se puede observar el cuadro del 100% de la superficie total del área de estudio la asociación Kayllar Pajonal de hiru ichu cubre un porcentaje de 30.3% que representa la mayor cobertura presente seguida de Pajonal de Ichu que reviste una superficie igual a 27 % y posteriormente Pajonal de Iru ichu con 16.1% y otras asociaciones de menor cobertura como Pajonal Tholar con 6.4%, Pajonal de Crespillo e Iru ichu 5.9% , Arbustal de Añahuya con 4.3%, Tholar Pajonal 3.2% y por ultimo la asociación Pajonal de Chilliwa y Chijii blanco de menor cobertura con 3.0%.

Mapa 3. Principales asociaciones vegetales del área de estudio, Municipio de Poopó



5.2.1. Descripción de las principales asociaciones vegetales

5.2.1.1 Asociación vegetal kayllar pajonal de Hiru ichu.

Asociación vegetal de Tetraglochin cristatum y Festuca orthophylla



Foto N° 4 *Tetraglochin cristatum* en época seca



Foto N° 5 Kayllar pajonal en época seca

Este tipo de Asociación vegetal se halla como cobertura vegetal en una fisiografía que comprende serranías con disecciones moderadas a leves siendo que en las partes mas altas la presencia de la Kaylla es marcada y en los pie de montes se halla mas en coexistencia con la *Festuca orthophylla* y otras especies menos frecuentes.

La fisonomía de su paisaje se reduce a agreste por el tipo de suelo presente, como de las características climáticas presentes en toda la región que no favorecen al crecimiento de otras especies que no sean las que componen esta asociación vegetal. En la época húmeda las especies son más tiernas por los rebrotes en las partes apicales lo cual permite que sean aprovechables por los animales en especial el ganado bovino y ovino. Ya en la época seca el ganado ovino es el que sigue aprovechando estos forrajes. Así también lo afirma Arze V, (2003).

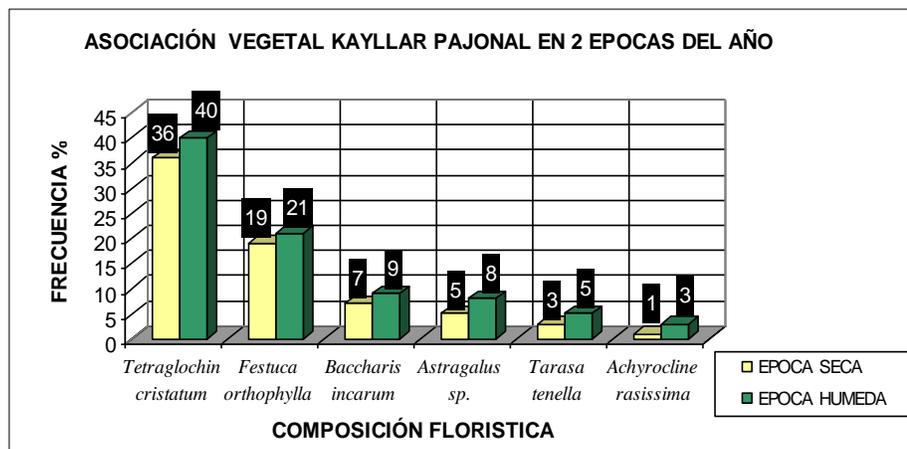
Tetraglochin cristatum es un arbusto perenne de estrato bajo que alcanza 40 cm. de altura, perteneciente a la familia Rosaceae.

Con mas frecuencia se encuentra la kaylla, *Tetraglochin cristatum*, especie indicadora de suelos que se encuentran en procesos de erosión por las características edafológicas y de relieve.

La razón por lo que se la cataloga como especie indicadora de suelos en procesos de erosión es por la tolerancia que tiene a desarrollarse en condiciones donde los suelos son pobres en nutrientes escasos de profundidad pedregosos, suelos que sufren una erosión natural afectada por las pendientes presentes en su fisiografía que con el impacto de las gotas de lluvia provocan que las partículas de suelos mas finas como la arcilla y el limo se lixivien a horizontes mas profundos o sean arrastradas a las partes mas bajas, que son los pie de monte formando suelos de origen coluvial, donde se desarrolla en coexistencia con la paja brava en mayor abundancia, seguida de *Baccharis incarum* menos frecuente. Además en la temporada de vientos también ocurren procesos de erosión natural por el transporte de partículas finas a otros sitios. Por tal motivo en las partes altas de la serranía es muy frecuente encontrar suelos desnudos (pequeños eriales) desprovistos de vegetación, de textura arenosa, con alto contenido de grava lo cual origina que no retengan humedad ni calor durante la época seca, como tampoco de lugar a originar complejos entre las partículas de suelo, con materia orgánica que sean favorables a la formación del suelo con características deseables para que se desarrollen otras especies que no sean la kaylla.

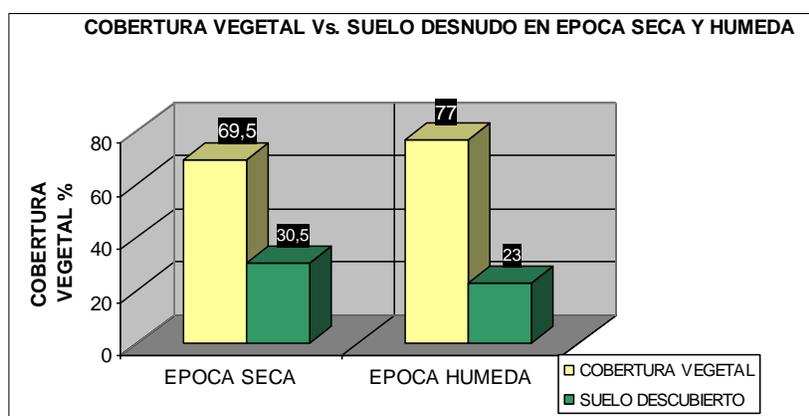
La frecuencia de las especies que comprenden esta asociación se detallan a continuación.

Grafico N° 1 Frecuencia Vs. Composición florística de la asociación vegetal Kayllar pajonal



Como se puede observar en el grafico la frecuencia de las especies vegetales dominantes en esta asociación son *Tetraglochin cristatum* aumentan su frecuencia de 36% en la época seca a 40% en la época húmeda, *Festuca orthophylla* de 19% a 21%, *Baccharis incarum* de 7% en la época seca a 9% en la época húmeda y así con otras especies presentes pero menos frecuentes. Así mismo la cobertura vegetal presenta la siguiente variación:

Grafico N°2 Cobertura vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Kayllar Pajonal

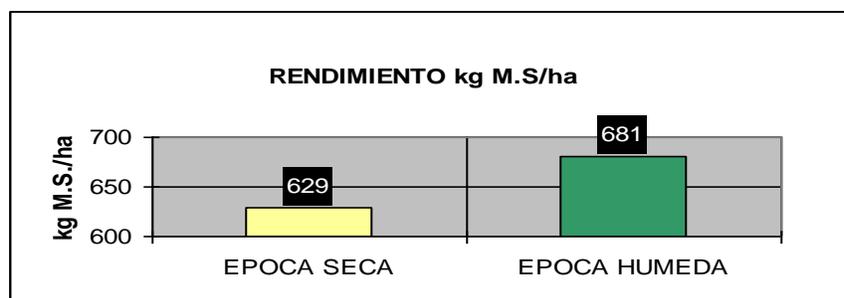


La cobertura vegetal de la asociación en época seca alcanza a 69.5 % y el porcentaje de suelo desnudo es del 30.5%.

Encontrándose en la época húmeda un aumento de cobertura vegetal a 77% y descenso del porcentaje de suelo descubierto igual a 23 %.

La producción de fitomasa como se puede apreciar en el siguiente grafico:

Grafico N°3 Producción de Fitomasa en época seca y húmeda, Asociación vegetal Kayllar Pajonal



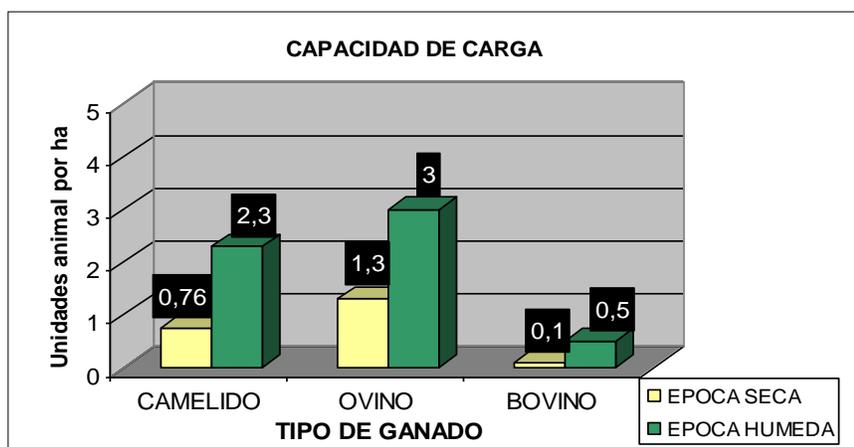
La producción de fitomasa en la época húmeda es de 681 kg de M.S. /ha de los cuales 283 kg de M.S. /ha es de *Tetraglochin cristatum*, 242 kg de M.S. /ha es de *Festuca orthophylla*, 9.2 kg de M.S. /ha de *Parastrephia lepidophylla* y 6,5 kg de M.S. /ha, otras especies menos comunes como *Achyrocline rasissima* (que desaparece casi en su totalidad en la época de estiaje), *Astragalus garbancillo*, *Tarasa tenella*.

La producción de fitomasa en época seca desciende a 629 kg de M.S. / ha donde la producción, de *Tetraglochin cristatum* de 261 kg de M.S. / ha, *Festuca orthophylla* 223 kg de M.S. / ha, *Parastrephia lepidophylla* 8.5 kg de M.S. /ha y 6.0 kg de M.S. /ha de *Astragalus garbancillo*, *Tarasa tenella*, *Bouteloua simplex* especies menos frecuentes.

Es destacable mencionar que estos pequeños arbustos de *Tetraglochin cristatum* presentan cierta atracción para los animales en algunos periodos del ciclo anual, sobre todo época húmeda donde las partes apicales, yemas presentan características metabólicas y organolépticas muy palatables para su consumo sobre todo del ganado menor, así también lo reitera Arze, V. (2003).

La capacidad de carga animal en época seca y época húmeda de la presente asociación vegetal para los tres tipos de ganado que se manejan en el área, se aprecian en la siguiente grafica:

Grafico N°4 Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido para la asociación vegetal Kayllar Pajonal.



Tomando en cuenta la capacidad de carga determinada para los tres tipos de ganado que se manejan en el área tal como se puede observar en el gráfico de arriba, este tipo de Comunidad vegetal tiene un potencial ganadero para la crianza de ganado ovino, que le brinda una condición regular en la época seca con una capacidad de carga de 1.3 U.O. y en la época húmeda la misma asociación vegetal presenta una condición buena que puede albergar a 3 U.O., ya que este animal presenta cierta preferencia por *Tetraglochin cristatum* sobre todo en la época húmeda, aunque su preferencia se reduce cuando se trata de consumir gramíneas de porte alto como la *Festuca orthophylla*, si estas ya se encuentran en un estado más maduro por su grado de lignificación que aumenta con el contenido de sílice que es un elemento de difícil digestibilidad. Sin embargo existen otras especies vegetales dentro de la composición florística de esta asociación que representan un aporte significativo en la dieta del ganado ovino como la *Achyrocline rasiissima*, *Bouteloua simplex* que desaparece al llegar la época seca.

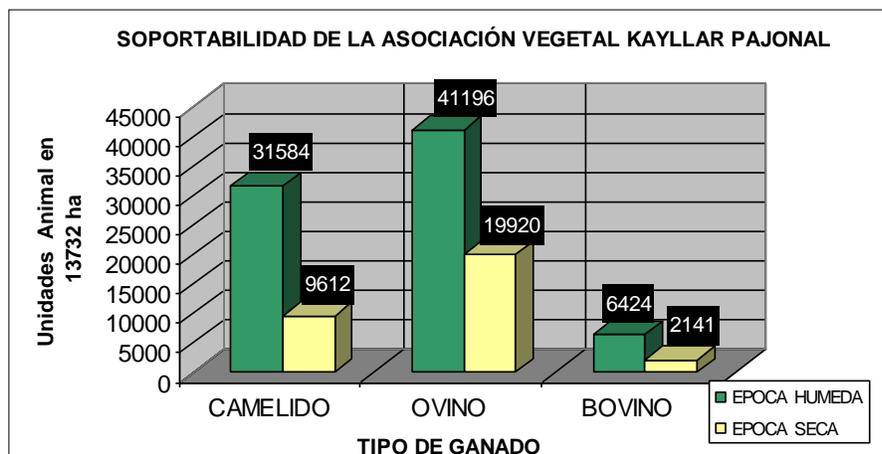
Realizando una comparación de las diferentes cargas animales ensayadas sobre la asociación y tomando las consideraciones explicadas anteriormente. La misma se reduce para la crianza de ganado camélido y bovino.

Alzerreca y Prieto, 1987 citado por IBTA (1990) determinaron una capacidad de carga de 1.5 U.O. promedio para una asociación vegetal parecida a la presente vegetación, del departamento de Oruro. Resultado que no difiere en gran manera de la capacidad de carga estimada para la presente asociación vegetal que es 1.3 U.O. para la época seca, pero que sin embargo no es comparable con una capacidad de carga de 3 U.O. para la época húmeda.

La presente asociación vegetal también podría ser apta para la crianza de ganado camélido pues le otorga una condición buena en la época húmeda, 2.3 U.LL., pero en la época seca la condición de la comunidad vegetal es pobre ya que solo mantiene 0.76 U.LL.

La carga animal se muestra en el siguiente grafico:

Grafico N°6 Soportabilidad (Carga animal) de la asociación vegetal Kayllar Pajonal



La soportabilidad para unidades ovino (U.O.) es igual a 41196 U.O. en toda la extensión de la presente comunidad vegetal para la época húmeda la misma que se reduce a 19920 U.O. para la época seca. Así mismo la carga animal para los otros dos tipos de ganado camélido y bovino son de menor grado.

5.2.1.2. Asociación vegetal pajonal de Ichu

Asociación vegetal pajonal de Stipa ichu



Foto N° 6 Asociación vegetal Pajonal de Stipa ichu

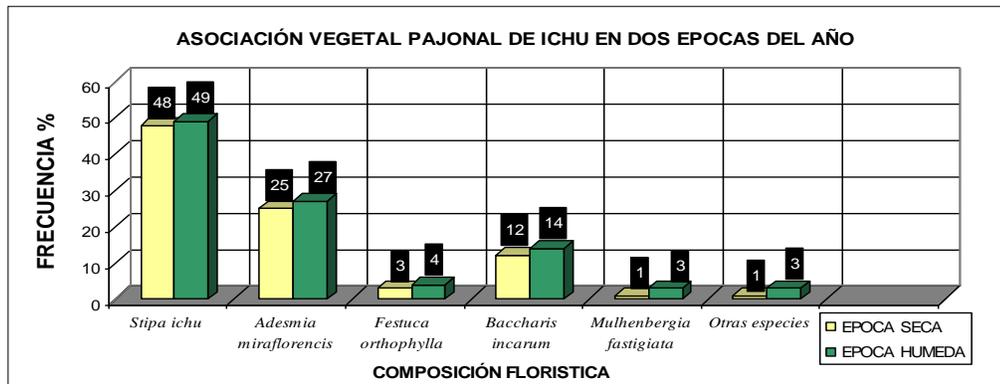
La asociación vegetal de pajonal de Ichu es la segunda mas extensa en el área de estudio, la paja ichu (*Stipa ichu*) perteneciente a la familia Poaceae, es conocida como flechilla por los pobladores del lugar por la característica de la inflorescencia, siendo la especie vegetal mas abundante en la presente asociación.

Se halla en coexistencia con especies como *Adesmia miraflorencis*, *Festuca orthophylla*, *Baccharis incarum*, *Tetraglochin cristatum* y otras especies menos frecuentes como, *Muhlenbergia fastigiata*, *Gnapalium dombeyanum* (*wira wira*), *huacataya*, *Achyrocline rasissima*, *Tajetes mandonisch* (*chij chipa*), *Distichlis humilis* (*Chiji blanco*).

Existen pequeñas dunas formadas en las laderas de algunos de los cerros que están cobijadas por *Stipa ichu* y *Baccharis incarum* y algunas especies que se hallan denominadas menos frecuentes como la *Achyrocline rasissima*.

La frecuencia de las especies que componen esta asociación es variable en función a la época del año la misma que se muestra en el siguiente grafico:

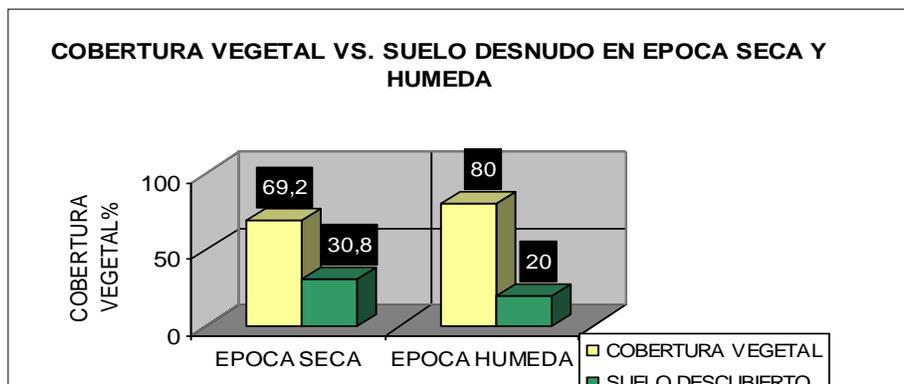
Grafico N°7 Frecuencia Vs. Composición florística de la asociación vegetal Pajonal de Ichu en época seca y húmeda.



Tal como se puede observar la ocurrencia de la especie mas dominante *Stipa ichu* es de 48% en la época seca la misma que aumenta para la época húmeda a 49%, *Adesmia miraflorensis* que pasa 25% en la época seca a 27% para la época húmeda y *Baccharis incarum* que aumenta su ocurrencia de 12% a 14% respectivamente, ocurriendo lo mismo para las demás especies presentes pero menos frecuentes como se puede apreciar en el grafico de arriba.

La variación de cobertura vegetal esta influenciada por el clima, (déficit hídrico), como se puede apreciar en:

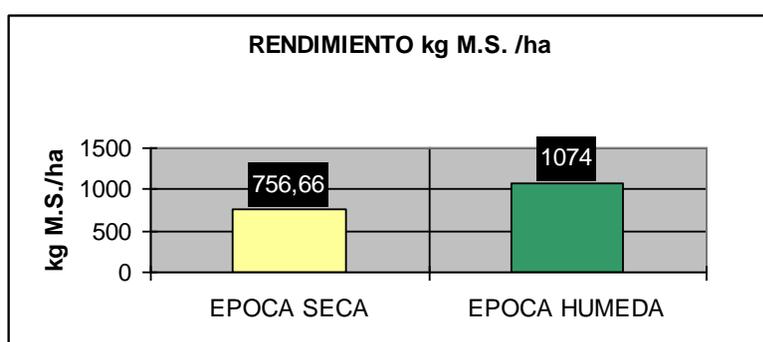
Grafico N°8 Cobertura vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Ichu



La cobertura vegetal en la época húmeda alcanza el 80% dejando un suelo descubierto de 20%. Por lo que en la época de estiaje la misma sufre un descenso hasta 69.2% con presencia de suelos sin cobertura de 30.8%.

La producción de fitomasa también esta afectada por la incidencia de una época seca y húmeda presentes en el año tal como se muestra en:

Grafico N° 9 Producción de Fitomasa en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Ichu



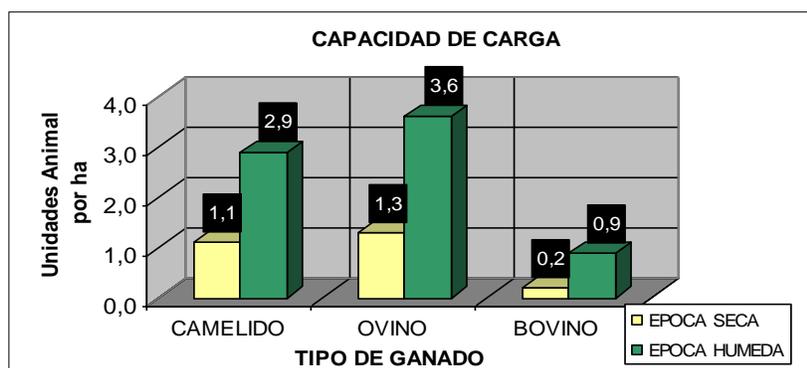
La producción de fitomasa en la época húmeda es 1074.10 kg/ha de los cuales se le atribuye 372,49 kg. de M.S. /ha de *Stipa ichu*, *Adesmia miraflorencis* 145 kg. de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 155.74 kg de M.S. /ha *Baccharis incarum* 112.78 kg. de M.S. /ha, *Muhlenbergia fastigiata* 80.56 kg de M.S. /ha, *Festuca orthophylla* 76.49 kg de M.S. /ha, *Astragalus garbancillus* 61.22 kg de M.S. /ha y otras presentes pero poco frecuentes 69.81 kg. de MS/ha que se describieron líneas arriba.

El rendimiento de materia seca en la época de estiaje se reduce a 756.66 kg. de MS/ha de los cuales la *Stipa ichu* alcanza una producción de 273.66 kg. de M.S. /ha, *Adesmia miraflorencis* 122.49 kg de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 108.23 kg de MS/ha *Baccharis incarum* 74.97 kg de M.S. /ha, *Muhlenbergia fastigiata* 55.48 kg de MS/ha, 35.96 kg de M.S. /ha *Astragalus garbancillus* y las especies poco frecuentes 33 kg de M.S. /ha.

Realizando una comparación de producción de fitomasa para la presente asociación vegetal, autores como Quisbert H. (2003) quien encontró una producción de 1022 kg. M.S. / ha. Promedio. En el altiplano norte de La Paz mientras que nosotros encontramos una producción de 1074 Kg M.S. / ha en época húmeda y 756 kg M.S. / ha en época seca, por lo que corresponde decir que los datos obtenidos representan a una producción de altiplano central, considerando la variación del clima en los diferentes pisos altitudinales.

Para determinar el potencial ganadero de la presente asociación vegetal se considero establecer la capacidad de carga para los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio los mismos que se pueden apreciar en:

GraficoN°10 Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Pajonal de Ichu.



La condición de la asociación vegetal es buena en la época húmeda para la crianza de camélidos con capacidad de carga de 2.9 U.LL., ya que estos animales al poseer características anatómicas favorables, presentan buena digestibilidad al consumo de gramíneas de porte alto como la *Stipa ichu*, *Festuca orthophylla* Pero la capacidad de carga de la presente asociación para camélidos en época seca es de 1.1 U.LL. /ha por que la condición de la comunidad vegetal se torna regular.

Pero la presente comunidad vegetal presenta también una condición buena para la crianza de ovinos con una capacidad de carga de 3.6 U.O., que muestra mayor preferencia por otras especies vegetales que comprenden la composición florística de la asociación vegetal, como *Adesmia miraflorensis*, *Mulhebergia fastigiata*, *Achyrocline rasissima* que poseen características palatables en la época húmeda.

En la época seca la condición de la asociación vegetal se torna regular con una capacidad de carga 1.3 U.O. a causa de la desaparición de especies deseables con buenas características organolépticas y lignificación de las especies poco deseables, pero el aprovechamiento de estas especie como *Stipa ichu*, *Baccharis incarum*, *Festuca orthopylla* representan un consumo de forraje forzado en la época seca, pero siguen presentando un valor nutritivo bueno en el caso de *Baccharis incarum* en las hojas maduras, y para la *Stipa ichu* las hojas maduras presentan un valor nutritivo regular si se consideran los aportes nutritivos como Proteína cruda, calcio, Fósforo, Nitrógeno total disponible.

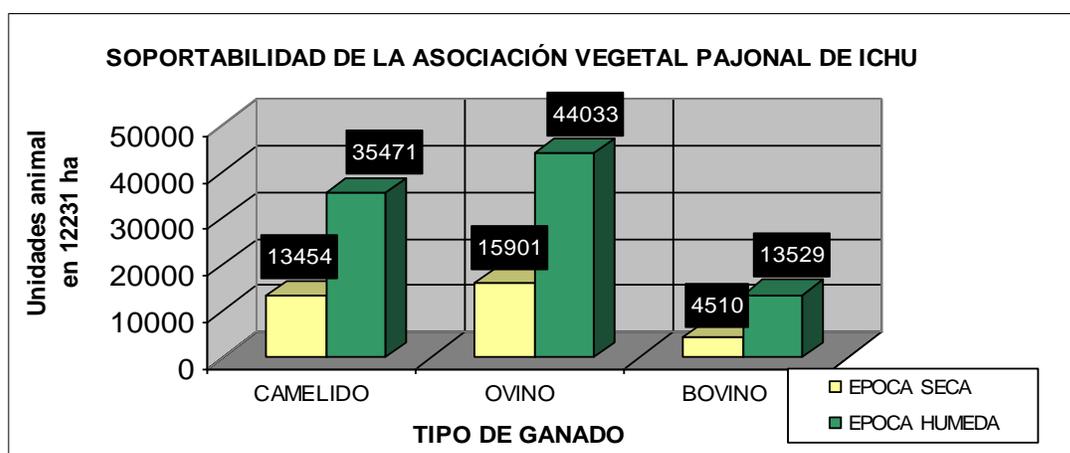
Así mismo también se estableció la condición de la asociación vegetal para la crianza de bovinos que resulta ser muy pobre, en la época seca con 0.2 U.B, mientras que para la época húmeda la capacidad de carga llega 0.9 U.B donde la situación de la asociación vegetal representa una condición regular, ya que los requerimientos de consumo de materia seca en kg. / día es elevada en la época estiaje igual que en la época húmeda lo mismo que sus requerimientos nutricionales. Además se deben considerar el clima, topografía, del lugar donde se encuentra ubicada esta comunidad vegetal que no favorece a la crianza de ganado bovino. Por lo que sería aconsejable proveer de alimento extra como heno y otros, aparte de utilizar estas praderas como fuente alimentación si se piensa introducir este tipo de ganado.

En San Andrés de Machaca, Altiplano Norte La Paz se determino una capacidad de carga de 3.33 U.LL. promedio, Mientras que para ganado ovino la capacidad de carga es de 2 U.O, Alzerraca y Prieto, 1987. Citado por IBTA (1990). Para una Asociación vegetal de *Stipa ichu*. Por lo que se puede corroborar que son datos que

muestran diferencias significativas con los datos encontrados para el lugar de estudio ubicado en el altiplano central.

Una vez determinada la capacidad de carga se estableció la soportabilidad de la pradera para los tres tipos de ganado el cual se muestra en:

Grafico Nº 11 Soportabilidad (Carga animal) de Asociación vegetal Pajonal de Ichu.



Tal como se puede apreciar en el gráfico para toda la extensión de la asociación vegetal la soportabilidad de la misma está dada por una carga animal de 13454 U.LL. para la época seca y de 35471 U.LL. en la época húmeda.

De la misma forma se estableció una soportabilidad de la asociación para ganado ovino donde se determinó la carga animal para la época húmeda igual 44033 U.O. y para la época seca 15901 U.O. en toda la extensión de la comunidad vegetal.

Se puede decir que la presente comunidad vegetal presenta una mayor soportabilidad de número de unidades ovino con respecto al ganado camélido, pero se debe considerar que la condición de la presente asociación es igual para los dos

tipos de ganado en la época seca y húmeda por lo que el potencial ganadero es favorable para el manejo de ovino como camélidos y no ha así tanto para bovinos.

La carga animal para ganado bovino es mínima en comparación con el ganado ovino y camélido como se puede apreciar la misma es de 4510 U.B. para la época seca y 13529 U.B. para la época húmeda, pese a tener esta carga animal no es muy aconsejable el manejo de este tipo de ganado por las limitaciones de clima, topografía del área de estudio.

5.7.2.3. Asociación vegetal pajonal de Iru ichu

Asociación vegetal tipo pajonal de Festuca orthophylla

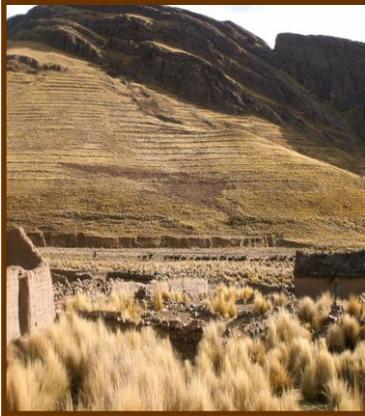


Foto N° 7 Cobertura vegetal en época seca

Foto N° 8 Cobertura vegetal en época húmeda

Este tipo de asociación se halla presente cubriendo un área denominada unidad fisiográfica serranía alta con disecciones fuerte, y sub-unidades fisiográficas pie de monte, cimas empinadas.

El paisaje es verde en la época húmeda donde la vegetación presenta características mas, palatables para los animales acompañado de una vista escénica de las afloraciones de agua que dan lugar a quebradas en forma de (V), que constituyen valles jóvenes de extensiones pequeñas que a lo lejos se pueden divisar como áreas compuestas de suelos hidromorfos. Posteriormente en la época seca la cubierta vegetal verde pasa a transformarse a un color blanco cremoso dada la madurez alcanzada por la planta lo que genera una transformación en cuanto al endurecimiento notable de las hojas lo que la hace menos palatable, sobre todo para el ganado ovino, bovino respecto al ganado camélido que es el que sigue aprovechando este tipo de vegetación como alimento. Pero los valles jóvenes colgantes siguen presentando cubierta vegetal casi siempre verde con disponibilidad de agua.

La vegetación esta principalmente conformada por una gramínea perenne que forma matas algo densas, de diámetro variable con frecuencia de más de medio metro.

Que es la especie mas frecuente denominada *Festuca orthophylla*, “paja brava”, perteneciente a la familia Poaceae con hojas de forma de aguja y punzantes, inflorescencias conocidas como “parawayos” por la población local de la región, que son inflorescencias en paniculas angostas. En ocasiones es común ver que áreas dentro de esta asociación vegetal son quemadas para inducir al rebrote de esta especie para su posterior pastoreo.

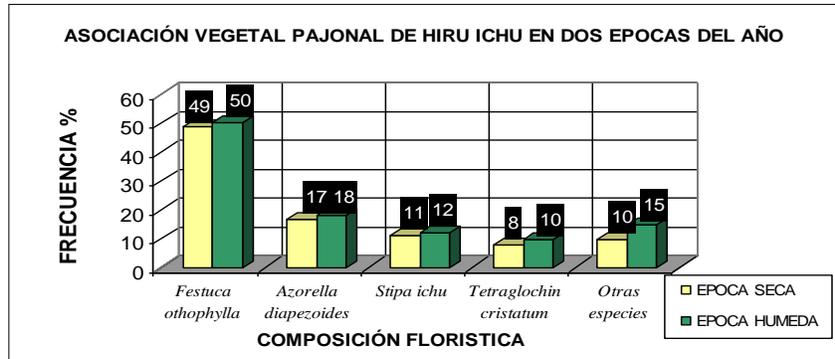
En la composición florística de este tipo de pradera, aparte de la especie dominante, se tienen a: *Azorella diapedoides*, *Stipa ichu*, *Parastrephya lepidophylla*, *Mulhenbergia fastigiata*, *Tetraglochin cristatum*.

Y en proporciones menos considerables, otras especies en menor grado *Bouteloua simplex* “llapa”, *Mulhenbergia peruviana*, como también pastos rizo matosos o hemicriptofitas menos densas, algunos pastos anuales pero menos frecuentes “Orco llapa”, *Poa candamoana* “Khunchu”, *Nototriche flavellata* “K’ora”.

La especie *Azorella diapedoides* se encuentra en trazas en todo lo extenso de esta comunidad vegetal, inclusive en laderas empinadas, es una planta de crecimiento extremadamente lento 1mm., por año de forma almohadonosa muy compacta, el uso de esta especie como combustible es escaso pero se dice que en tiempos pasados se la usaba con mas frecuencia, ya que si bien tiene un poder calorífico de solo 1.650 Kcal. /kg. tiene la capacidad de arder lentamente por lo que de igual forma es aprovechable como combustible.

La frecuencia de las especies vegetales en la presente asociación presenta la siguiente variación en función a la época como se muestra en el grafico N° 13 en la siguiente página:

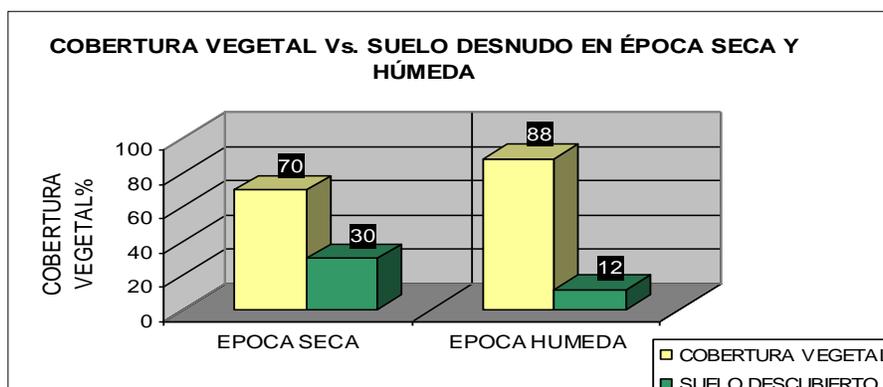
Grafico N°13 Frecuencia Vs. Composición Florística de la Asociación vegetal Pajonal de Iru ichu



Tal como se puede apreciar las variaciones de frecuencia para especies como *Festuca orthophylla* de 49% en la época seca a 50% para la época húmeda, *Azorella diapezoides* de 17% a 18% respectivamente y otras especies como *Stipa ichu* incrementan su frecuencia de 11% en la época estiaje a 12 % en la época húmeda, *Tetraglochin cristatum* 8% a 10% igualmente y otras especies presentes pero en menor proporción de igual forma presentan variación de 10% a 15%.

Otra variación, que es apreciable en la asociación es la cobertura vegetal en la época húmeda y época seca como se puede ver en:

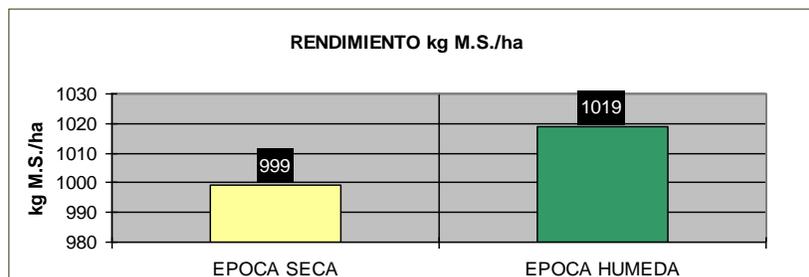
Grafico N°14 Cobertura vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Iru ichu



Como se observa en el grafico la cobertura vegetal para la época húmeda alcanza el 88 % dejando un suelo descubierto del 12 %. La misma que se reduce en la época seca a un 70% que crea un aumento de suelo desprotegido en un 30%.

La producción de fitomasa estimada para la presente asociación vegetal presenta una variación en función de la época en que se cosecho como se muestra en:

Grafico N°15 Producción de Fitomasa vegetal en época seca y húmeda, Asociación vegetal Pajonal de Iru ichu



La producción de fitomasa en la época húmeda alcanza los 1019 kg de M.S. /ha suelos de esta pradera tipo pajonal, donde la producción de fitomasa de *Festuca orthophylla* es 419.246 kg de M.S. /ha, *Azorella diapezoides* 256.201 Kg de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 69.874 kg de M.S. /ha, *Muhlenbergia fastigiata* 128.103 kg de M.S. /ha, *Parastrephya lepidophylla* 64.051 kg de M.S. /ha, *Stipa ichu* 81.52kg de M.S. /ha.

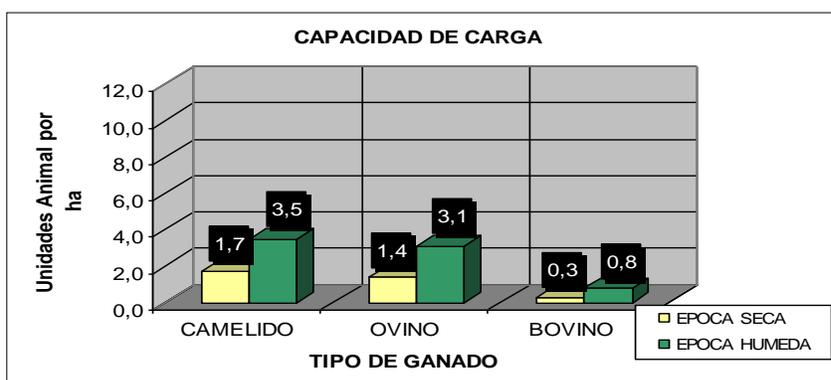
En la época seca la producción de Fitomasa es 999 kg de M.S. /ha de los cuales la producción de *Festuca orthophylla* llega a 411.017 kg de M.S. /ha, *Azorella diapezoides* 250.201, *Tetraglochin cristatum* 69.874 kg de M.S. /ha, *Mulhenbergia fastigiata* 125.589 kg de M.S. /ha, *Parastrephya lepidophylla* 62.794 kg de M.S. /ha, *Stipa ichu* 79,920 kg de M.S. /ha.

Los resultados obtenidos por Quisbert H. (2003) en el altiplano norte de La Paz fueron de 1895 kg de M.S. /ha, resultado que difiere de la producción de fitomasa

encontrada por mi persona para la misma asociación vegetal en el altiplano central lugar donde se ubica nuestra área de estudio. En cambio Alzerreca y Lara (1995), obtuvieron una producción promedio de 1000 kg de M.S. /ha para el altiplano central, datos que son casi similares a los resultados determinados en época húmeda 1019 kg de M.S. /ha y época seca 999 kg de M.S. /ha para la misma asociación vegetal en discusión que también se encuentra en el altiplano central.

Para establecer el potencial ganadero de la asociación vegetal se determino la capacidad de carga de los tres tipos ganado que se manejan en el área:

Grafico N°16 Capacidad de carga en época húmeda y época seca para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Pajonal de Iru ichu.



Esta pradera mantiene una condición buena en la época seca para el manejo de ganado camélido con una capacidad de carga de 1.7 U.LL., pese a que la especie dominante tiene un valor nutritivo regular en las hojas maduras ya que el grado de lignificación y contenido de sílice aumentan al llegar la época seca pero este animal posee características fisiológicas que le permiten una aceptable digestibilidad de este forraje, ya que en la época húmeda resulta ser mas apetecible todavía y con valor nutritivo considerable, además de la aparición de especies deseables por lo que la condición de la comunidad vegetal se torna excelente para la crianza de este tipo de ganado con una capacidad de carga de 3.5 U.LL.

Pero esta pradera también representa una condición regular para el manejo de ganado menor (ovino), con una capacidad de carga 1.4 U.O y en la época húmeda la condición de la comunidad vegetal es buena siendo que la capacidad de carga asciende 3.1 U.O., por el aprovechamiento que le da a la especie dominante *Festuca orthophylla* en su estado tierno, además de existir otras especies dentro de la composición florística como *Tetraglochin cristatum*, *Mulhenbergia fastigiata*, pastos anuales.

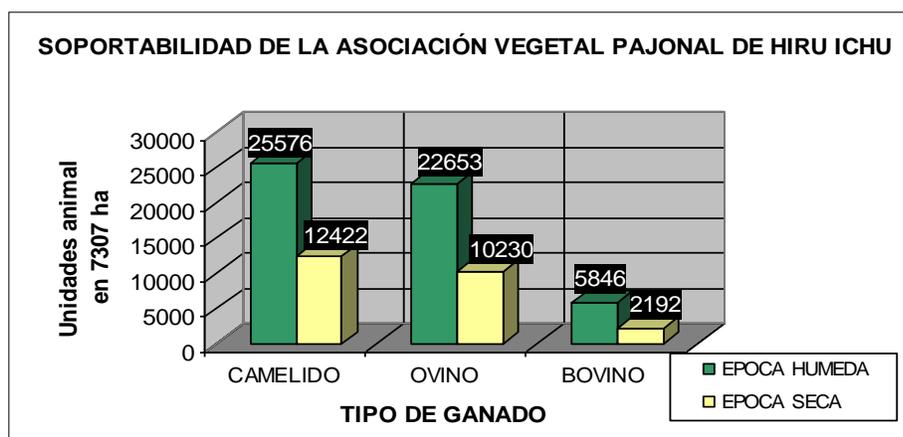
La condición de pradera para el manejo de ganado bovino es pobre en la época seca con una capacidad de carga de 0.3 U.B. /ha, pero en la época húmeda la capacidad de carga es 0.8 U.B. con una condición regular de la asociación vegetal que no ayuda a elevar la capacidad de carga de este tipo de ganado que también se ve afectado por las condiciones climáticas.

La capacidad de carga estimada en la comunidad Urachaquilla, provincia Pantaleón Dalence del departamento de Oruro fue de 3 U.LL. Promedio, para un pajonal de *Festuca orthophylla* en la serranía, Mendoza Y. (2003), dato que entra en el rango de capacidad de carga determinada para el lugar de estudio que en época seca es de 1.7 U.LL y en época húmeda de 3.5 U. LL.

Mientras que para la misma asociación vegetal Mendoza Y. (2003), reporta una capacidad de carga ovina de 2.3 U.O. en planicie a 3.5 U.O. en serranía como promedio para la comunidad Urachaquilla de la Provincia Pantaleón Dalence, información que también se asemeja con la capacidad de carga estimada para el área de estudio que es de 1.4 U.O. / ha en época seca y 3.1 U.O. /ha en la época húmeda, ya que ambos lugares de estudio se encuentran lado a lado.

La soportabilidad de la pradera estimada se puede apreciar en:

Grafico N° 17 Soportabilidad (Carga animal) de la asociación vegetal Pajonal de Iru ichu



La soportabilidad de la presente comunidad vegetal esta dada por la carga animal que se estableció para la presente asociación vegetal para los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio en toda su extensión.

Siendo que la carga animal para camélidos en la época húmeda es de 25576 U.LL. y de 12422 U.LL. en la época seca.

Estableciéndose una soportabilidad de la pradera para ovinos igual a 22653 U.O. en la época humada y de 10230 U.O. en la época seca en toda la extensión de la asociación vegetal.

De la misma forma se estableció una carga animal para bovinos de 5846 U.B. para la época húmeda la misma que se reduce a 2192U.B. en la época de estiaje.

Se debe considerar que por las limitaciones de clima, topografía, tipo de vegetación donde se desarrolla no es recomendable el uso de esta comunidad vegetal para pastoreo de ganado bovino, pese a presentar la carga animal estimada.

Con las consideraciones establecidas anteriormente de clima, topografía, vegetación para la presente asociación vegetal la misma presenta un potencial ganadero, más recomendable para manejo de ganado camélido, por el aprovechamiento más eficiente que este tipo de ganado le da en las condiciones en que se desarrolla la comunidad vegetal mencionada.

5.2.1.4. Asociación Vegetal Arbustal de Añahuaya

Asociación vegetal Arbustal de Adesmia miraflorencis



Foto N° 10 Arbustal de Añahuaya en serranía media
(Totoroco; Acomarca)



Foto N° 11 Arbusto de
añahuaya en época seca

Arbustal de Añahuaya, es la cobertura vegetal que se halla revistiendo una fisiografía compuesta de serranías con disecciones moderadas. El paisaje comprende un escenario agreste, seco por las características del suelo, tanto en la época húmeda como en la época seca, con la diferencia que en la época de lluvias la cubierta vegetal es más tierna tomando una coloración verde clara lo que la hace más palatable para el ganado ovino, bovino. Y en la época seca la planta se lignifica más, ocasionando que la planta sea menos palatable y restringido solo para ovinos.

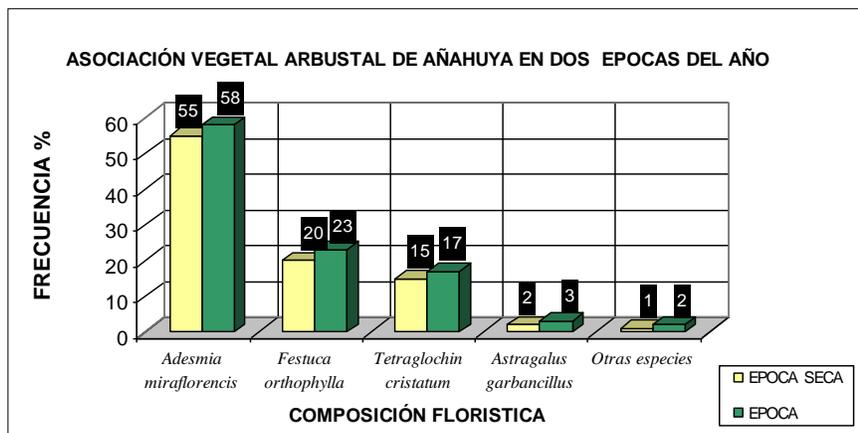
También dentro de esta asociación es frecuente encontrar valles colgantes que se originan en la parte alta de la serranía por la presencia de afloraciones de agua. Donde la vegetación es más densa, que persiste a lo largo de todo el año.

La especie mas frecuente es la *Adesmia miraflorencis* “Añahuaya” perteneciente a la familia Fabaceae, perenne, con flores propias de leguminosas. Una característica de esta especie por su persistencia en todo el año es la capacidad de enraizarse hasta

profundidades de 10 m a 20 m. En el subsuelo por lo que llega a alcanzar bolsones de agua de acuíferos libres, que se recargan por las características litológicas de la serranía, en la temporada de lluvias. Por lo que la planta en la época seca puede acceder al líquido elemento de esa forma.

En la composición florística de la vegetación otras especies menos frecuentes fueron la *Festuca orthophylla*, *Tetraglochin cristatum* y especies presentes pero poco frecuentes *Astragalus garbancillus*, *Erodium sicutarum* y cactáceas como *Lobivia maxmiliana*, que se pueden apreciar en:

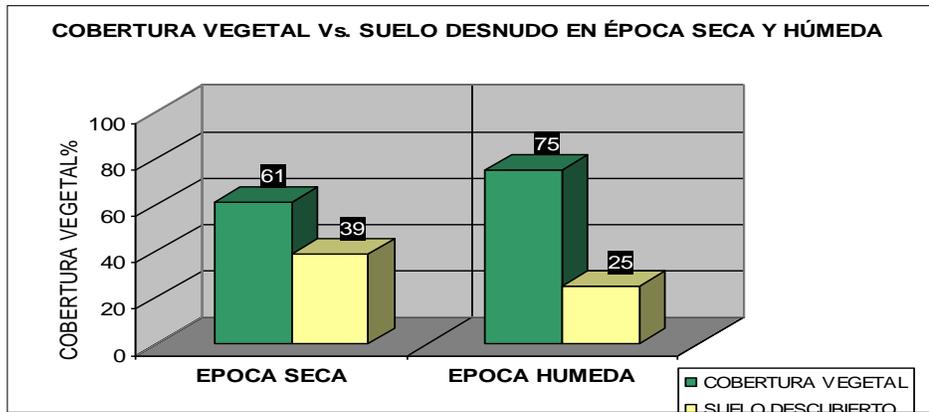
Grafico N°18 Frecuencia de las especies vegetales en época seca y húmeda que componen la asociación vegetal Arbustal de Añahuaya



La frecuencia de *Adesmia miraflorensis* incrementa de 55% en la época seca a 58% en la época húmeda, de la misma forma las demás especies como *Festuca orthophylla* aumenta su frecuencia de presencia de 20% a 23%, *Tetraglochin cristatum* de 15% a 17%, *Astragalus garbancillus* de 2% a 3% respectivamente, además de especies menos frecuentes pero presentes como *Erodium sicutarum* y cactáceas de 1 a 2%.

La presencia de cobertura vegetal es variable en función de la época tal como se puede apreciar en:

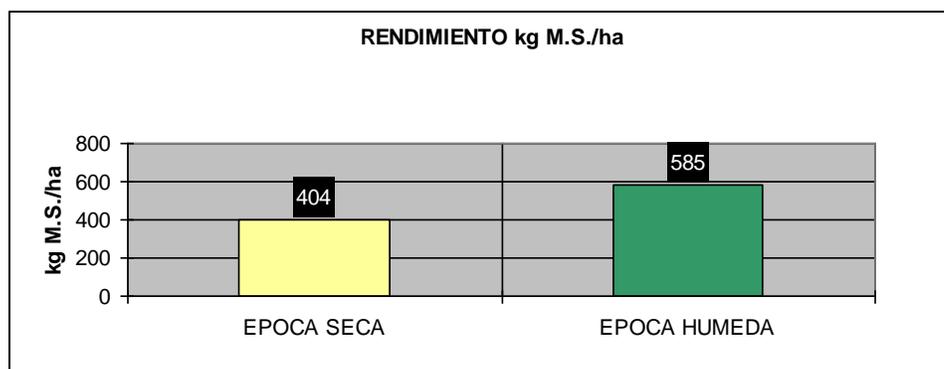
Grafico N° 19 Cobertura vegetal en época húmeda y seca, Asociación vegetal arbustal de Anafaya



La cobertura vegetal es del 75% dejando un suelo descubierto de 25%, para la época húmeda. Existiendo una disminución de la misma hasta un 61 % por lo que la superficie de suelo desprotegido aumenta hasta el 39% en la época seca.

La producción de fitomasa establecida en dos épocas del año para la presente asociación vegetal se puede apreciar en:

Grafico N°20 Producción de Fitomasa en época seca y húmeda; Asociación vegetal Arbustal de Añahuaya.



La producción de fitomasa en la época húmeda alcanza los 585 kg de M.S. /ha de los cuales la producción de fitomasa seca de *Adesmia miraflorensis* es 236 kg de

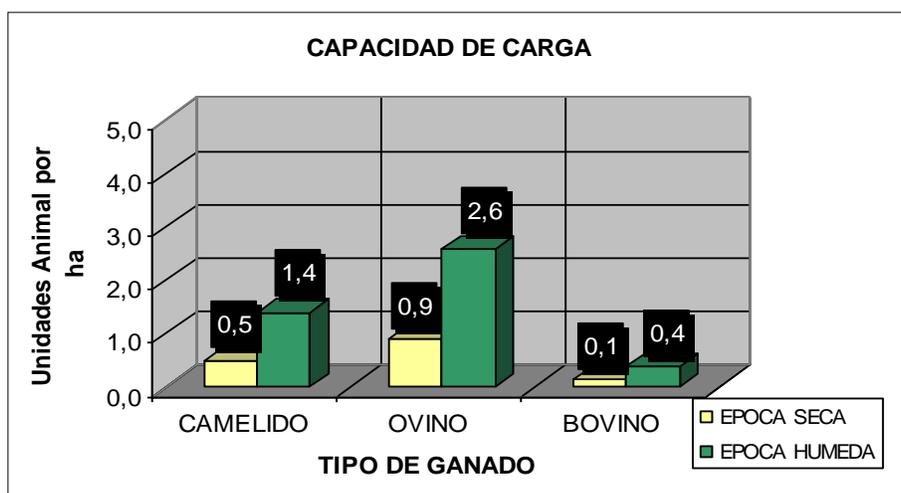
M.S. /ha, *Festuca orthophylla* 175 kg de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 103 kg M.S. /ha y las otras especies 71 kg de M.S. /ha.

La producción de fitomasa en la época seca se reduce a 404 kg de M.S. /ha de los cuales *Adesmia miraflorencis* produce 0.163 kg de M.S. /ha, *Festuca orthophylla* 121 kg de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 71 kg de M.S. /ha y 49 kg de M.S. de otras especies menos frecuentes pero presentes.

Los resultados obtenidos de producción de fitomasa para esta asociación vegetal comprueban los resultados que otros investigadores como Alzerraca y Lara (1990) en el departamento de Oruro que determinaron una producción promedio de 400 kg de M. S. /ha, promedio. Resultados que son casi similares a los que se obtuvieron en el área de estudio para época húmeda 585 kg de M.S. /ha y para época seca 404 kg de M. S. /ha.

Para la determinación del potencial ganadero de la presente comunidad vegetal se estableció la capacidad de carga animal para los tres tipos de ganado que se manejan en el área, los cuales se pueden apreciar en el siguiente grafico:

Grafico N° 21 Capacidad de carga en época húmeda y seca para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Arbustal de Añahuaya.



La asociación vegetal arbustal de Añahuaya, conocido con el nombre de valles secos (Alzerraca y Lara, 1990) presenta una condición de sitio de pastoreo pobre para el ganado camélido en época seca con una capacidad de carga 0.5 U.LL. En cambio para la época húmeda la condición de la presente comunidad vegetal es regular con una capacidad de carga de 1.4 U.LL.

Por el aporte en alimento que otorga esta asociación vegetal al ganado menor en la época húmeda su condición es buena que puede sostener una carga animal de 2.6 U.O., pero para la época seca su condición se torna regular entonces su capacidad de carga se reduce a 0.9 U.O.

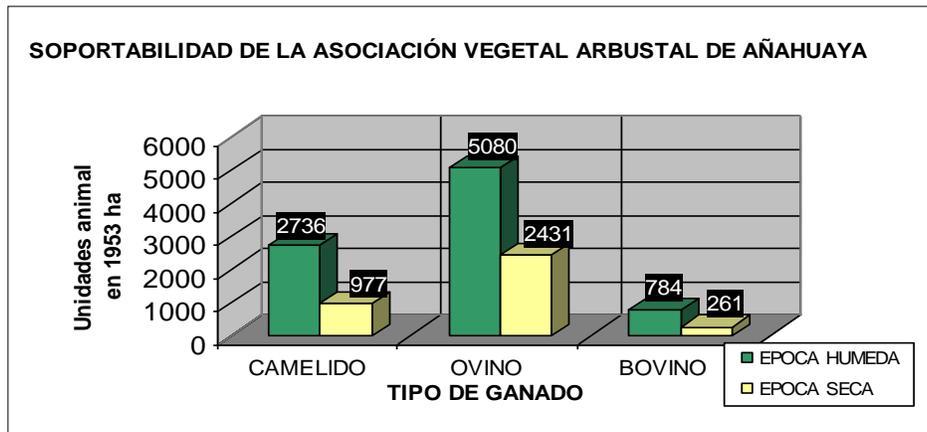
La condición para pastoreo para el ganado camélido es pobre debido a los requerimientos de consumo de 1.33 kg M.S. /día en la época húmeda y de 1.92 kg M.S. /día en la época seca. Y por la extensión del área de la asociación no es conveniente.

La condición de sitio de pastoreo para ganado bovino es pobre ya que la capacidad de carga es reducida a 0.40 U.B. /ha en la época húmeda y para la época seca 0.1 U.B. /ha.

Resultados obtenidos por Alzerraca y Prieto (1987) citado por IBTA (1990) en San Andrés de Machaca Altiplano norte obtuvieron una capacidad de carga ovina igual a 2 U.O. /ha promedio que entra dentro del rango de capacidad de carga estimada para la asociación vegetal del área de estudio correspondiente a la época seca igual a 0.9 U.O. /ha la misma que asciende en la época húmeda 2.6 U.O. /ha.

La soportabilidad de la comunidad vegetal esta dada por la carga animal establecida para los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio que se muestran en el grafico N° 22 de la pagina siguiente:

Grafico N°22 Soportabilidad (Carga animal) en época seca y húmeda; Asociación vegetal Arbustal de Añahuaya



Como se puede observar la soportabilidad de la pradera es 5080 U.O. como carga animal para la época húmeda y para la época seca la misma se reduce a 2431 U.O. de carga animal.

La carga animal para camélidos de la misma forma es de 977 U.LL. para la época seca la misma que asciende 2736 para la época húmeda. Para bovinos la soportabilidad que presenta la comunidad vegetal es de menor grado como muestra el grafico en comparación de los anteriores tipos de ganado.

Tomando en cuenta la capacidad de carga, carga animal y otras consideraciones como palatabilidad de las especies vegetales, clima, topografía presentes en la asociación vegetal esta comunidad vegetal tiene potencial ganadero para pastoreo de ganado menor, ovino.

5.2.1.5. Asociación vegetal pajonal tholar

Asociación vegetal pajonal de Festuca orthophylla y Parastrephya lepidophylla



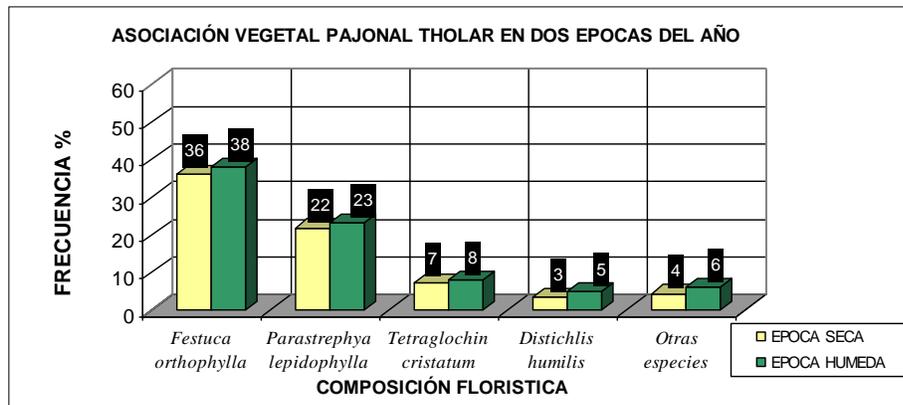
Foto N° 12 Asociación vegetal Pajonal Tholar (Valle de Fondo)

La presente asociación tiene una composición florística de *Festuca orthophylla*, *Parastrephya lepidophylla*, *Tetraglochin cristatum*, *Distichlis humilis*, y especies menos frecuentes como *Stipa ichu* y *Azorella diapezoides*.

Donde la especie mas dominante es *Festuca orthophylla* de la familia Poaceae seguida de *Parastrephya lepidophylla* que pertenece a la familia Asteracea. De estas dos especies que cohabitan en predominancia proviene el nombre de esta asociación vegetal tipo pajonal tholar.

La frecuencia de las especies vegetales que componen esta asociación es variable según la época como se puede apreciar en:

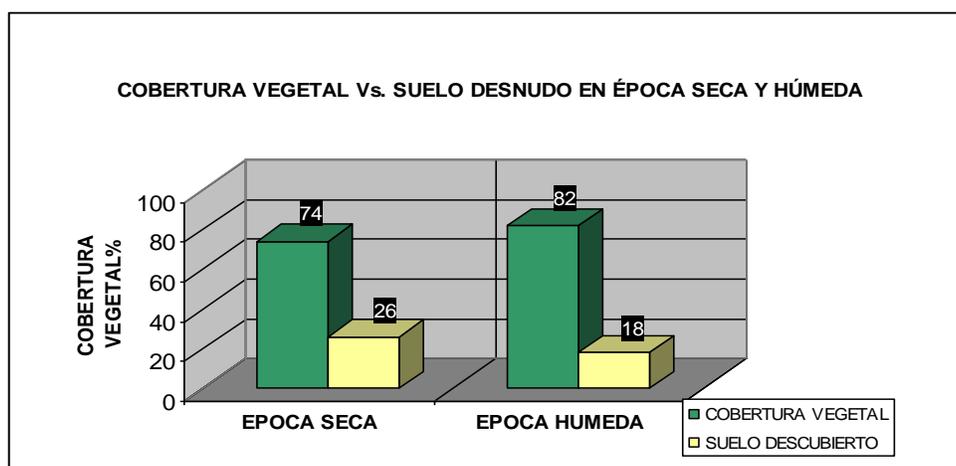
Grafico N° 23 Frecuencia de las especies vegetales que componen la asociación vegetal Pajonal Tholar en época seca y húmeda



Existe un notable incremento con relación a la frecuencia que de 36% a 38 % aumenta el nivel de presencia de *Festuca orthophylla* atravesando de una época seca a una época húmeda, lo mismo sucede con las demás especies donde *Parastrephya lepidophylla* pasa de 22 % a 23 %, *Tetraglochin cristatum* de 7% a 8%, *Distichlis humilis* de 3% a 5 % y otras especies menos frecuentes como *Azorella diapezoides* y *Stipa ichu* incrementan su frecuencia de 4 % a 6% respectivamente.

La cobertura vegetal también esta sujeta a la variación de dos épocas marcadas por la disponibilidad de agua en el área de estudio, tal como se puede apreciar en:

Grafico N° 24 Cobertura vegetal en época seca y húmeda; Asociación vegetal Pajonal Tholar

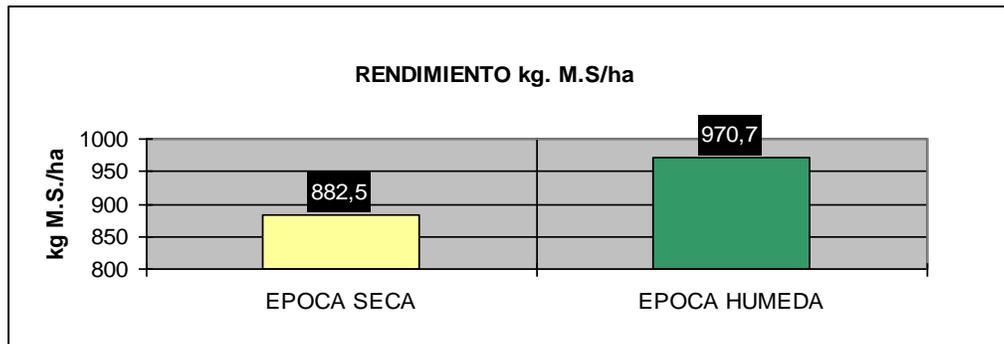


Dada las características morfológicas de las especies mas dominantes en esta asociación y demás que se mencionan anteriormente se puede explicar que la cobertura vegetal que protege a esta superficie llega a ser de 82% en la época húmeda descendiendo a 74% en la época de estiaje. Por lo que la presencia de suelo descubierto aumenta de un 18% a 26 % , este incremento se debe que algunas de las especies como *Distichlis humilis* requieren mas humedad para mantenerse sobre la superficie del suelo, además se debe considerar que la palatabilidad de esta especie es alta sobre todo para el ganado menor que es el que lo consumirá con mas preferencia ya que no apetece de gramíneas de porte alto como la *Festuca orthophylla* por su alto contenido de sílice que aumenta su lignificación conforme la

planta se desarrolla lo que la vuelve menos digestible y no prefiere la *Parastrephya lepidophylla* ya que pese a tener un considerable contenido de nutrientes y ser mas digestible para el animal la presencia de algunos aceites escensiales o componentes secundarios (resinas, terpenos, glucosinolatos)en la planta le dan características metabólicas y organolépticas deterrentes para su consumo .

La cosecha de fitomasa realizada en época seca y en época húmeda también es variable como se puede ver en grafico siguiente:

Grafico N° 26 Producción de Fitomasa vegetal en época seca y húmeda; Asociación vegetal Pajonal Tholar



La Producción de materia seca en la época húmeda alcanza los 970.35 kg M.S. /ha de los cuales 363.98 kg. M.S. /ha representan la producción de *Festuca orthophylla*, 248.13 kg M.S. /ha *Parastrephya lepidophylla*, 102.38 kg M.S. /ha de *Tetraglochin cristatum*, *Distichlis humilis* 73.47 kg M.S. /ha y especies menos frecuentes como *Stipa ichu*, *Azorella diapezoides* 108 kg M.S. /ha.

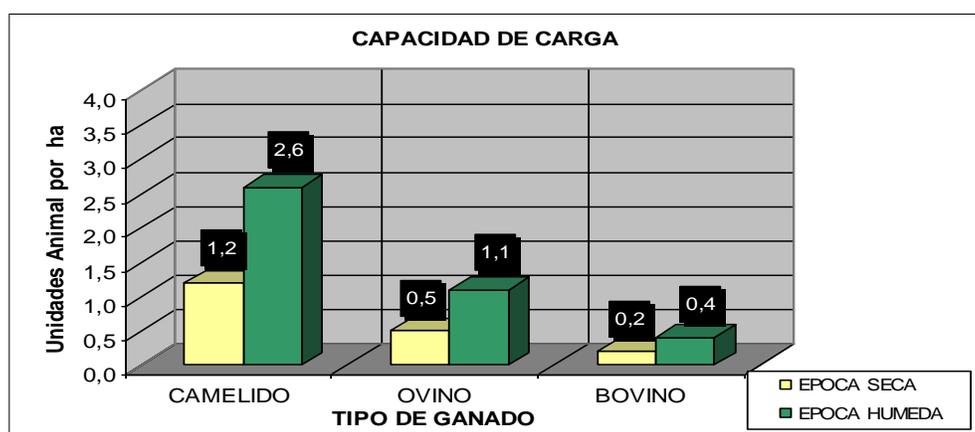
La época seca en el altiplano representa una disminución de la temperatura, elevada radiación solar, cese de las precipitaciones pluviales por lo que especies vegetales que no presentan una cutina resistente a la evapotranspiración desaparecerán por un buen tiempo, por lo que la disminución de producción de fitomasa en la asociación se reducirá así como también se acentuaran áreas de suelo desprovistas de cobertura vegetal.

Por lo que se tiene una producción de fitomasa 882.4 kg M.S. /ha de las cuales 350.49 kg M.S. /ha representan la producción de *Festuca orthophylla*, 225.17 kg M.S. /ha de *Parastrephya lepidophylla*, 96.32 kg M.S. /ha de *Tetraglochin cristatum*, 61.02 kg M.S. /ha de *Distichlis humilis* y especies menos frecuentes 91 kg M.S. /ha.

Resultados obtenidos por Alzerraca y Zeballos (1987) muestran una producción de fitomasa obtenida de 1082 kg M.S. /ha promedio en el Altiplano central, departamento de Oruro. En cambio Quisbert. H. (2003) muestran una producción de de fitomasa 1895.55 kg M.S. /ha promedio para el altiplano norte de La Paz. Mientras que para el área de estudio se obtuvieron producción de fitomasa para época húmeda de 970.35 kg de M.S. /ha y para la época seca 882.4 kg de M.S. /ha por lo que se puede deducir que los resultados contrastan con los datos obtenidos por Alzerraca y Zeballos (1987).

Para establecer el potencial ganadero de la presente asociación vegetal se determino la capacidad de carga considerando los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio, resultados que se pueden apreciar en:

Grafico N° 27 Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido; Asociación vegetal Pajonal Tholar.



La condición como sitio de pastoreo es buena para el manejo de ganado camélido en época húmeda, con una capacidad de carga de 2.6 U.LL. , siendo que para la época

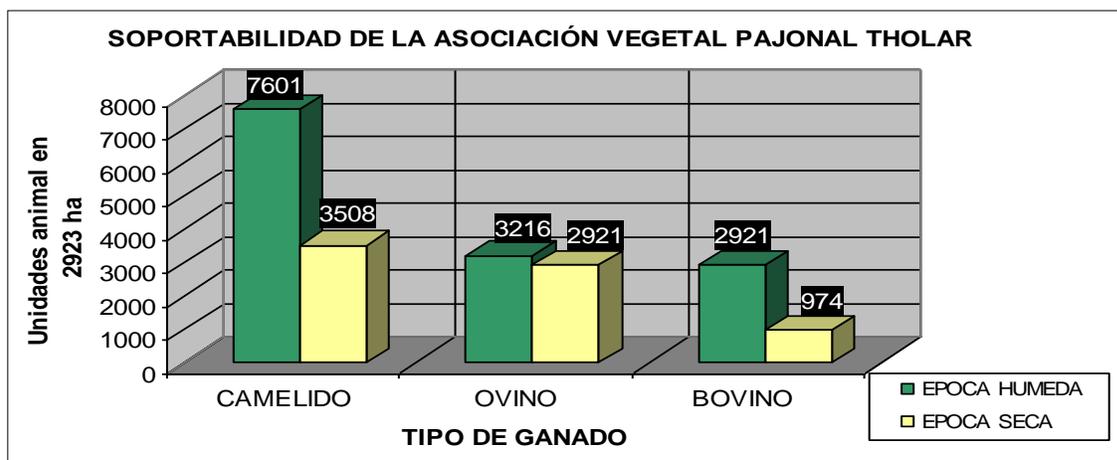
seca la condición de la asociación vegetal se vuelve regular pues presenta una reducción de la capacidad de carga a 1.2U.LL.

La condición de sitio de pastoreo en época húmeda para el manejo de ovinos es regular, con una capacidad de carga 1.1 U.O., la misma que se reduce 0.5 U.O. por que la condición de la asociación vegetal se vuelve pobre.

La condición de sitio de pastoreo para el manejo de ganado bovino es pobre, lo que da una capacidad de carga 0.4 U.B. /ha en la época húmeda y en la época seca se reduce a 0.2 U.B. /ha.

La soportabilidad de la asociación vegetal esta dada por la carga animal establecida para los tres tipos de ganado que se manejan en el sitio de estudio los cuales se muestran en:

Grafico N° 28 Soportabilidad (Carga animal) de la Asociación vegetal Pajonal tholar en época seca y húmeda.



Realizando la interpretación del presente grafico se establece una carga animal superior para el ganado camélido con respecto a los dos tipos de ganado que también se manejan en el área de estudio.

La misma representa 7601 U.LL. para la época húmeda y de 3508 U.LL. en la época seca.

Para el ganado ovino la soportabilidad de la asociación es de 3216 U.O. para la época húmeda y 2291 U.O. en la época seca.

De la misma forma se estableció una carga animal para el ganado bovino de 974 U.B. para la época seca y 2921 U.B. para la época húmeda.

Tomando en cuenta las consideraciones establecidas la presente asociación vegetal presenta un potencial ganadero para el manejo de ganado camelido que es el que puede aprovechar las diferentes especies vegetales de mejor forma ya sea por preferencia dada por la palatabilidad o como forraje forzado por las características organolépticas que presentan especies que componen esta asociación vegetal.

5.2.1.6. Asociación vegetal Tholar pajonal

Asociación vegetal de Parastrephya lepidophylla y Festuca orthophylla



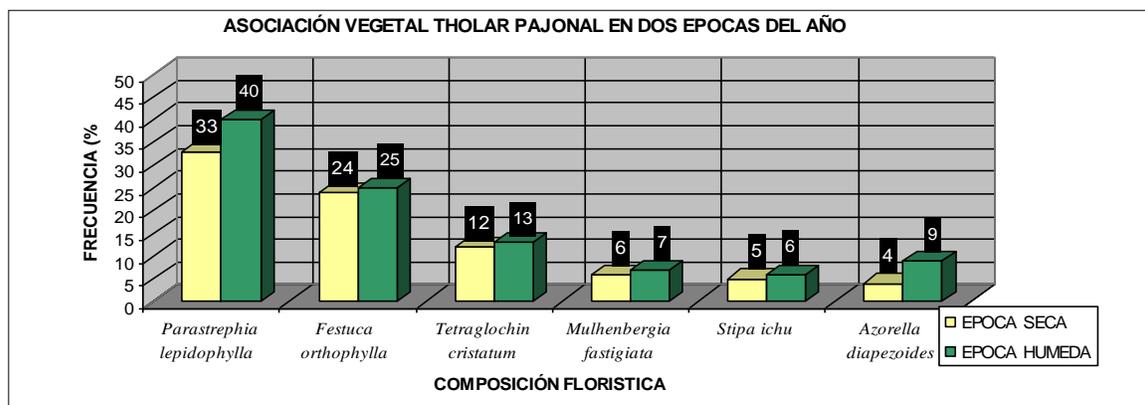
Foto N° 13 Asociación vegetal Tholar Pajonal

La asociación vegetal presente esta condicionada edaficamente, ocupando pie de montes y algunos sectores de planicies altitudinales.

El paisaje es agreste pedregoso, seco, poca disponibilidad de agua los suelos son superficiales, dentro de la asociación se da una interrelación principalmente entre dos especies *Parastrephya lepidophylla* y *Festuca orthophylla*, donde es mas frecuente la *Parastrephya lepidophylla*, seguida de la paja brava y otra especie presente pero menos frecuente es *Tetraglochin cristatum* (Kaylla).

La frecuencia de las especies que componen esta asociación vegetal es variable en función de la época del año, tal como se puede observar en:

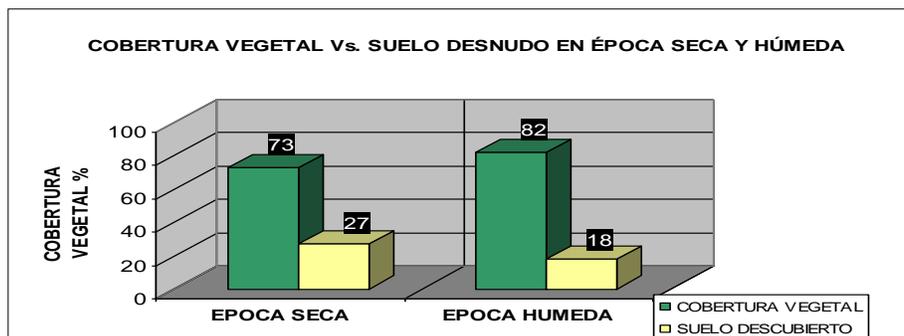
Grafico N°29 Frecuencia de las especies vegetales que componen la asociación vegetal Tholar pajonal en época seca y húmeda



Al interpretar estos resultados la presente asociación se caracteriza por tener una composición florística con mayor predominancia de *Parastrephya lepidophylla* que aumenta su frecuencia de 33% en la época seca a 40% en la época húmeda, *Festuca orthophylla* 24% a 25% igualmente. De la misma forma sucede un ascenso de la frecuencia al pasar de una época seca a una época húmeda para las demás especies como *Tetraglochin cristatum* 12% a 13%, *Mulhenbergia fastigiata* 6% a 7%, *Stipa ichu* 5% a 6%, *Azorella diapezoides* 4% a 9%.

También se determinó la variación de cobertura vegetal en dos épocas del año para la presente asociación vegetal como se puede considerar en:

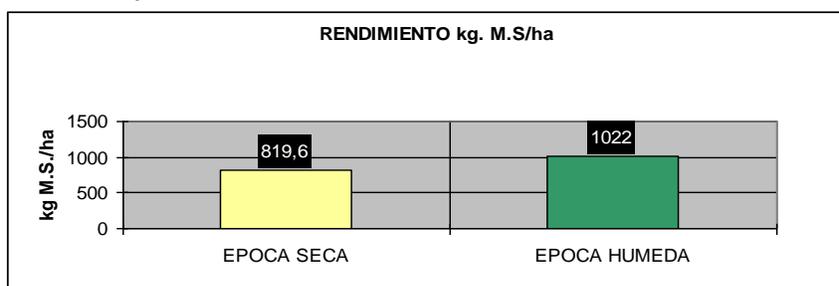
Grafico N°30 Cobertura vegetal en época seca y húmeda; asociación vegetal Tholar pajonal



La interpretación de estos datos que se muestran en el gráfico da a entender que la protección de la asociación vegetal hacia el suelo es de 82% en la época húmeda que deja una superficie de suelo descubierta de 18%. Para la época seca la cobertura desciende hasta 73% aumentando de esta manera la superficie de suelo desprovisto de vegetación hasta 27%.

La cosecha de fitomasa realizada en dos épocas dio a conocer una variación en la producción de la presente asociación, la misma que se puede observar en:

Grafico N°31 Producción de fitomasa vegetal en época seca y húmeda; Asociación vegetal Tholar Pajonal.



La producción de fitomasa en la época húmeda es 1022 kg. de M.S. /ha una cantidad considerable donde la extensión de esta comunidad vegetal es reducida en el área de estudio.

De la producción total de fitomasa 456.25 kg de M.S. /ha corresponde a *Parastrephya lepidophylla*, 212.96 kg de M.S. /ha *Festuca orthophylla*, *Tetraglochin cristatum* 153.67 kg de MS/ha, *Mulhenbergia fastigiata* 95.41 kg de M.S. /ha y especies menos frecuentes como la *Azorella diapezoides* y *Stipa ichu* 103.71 kg de M.S. /ha.

De la misma forma la producción de fitomasa determinada para la época seca se reduce a 819.6 kg de M.S. /ha donde la producción de *Parastrephya lepidophylla* alcanza 365.81 kg de MS/ha *Festuca orthophylla* 199.21 kg de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 123.50 kg de M.S. /ha, *Mulhenbergia fastigiata* 64.20 k. de M.S. /ha y especies menos frecuentes pero presentes 66.88 kg de M.S. /ha que corresponden a *Stipa ichu* y *Azorella diapezoides*.

Resultados obtenidos por Quisbert H. (2003), altiplano norte en La Paz indican una producción promedio de esta asociación igual a 1399.24 kg de M.S. /ha, mientras que Genin y Alzerraca (1995), determinaron una producción promedio de 210 kg M.S. /ha en Puna árida y semiárida. Mientras que para el área de estudio se obtuvo 1022 kg de M.S. /ha en la época húmeda misma que desciende en la época seca a 819.60 kg de M.S. /ha. La diferencia de resultados se debe a que si bien son las mismas asociaciones con las dos especies mas predominantes en diferentes áreas de estudio , lo que las hace diferentes en cuanto a producción de fitomasa son las especies menos frecuentes que son diferentes para cada lugar de estudio que se considero que presentaba la misma asociación .

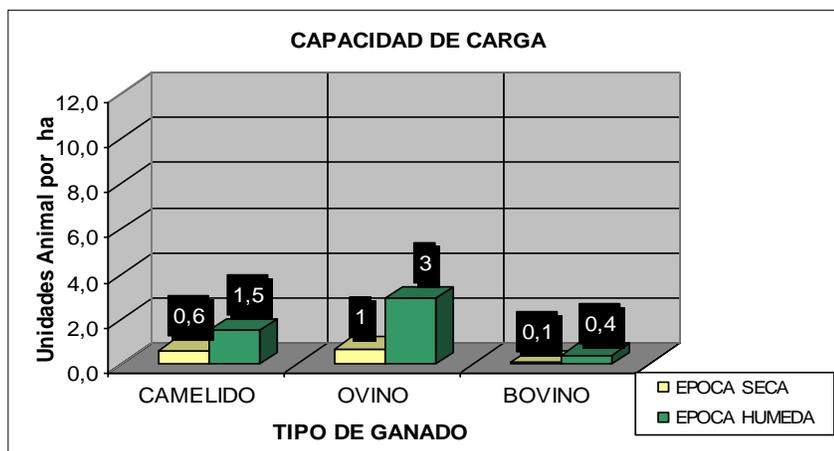
La ocurrencia de las especies depende de las condiciones de suelo y la intensidad de pastoreo. La thola se caracteriza por tener una gran variación estacional en el contenido de sus diferentes nutrientes en las que presenta altos niveles de contenido de proteína cruda en la época húmeda y seca.

La reducción de fitomasa es considerable una de las razones que se asume como responsable de este descenso en la producción es que la especie *Parastrephya lepidophylla* es un arbusto semileñoso a leñoso y la fitomasa de esta especie al contener ciertos compuestos secundarios aceites resinas originan un aumento de su poder calorífico de 3.500 Kcal. /kg.

Lo que provoca que la gente del mismo lugar pueda estar aprovechando esta especie como combustible energético (Leña), para sus distintas necesidades del diario vivir.

El potencial ganadero de la presente asociación vegetal esta condicionado por la capacidad de carga, la misma que se determino tomando en cuenta los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio y que se muestran en:

Grafico N°33 Capacidad de carga en época seca y húmeda; asociación vegetal Tholar Pajonal.



La condición de la comunidad vegetal es buena para ganado ovino en la época húmeda, por lo que la capacidad de carga es de 3 U.O. /ha y para la época seca la condición de la asociación vegetal se torna pobre lo que incide en una capacidad de carga igual a 1 U.O. /ha.

La condición como sitio de pastoreo para camélidos es regular donde la capacidad de carga para la época húmeda es de 1.5 ULL/ha y para la época seca de 0.6 ULL/ha, con una condición pobre.

Donde la condición para el manejo de ganado bovino es pobre y la capacidad de carga para la época húmeda 0.4 U.B. /ha y para la época seca se obtuvo 0.1 U.B. /ha.

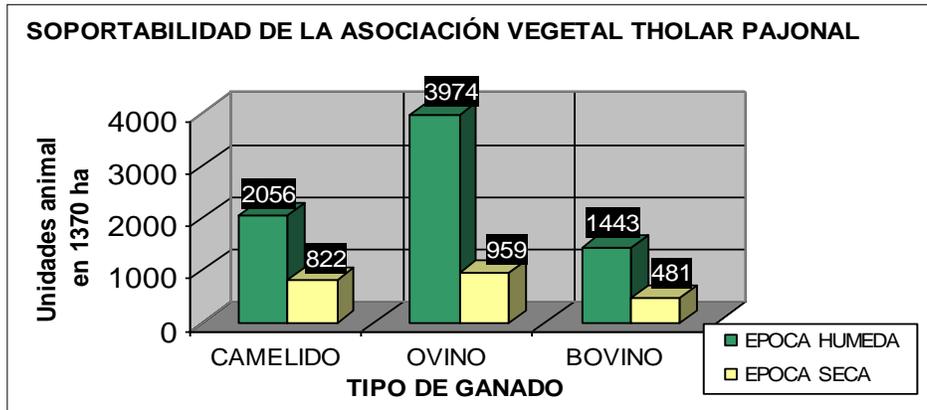
No se encontró la capacidad de carga estimada para una asociación igual a la presente, por lo que se hizo una comparación de capacidad de carga con otra asociación vegetal un poco parecida denominada Arbustal de Thola pero que discrepa un tanto de la asociación vegetal que realmente se halla en el área de estudio Tholar Pajonal .

La capacidad de carga estimada en la parte sur oeste del departamento de Oruro por Alzerraca y Prieto (1987), citado por IBTA (1990) en una asociación vegetal parecida, arbustal de thola, determinaron una capacidad de carga promedio para ganado ovino igual a 2 U.O. /ha y para camélidos 3.3 U.LL. /ha.

Resultados que se hallan algo distantes de lo que se encontró en la asociación vegetal Tholar pajonal que tiene una capacidad de carga para ovinos en época seca igual 1U.O. /ha la misma que asciende a 3 U.O. /ha en la época húmeda. Siendo que para camélidos la capacidad de carga en época seca es de 0.6 U.LL. /ha la misma que asciende 1.5 U.LL. /ha para la época húmeda.

La soportabilidad de la presente comunidad vegetal esta condicionada por la carga animal que se determino considerando los tres tipos de ganado que se manejan en el sitio de estudio como se observa en el grafico N° 34 de la siguiente pagina:

Grafico N° 34 Soportabilidad (Carga animal) de la Asociación vegetal Tholar Pajonal



Como se observa existe una mayor soportabilidad de la comunidad vegetal para el manejo de ganado ovino que presenta una carga animal de 959 U.O. para la época seca la misma que asciende a 3974 U.O. en la época húmeda en comparación de los otros dos tipos de ganado que se manejan en el lugar de estudio donde se tiene 822 U.LL. para la época seca y 2056 U.LL. para la época húmeda. De la misma forma se estableció una carga animal para bovinos que representa la menor carga animal estimada igual a 481 U.B. para la época seca que aumenta a 1443 U.B. en la época húmeda.

La presente asociación vegetal tiene un potencial ganadero para el manejo de ganado ovino por las características del tipo de vegetación, clima, topografía, capacidad de carga, carga animal, que se describieron anteriormente.

5.2.1.7. Asociación pajonal de Crespillo e Iru ichu

Asociación vegetal tipo *Calamagrostis sp.* ; *Festuca orthophylla*

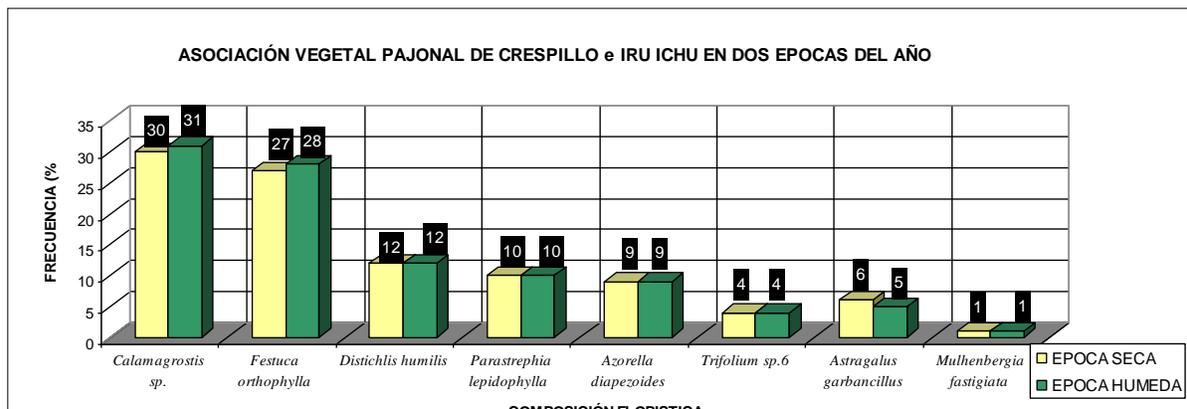


Foto N° 14 Pajonal de *Calamagrostis sp.* y *Festuca orthophylla* (Valle colgante)

La ubicación de esta comunidad vegetal se halla dispuesta en diferentes sitios de la cadena montañosa que encierra a la micro cuenca en áreas reducidas denominadas valles colgantes (Bofedales) que se extiende por toda el área de estudio.

Entre las características cuantitativas que se determinaron para la presente comunidad vegetal la frecuencia de las especies que componen esta asociación vegetal presentaron cambios sustanciales en las dos épocas donde se desarrollo su determinación, tal como se puede apreciar en el siguiente grafico:

Grafico N°35 Frecuencia de las especies vegetales que componen la asociación vegetal Pajonal gramadal en época seca y húmeda.



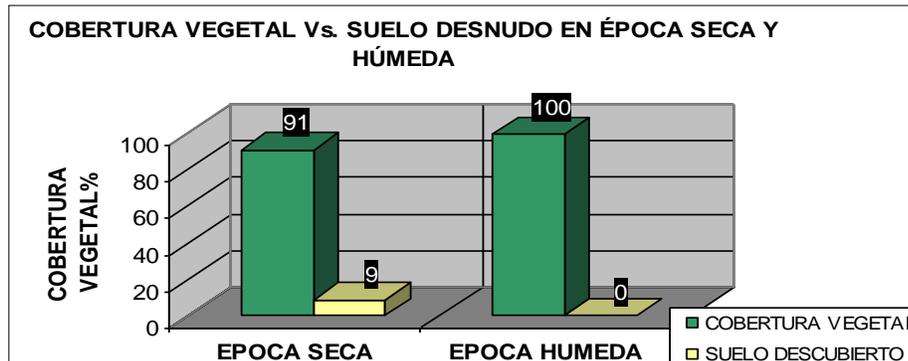
En la época seca la frecuencia en lo que respecta a la presencia de especies vegetales que componen esta asociación es menor con relación a la época húmeda para algunas.

La composición florística es variable siendo que las especies mas predominantes son *Calamagrostis*, *Festuca orthophylla*, *Distichlis humilis*, *Parastrephia lepidophylla*, y otras en menor cantidad pero presentes como *Azorella diapezoides*, *Trifolium sp.*, *Astragalus garbancillus*, *Mulhenbergia fastigiata*.

Así *Calamagrostis sp.* para la época seca se presenta en un 30 % la misma que aumenta para la época húmeda hasta 31%, de la misma forma *Festuca orthophylla* de 27% a 28%, *distichlis humilis* se mantiene en un 12% para las dos épocas, ocurriendo lo mismo para *Parastrephia lepidophylla* con un 10%, *Azorella diapezoides* con 9%, *Trifolium sp.* 4%, *Mulhenbergia fastigiata* 1% y *Astragalus garbancillus* de 5% en la época seca y 6% para la época húmeda.

Otra característica cuantitativa que se determino para las dos épocas del año fue la composición florística donde los resultados se muestran en el grafico N°36 de la página siguiente:

Grafico N°36 Cobertura vegetal en época seca y húmeda; asociación vegetal Pajonal gramadal

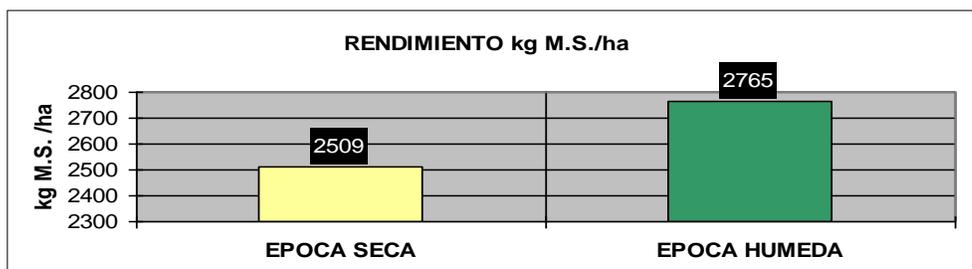


La protección que brinda al suelo es considerable ya que en la época húmeda la cobertura vegetal es de 100% dependiendo de la extensión que posea.

En cambio en la época seca de igual manera el suelo esta cubierto en un 91% que dada la extensión que tiene cada bofedal (Valle colgante), es buena.

La producción de fitomasa seria considerable si los bofedales presentes tuvieran una extensión de 1ha pero como son extensiones reducidas menor a esta unidad o un poco mas extensas, que se hallan en toda la cadena montañosa que conforma la serranía se considero estimar la producción de fitomasa por unidad de hectárea en la mayoría de los casos, donde se realizaron las cosechas de fitomasa en dos épocas del años, la misma información se la puede apreciar en:

Grafico N°37 Producción de fitomasa en época seca y húmeda; pajonal gramadal



Tomando en cuenta la explicación anterior se tiene una producción de 2765 kg de M.S. /ha en la época húmeda de los cuales 912.45 kg de M.S. /ha corresponden a

Calamagrostis sp. , *Festuca orthophylla* 525.35 kg de M.S. /ha, *Distichlis humilis* 442.40 kg de M.S. /ha, *Parastrepya lepidophylla* 359.45 kg de M.S. /ha, *Mulhenbergia fastigiata* 246.09 kg de M.S. /ha , *Tetraglochin cristatum* 138,25 kg de M.S. /ha, *Azorella diapezoides* 69.13 kg de MS /ha, *Trifolium sp.* 58.07 kg de M.S. /ha, *Astragalus garbancillus* 13.83 kg de M.S. /ha, otros 8.9 kg de M.S. /ha.

Para la época seca la producción no sufre una considerable disminución ya que la producción sigue siendo elevada 2509 kg de M.S. /ha, de los cuales la producción de *Festuca orthophylla* es de 777.79 kg de M.S. /ha, *Calamagrostis sp.* 476.71 kg de M.S. /ha, *Distichlis humilis* 376.35 kg de M.S. /ha, *Mulhenbergia fastigiata* 228.32 kg de M.S. /ha, *Tetraglochin cristatum* 145.52 kg de M.S. /ha, *Azorella diapezoides* 72.76 kg de M.S. /ha, *Trifolium sp.* 55.20 kg de MS /ha, *Astragalus garbancillus* 37.64 kg de M.S. /ha y otros.

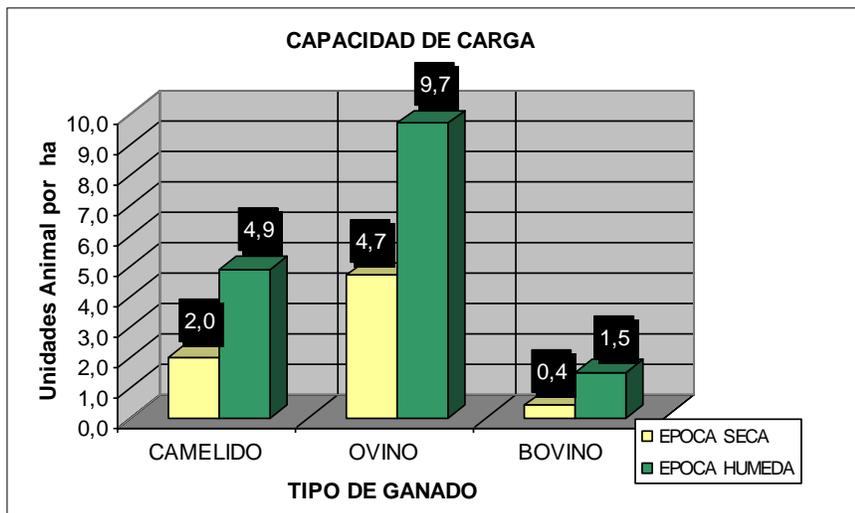
La producción de forraje nativo esta beneficiada por la permanente disponibilidad de agua, que permite su regeneración de una forma rápida para su crecimiento y pronto aprovechamiento para el ganado ovino, Bovino.

Estos sitios siempre verdes se hallan en las partes altas de las colinas, razón por la cual los pastores llevan su ganado hasta las partes más altas de toda la serranía desde tempranas horas de la mañana.

Los resultados de producción de fitomasa vegetal se aproximan a los resultados obtenidos en Oruro por Genin y Alzerraca (1995), que determinaron 2450 kg de M.S. /ha para este tipo de Asociación. Mientras que para el área de estudio se determino 2765 kg de M.S. /ha para la época húmeda y 2509 kg de M.S. /ha para la época seca.

Para determinar el potencial ganadero de la presente asociación vegetal de igual forma que para las anteriores asociaciones vegetales se estableció la capacidad de carga para los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio las mismas que se pueden apreciar en el grafico N°38 de la siguiente pagina :

Grafico N°38 Capacidad de carga en época seca y húmeda para ganado ovino, bovino, camélido; asociación vegetal Pajonal gramadal.



La condición de esta pradera es muy buena para el manejo de ganado ovino y bovino, ya que el valor nutritivo de las especies vegetales que la componen es bueno.

La capacidad de carga para ovinos es de 9.7 U.O. /ha para la época húmeda la misma que desciende a 4.7 U.O. / ha para la época seca.

La capacidad de carga en bovinos para la época húmeda es de 1.5 U.B. /ha y para la época seca 0.4 U.B. /ha.

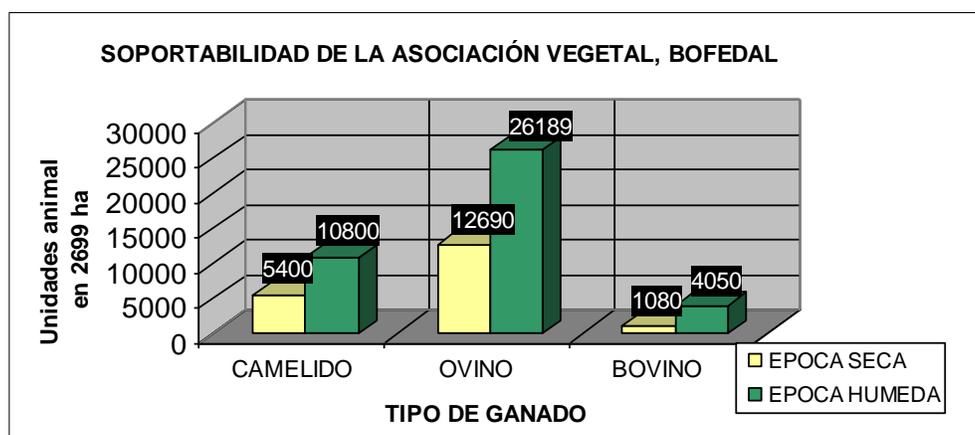
Teniendo una asociación vegetal como esta que posee pasturas muy palatables para ganado ovino, bovino, no es conveniente utilizarlo para pastoreo de llamas ya que este animal puede aprovechar otro tipo de pasturas de mejor forma como las descritas anteriormente, en las cuales el ganado ovino y bovino no tienen un aprovechamiento eficiente.

Resultados en Oruro muestran que la asociación vegetal de *calamagrostis* y *hordium muticum* que es aproximadamente parecida a la presente comunidad vegetal en discusión tiene una producción de 1040 kg de M.S. solo de esta especie dominante

con una capacidad de carga de 15 U.O. /ha, resultado que se coloca en el rango de capacidad de carga estimada para la presente asociación vegetal en época seca igual a 4.7 U.O. /ha que asciende en época húmeda a 9.7 U.O. /ha lo que indica que existe mayor disponibilidad forrajera para el ganado menor por la variabilidad de forraje presente en la presente asociación vegetal en discusión.

La soportabilidad de la comunidad vegetal esta dada por la carga animal que presenta para cada tipo de ganado que se maneja en el área de estudio, los resultados establecidos se detallan en:

Grafico N° 39 Soportabilidad (Carga animal) en época seca y húmeda; Asociación vegetal Pajonal gramadal



La soportabilidad en toda la extensión de la asociación en la época húmeda es de 26189 U.O. y para la época seca la misma 12690 U.O.

La soportabilidad de la asociación vegetal en toda su extensión en el manejo de ganado bovino es de 4050 U.B. para la época húmeda y para la época seca 1080 U.B.

Tomando en cuenta todas las consideraciones planteadas anteriormente el potencial ganadero de la presente asociación vegetal es para manejo de ganado ovino, como bovino. (Tomar en cuenta el pisoteo (por el tipo de pezuña que presente cada diferente tipo de ganado) y ramoneo para dar esta conclusión (ovejas Vs. Ganado camélido y bovino)).

5.2.1.8. Asociación vegetal chilliwar gramadal

Asociación vegetal tipo pajonal de Festuca dolochophylla, Distichlis humilis



Foto N° 15 Chilliwar gramadal (Abanico aluvial),
Época húmeda

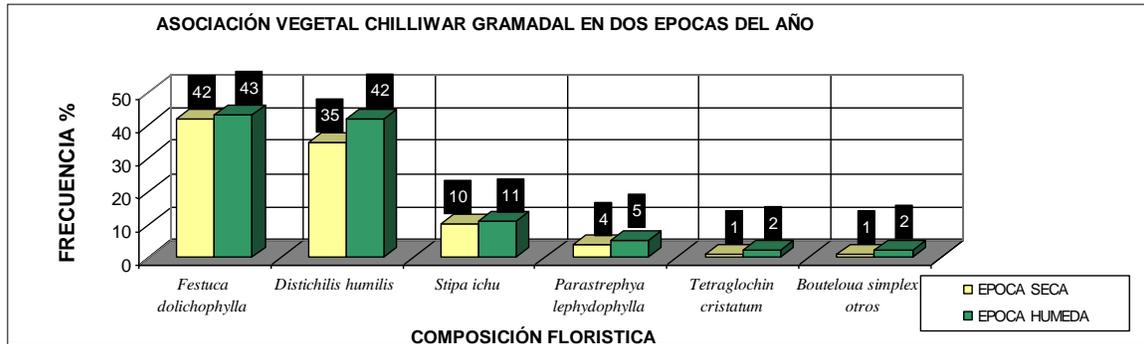


Foto N° 16 chilliwar gramadal en época seca

Características cuantitativas que se midieron para esta asociación vegetal como para las demás asociaciones establecieron cambios en la disponibilidad parcial, total de las diferentes especies vegetales que componen cada asociación marcadas en dos épocas que indiscutiblemente están presentes en todo el año y que se hallan dispuestas en abanicos aluviales de formación reciente y antigua las mismas que se encuentran reguladas por el clima, topografía, la disponibilidad de agua.

Así en la presente asociación vegetal para las diferentes especies que la componen presenta cambios en la frecuencia de las mismas como se puede apreciar en (Grafico N° 40, página siguiente).

GraficoN°40 Frecuencia de las especies vegetales que componen la Asociación vegetal Pajonal Chilliwär en época seca y húmeda.

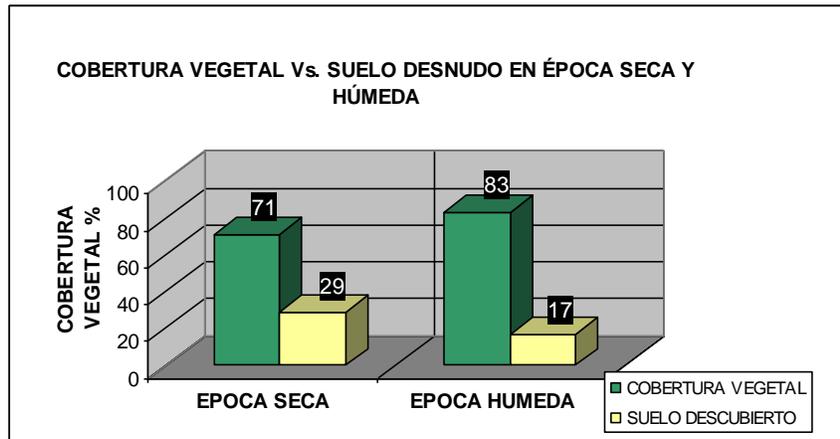


La presente comunidad vegetal tiene una composición florística variable pero las especies más sobresalientes son *Festuca dolichophylla* que en la época seca presenta una frecuencia de 42% que asciende en la época húmeda a 43%, de la misma forma *Distichlis humilis* aumenta su frecuencia de 35% a 42% respectivamente. Por este motivo el nombre de la asociación es Pajonal Chilliwär.

También existen otras especies que se congregan juntamente con estas pero en menor proporción *Stipa ichu* que tiene una frecuencia para la época seca de 10% y para la época húmeda aumenta hasta 11%, posteriormente *Parastrephya lepidophylla* 4% a 5%, *Tetraglochin cristatum* 1% a 2% de la misma forma que las anteriores de una época seca a una época húmeda y *Bouteloua simplex*, *Gnaphalium dombeyanum* que muestran una menor frecuencia en la época seca de 1% a 2%, como muestra la figura de arriba.

La determinación de la cobertura vegetal estableció los siguientes resultados que se reflejan en:

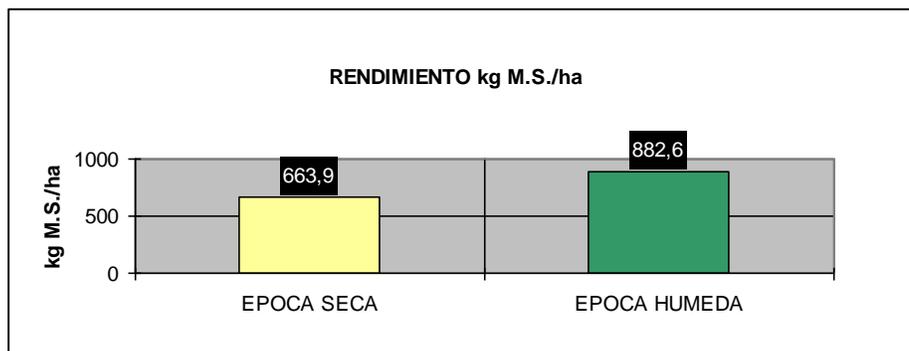
Grafico N° 41 cobertura vegetal en época seca y húmeda; asociación vegetal Pajonal Chilliwär



La cobertura vegetal para la época húmeda tiene un alcance de 83% que desciende en la época seca hasta 71% lo que ocasiona que el suelo presente una menor protección en la época de estiaje con 29% de suelo descubierta el mismo que desciende para la época húmeda a 17%.

La cosecha de fitomasa realizada en la época seca y húmeda establece los siguientes resultados que se detallan en:

Grafico N°42 Producción de Fitomasa vegetal en época seca y húmeda; Pajonal Chilliwär



La producción de fitomasa para la época húmeda es de 882.68kg de M.S. /ha donde la especie *Festuca dolochophylla* aporta con 325.62 kg de M.S. /ha, *Distichlis humilis* 272.66 kg de M.S. /ha, *Stipa ichu* 78.4668 kg de M.S. /ha, *Parastrephya lepidophylla*

60.8168 kg de M.S. /ha, *Bouteloua simplex* 43.15 kg de M.S. /ha y especies presentes pero menos frecuentes suman una producción de 102 kg de M.S. /ha que corresponden a *Mulhenbergia fastigiata*, *Gnaphalium dombeyanum*, oreja de ratón, *Tetraglochin cristatum*.

La época de seca representa una disminución en la producción de Fitomasa hasta 663.9 kg de M.S. /ha.

Donde la producción de *Festuca orthophylla* es 244.91 kg de M.S. /ha, *Distichlis humilis* 205,08 kg de M.S. /ha, 59.01 kg de M.S. /ha de *Stipa ichu*, 45.74 kg de M.S. /ha de *Parastrephya lepidophylla* 32.46 kg de M.S. /ha de *Bouteloua simplex* y la producción de otras especies menos frecuentes es de 76.72 kg de M.S. /ha que corresponden a *Mulhenbergia fastigiata*, *Tetraglochin cristatum*, oreja de ratón, *Gnaphalium dombeyanum*.

Los resultados obtenidos de producción de fitomasa se asemejan a la producción de fitomasa obtenida en el altiplano central que corresponden a 1.000 kg M.S. /ha promedio por Alzerraca y Lara (1990) en el. Altiplano central.

Esta asociación se halla presente en la planicies de abanicos aluviales, la producción de forraje si bien es considerable en la época húmeda, por que los causes de los ríos intermitentes aumentan lo que crea un microclima favorable para que especies anuales, y gramíneas de bajo porte (*Distichlis humilis*) se desarrollen favorablemente. Pero en cambio para la época de estiaje la disponibilidad de agua se reduce por que causes que son intermitentes se secan o se pierden en otro punto de su recorrido ya sea por la irradiación solar que es intensa o si no por que el cause tiene un recorrido por suelos permeables que permiten su paso hacia afluentes subterráneos que efluyen en otros puntos de la micro cuenca.



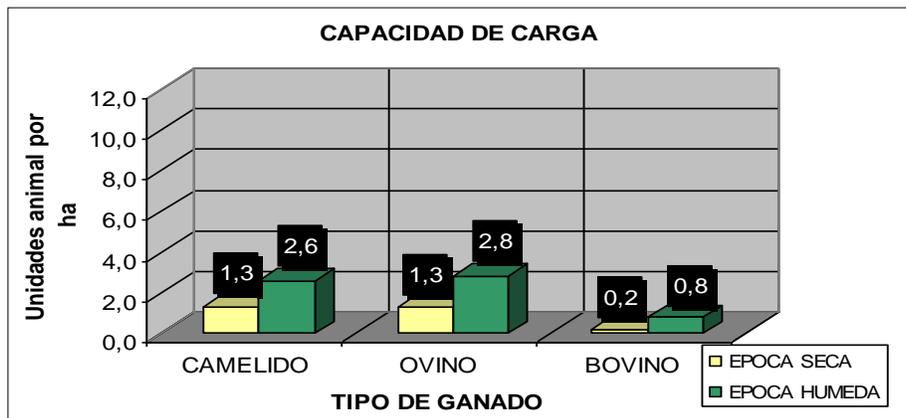
Foto N° 17 Ganado camélido, chilliwir gramadal en época húmeda



Foto N° 18 Ganado Bovino pastando en chilliwir gramadal. época seca

Para establecer el potencial ganadero de la presente comunidad vegetal se determinó la capacidad de carga para los tres tipos de ganado que se manejan en el área de estudio, los resultados se pueden apreciar en:

Grafico N° 44 Capacidad de carga en época seca y húmeda; Chilliwir gramadal



La capacidad de carga para camélidos en época húmeda es de 2.6 U.LL., siendo que para ovinos la misma es de 2.8 U.O. lo que indica que la condición de la presente comunidad vegetal es buena para la crianza de estos dos tipos de ganado.

Pero en la época seca la condición de la comunidad vegetal se torna regular lo que indica que la capacidad de carga se reduce para los dos tipos de ganado a 0.7 U.LL. y 1.3 U.O.

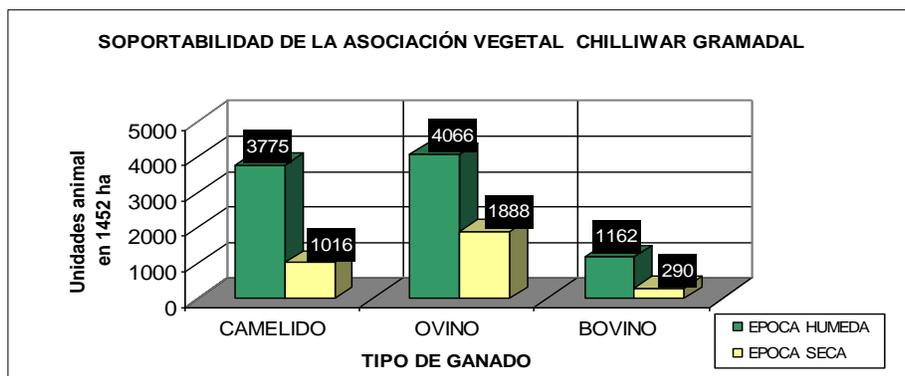
Esta condición esta dada por la preferencia en el consumo de gramíneas de porte alto en los camélidos y gramíneas de porte bajo en el ganado menor (ovino). Por que si se considera la producción de toda la composición florística en la asociación se puede apreciar que existe un aporte de *Festuca orthophylla* gramínea de porte alto y *Distichlis humilis* gramínea de porte bajo en proporciones considerables, que satisfacen en forma regular los requerimientos de consumo para los dos tipos de ganado considerando las características metabólicas y organolépticas que presentan estas dos especies y otras menos frecuentes pero presentes en la asociación vegetal .

También es bueno destacar que la capacidad de carga estimada de 0.8 U.B. para el ganado bovino es representativa, pues constituye casi una unidad de bovino por hectárea, que se vuelve muy significativo al momento de realizar el cálculo de carga animal para la presente comunidad vegetal, además de que la misma presenta una condición regular para la crianza del mismo.

La capacidad de carga estimada por Alzerraca y Prieto (1987) citado por el IBTA (1990) en el Altiplano norte como promedio para una asociación vegetal de este tipo es de 3.98 U.O. /ha para ganado ovino y 2.7 U.LL. /ha para ganado camélido. Resultados que difieren no muy significativamente de los encontrados por mi persona, dadas las características del lugar de estudio que es el altiplano central Vs. el altiplano norte.

La soportabilidad de la asociación vegetal se la determino considerando los tres tipos de ganado que se manejan en toda el área de estudio, resultados que se muestran en:

Grafico N°45 Soportabilidad de la asociación vegetal Pajonal Chilliwär en época seca y Húmeda.



Como se aprecia en el grafico el ganado ovino presenta una mayor carga animal con 4066 U.O. para la época húmeda y 1888 U.O. en la época seca.

En cambio la soportabilidad para la época húmeda en camélidos es 3775 U.LL la misma que se reduce a 1016 U.LL.

De la misma forma la carga animal estimada para bovinos es mínima con relación a los otros dos tipo de ganado la misma de 1162 U.B. para la época húmeda y de 290 U.B. en época seca pese a tener esta carga animal, el sitio no es recomendable para el pastoreo de este tipo de ganado por que representan áreas susceptibles a erosión eólica, compactación al desaparecer la cobertura vegetal de bajo porte ya que la presencia de esta especie depende mucho de la disponibilidad de agua que esta afectada por la presencia de una época seca mas amplia que una época húmeda en el año, que también depende del tipo de abanico ya sea de formación reciente o demás antes.

El potencial ganadero de la presente asociación vegetal es mas recomendable para ovinos y en segundo lugar para camélidos por la condición de sitio que otorga.

5.3. Determinación de Capacidad de uso de Suelo

5.3.1. Descripción fisiográfica del área de estudio

El área de estudio, esta constituida por cadenas montañosas que conforman el flanco occidental de la cordillera oriental, en la cual se observa una erosión diferencial predominante con alturas que varían desde 4557 m.s.n.m a 3750 m.s.n.m donde las colinas mas altas se encuentran conformadas por rocas resistentes (areniscas, cuarcitas y limonitas de la formación Llallagua), mientras que las zonas bajas se hallan constituidas por lutitas y limonitas de la formación Uncía.

Esta discriminación permitió describir las unidades y sub unidades fisiográficas, como se puede observar en el cuadro N° 2 de la página 100.

Toda el área de estudio posee una extensión de 453.75 Km², que se divide en serranías altas con disecciones fuertes y serranías medias con disección moderada a leve, que dan origen a la formación de valles de fondo de la micro cuenca.

En sus laderas se tienen, presente a los pie de monte y abanicos aluviales que en conjunto forman los declives que es una característica geomorfica que indica la presencia de una falla regional conocida como Falla Poopo, la misma que abarca desde Machacamarca hasta Uyuni. Además de la presencia de escarpes en las laderas que dan lugar a la formación de los valles colgantes de origen geológico Holoceno sedimentario coluvial.

Las unidades fisiográficas presentes en el área de estudio comparten en su mayoría sub unidades fisiográficas que serán detalladas de igual forma en su conjunto.

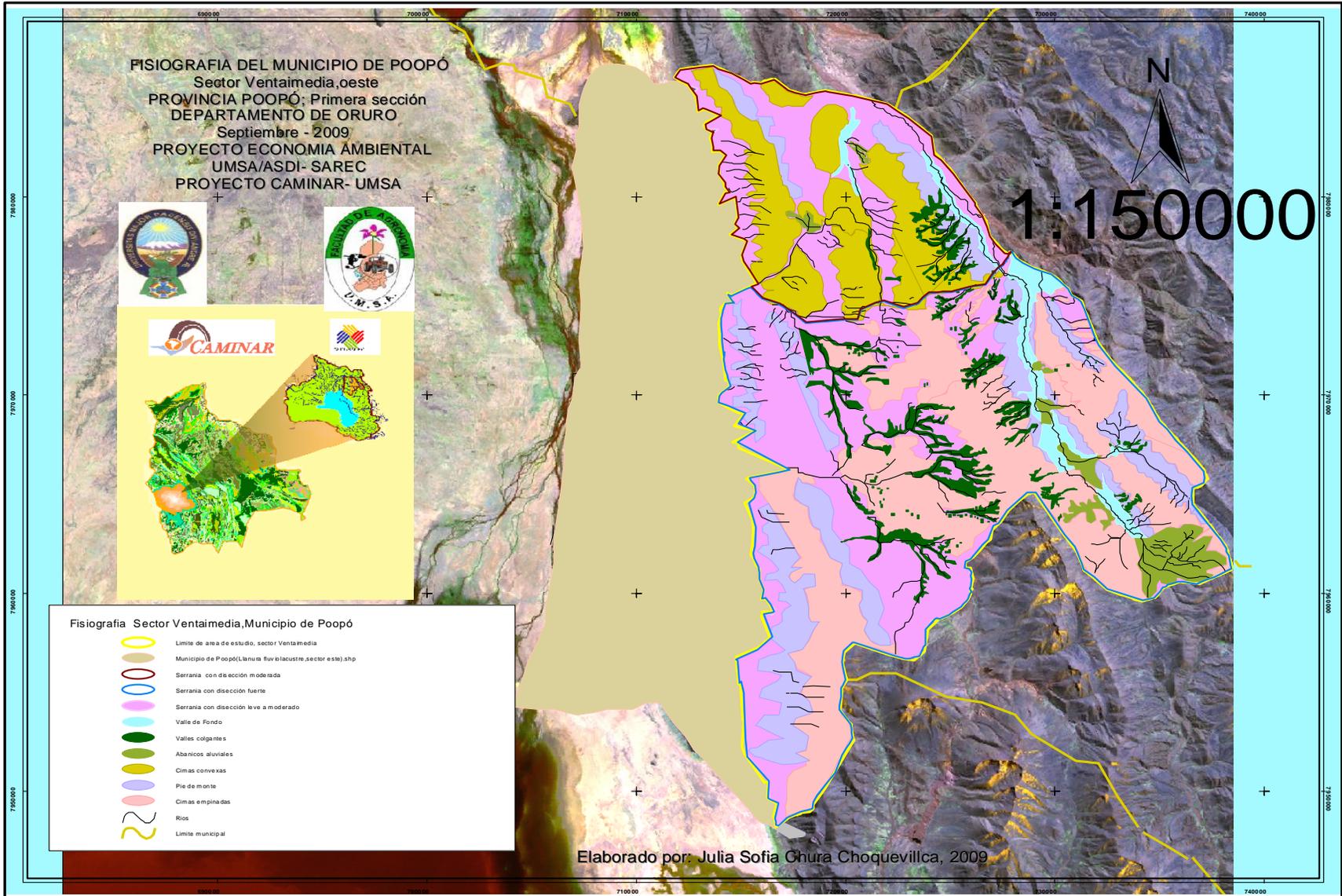
Cuadro N° 2 Fisiografía, sector ventaimedia, (Municipio de Poopó)

*P.F	UNIDADES DE FISIOGRAFÍA	SUB-UNIDADES DE FISOGRAFIA	Superficie Km ²	Superficie %	Pendiente %	PAISA JE
CsaF	SERRANIAS ALTAS CON DISECCIÓN MODERADA A FUERTE	CIMA CON DISECCIÓN MODERADA	108.2	23.8	25-37	PUNA ARIDA AGRESTE CORRESPONDIENTE A ESTEPA MONTANO
		CIMAS EMPINADAS	117.3	25.8	38-60	
		PIE DE MONTE	51.0	11.2	8-18	
		VALLES COLGANTES	23.4	5.2	8-12	
		ABANICO ALUVIAL	14.5	3.2	0-3	
		VALLES DE FONDO	11.7	2.6	0-5	
	SUB- AREA TOTAL		326.05	71.8	0-60	
AiiM	SERRANÍAS MEDIA CON DISECCIÓN MODERADA A LEVE	CIMA CON DISECCIÓN MODERADA A LEVE	85.3	18.8	25-37	PUNA SEMIARIDA AGRESTE
		CIMAS CONVEXAS	20.7	4.6	15-25	
		PIE DE MONTE	13.5	3.0	8-12	
		VALLES COLGANTES	3.6	0.8	8-12	
		VALLES DE FONDO	3.6	0.8	0-5	
		ABANICO ALUVIAL	1.0	0.2	0-3	
	SUB- AREA TOTAL		127.7	28.2	0-37	
AREA TOTAL			453.75	100	-----	

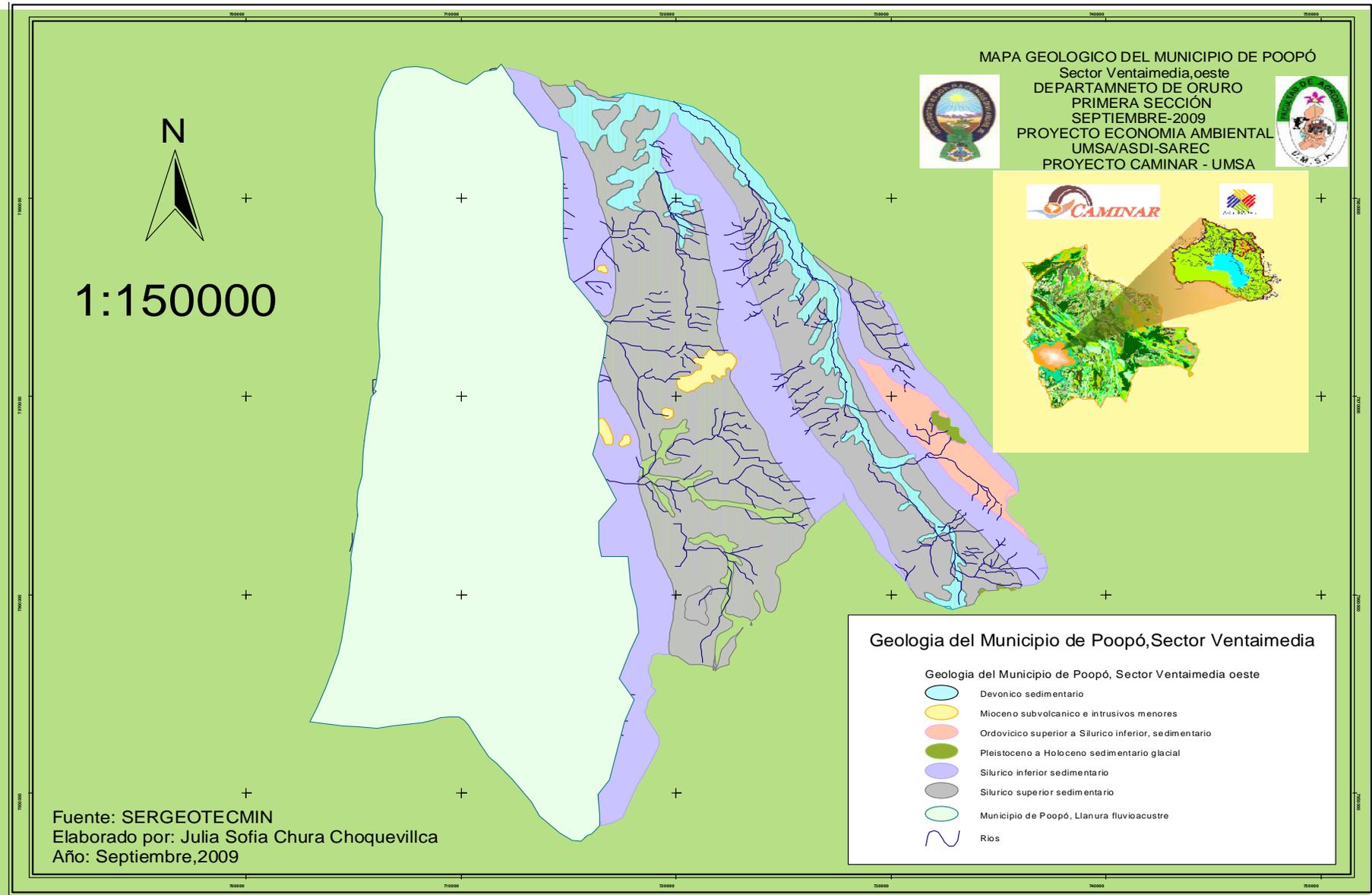
* Provincia fisiográfica

Fuente: Elaboración propia 2009

Mapa N°4 Fisiografía Sector Ventaimedia (Municipio de Poopó)



Mapa N°5 Sector Ventaimedia; Municipio de Poopó



5.3.1. Unidad fisiográfica, Serranía alta con disección fuerte a moderada

Esta unidad se halla en la parte alta de la micro cuenca y es el área donde se originan los manantiales, que dejan drenar sus efluentes hacia la parte baja de la zona, que además forma la secuencia de los causes que provienen de los afluentes de la cordillera oriental. Presenta características geológicas con presencia de areniscas, cuarcitas y limonitas de la formación Llallagua.

Tiene una extensión total de 326.05 Km² que representa un 71.8% de la superficie total del área de estudio, se halla situado en una altitud promedio de 4000 m.s.n.m. Es un área que presenta drenaje en forma de V, esta conformado por una vegetación en su mayoría graminoide alta y poco baja. Las pendientes por lo general son pronunciadas variables que dan lugar a la formación de diversas subunidades fisiográficas.

Una de las características que presenta esta unidad fisiográfica es de erosión natural que se da por el relieve que existe, por lo general presenta limitaciones Edáficas, clima, topografía, pedregosidad, afloramiento de rocas.



FotoN°19 Serranía, Sector Ventaimedia



Foto N°20 Serranía, disección moderada y fuerte

5.3.1.1. Sub-unidad fisiográfica, Cimas empinadas

Presentan fuertes pendientes que varían de 38 hasta 60 %, los suelos son superficiales con alta presencia de piedras.

La vegetación presente por lo general es del tipo graminoide alta poco denso. La altitud promedio en la que se encuentra esta unidad es de 4557 m.s.n.m. La forma de drenaje es en forma de V, presenta limitaciones de suelo (erosión natural), pendiente, clima. Presenta una formación geológica en el silurico superior sedimentario.

Abarcan una superficie 117.3 Km² equivalente a un 25.9% del porcentaje total del área de la serranía alta, correspondiente al área de estudio.

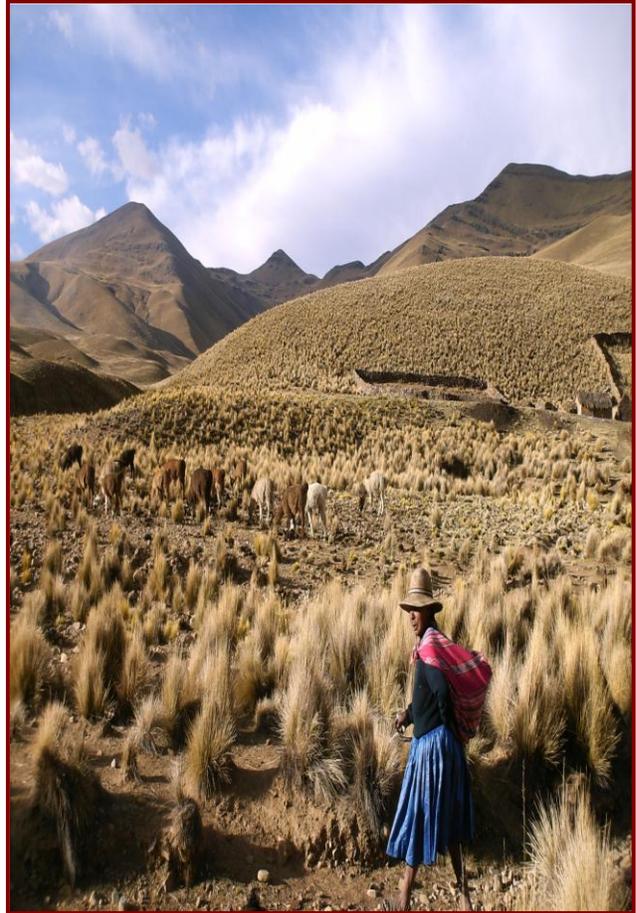


Foto N° 21 Serranía, cimas empinadas

5.3.2. Unidad Fisiográfica, Serranía media con disecciones moderadas a leves

Esta unidad esta presente en la zona que se conecta con la llanura fluviolacustre.

Tiene una extensión de 127.7 Km² de la superficie total del área de estudio correspondiente al 28.2 %. La vegetación presente es del tipo graminoide y arbustal.

Presenta una formación geológica en el silurico inferior sedimentario, de la formación Llallagua. Tiene limitaciones Edáficas, climáticas, relieve, pedregosidad. Las pendientes son menores a 25%.



Foto N° 22 Serranía media con disecciones moderadas

5.3.2.1. Sub-unidad fisiográfica, Cimas convexas

Se halla en la unidad fisiográfica serranía media, las pendientes no son muy inclinadas para alcanzar esta cima, tienen una variación dentro de un rango de 15 a 25%.

La vegetación presente es graminoide de porte alto y herbácea de porte bajo. Donde es frecuente el pastoreo de ganado ovino, muy poco el ganado bovino.

Tiene una extensión de 20.7 Km² igual 4.6% del área total de la serranía media, tienen limitaciones edáficas, clima, agua, pedregosidad y relieve.

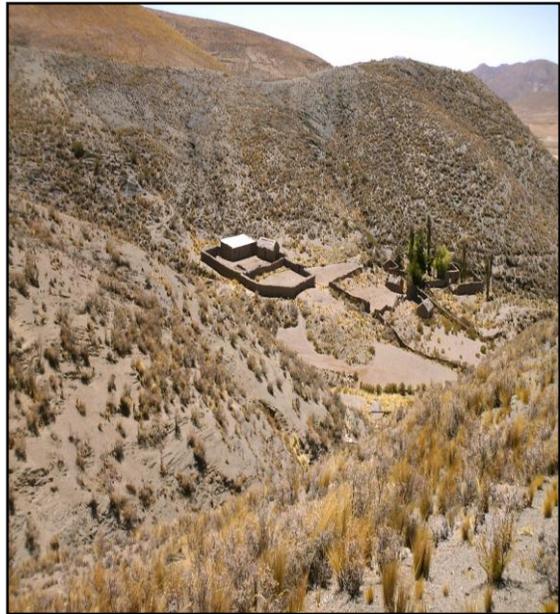


Foto N° 23 Cimas convexas, disecciones leves

5.3.2.2. Sub-unidad fisiográfica, Cima con disección moderada a leve

Esta sub - unidad fisiográfica se halla presente en toda el área de estudio tiene origen geológico en el silurico superior sedimentario (Serranía alta) y silurico inferior sedimentario en (serranía media), presentan limitaciones de suelo, clima, pendiente, pedregosidad existen algunas afloraciones de roca, la vegetación presente es graminoide poco densa, la practica agricultura no es factible, por lo que el pastoreo de ganado es el mas apropiado. Tienen una altitud promedio de 3850 m.s.n.m. Presentan drenaje en forma de V. Tiene una extensión de 108.2 Km2 igual a 23.8 % del área total de la serranía alta y 68.2 Km2 equivalente a 18.3% de la superficie total de la serranía media. Las pendientes varían de 25% a 37%.

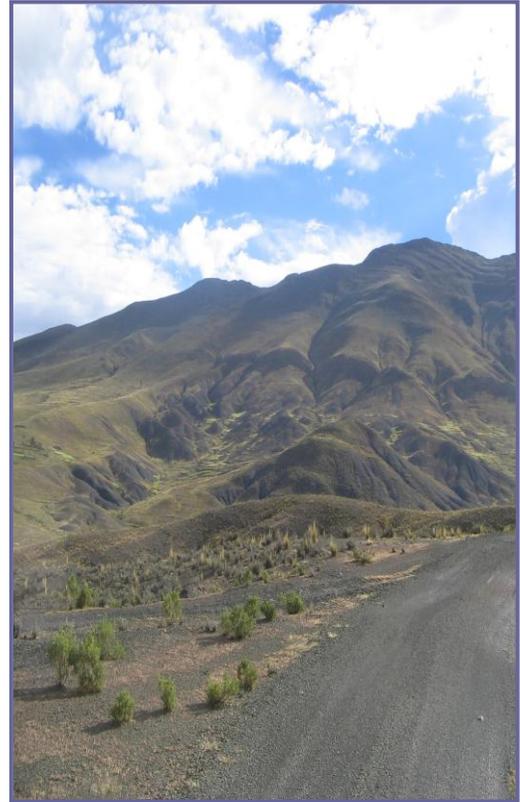


Foto N° 24 cimas con disección moderada a leve

5.3.2.3. Sub-unidad fisiográfica, Valles Colgantes

Son áreas que se hallan distribuidas en todo lo extenso de la cadena montañosa, representan un sistema de drenaje de la zona de estudio por presentar quebradas en forma de (V), que constituyen valles jóvenes, que reciben el nombre de valles colgantes. Las pendientes de estas sub unidades fisiográficas son variables 8 - 12 % al igual que sus extensiones que representan una limitación. Presentan vegetación tipo graminoide, herbácea, densa casi siempre verde.

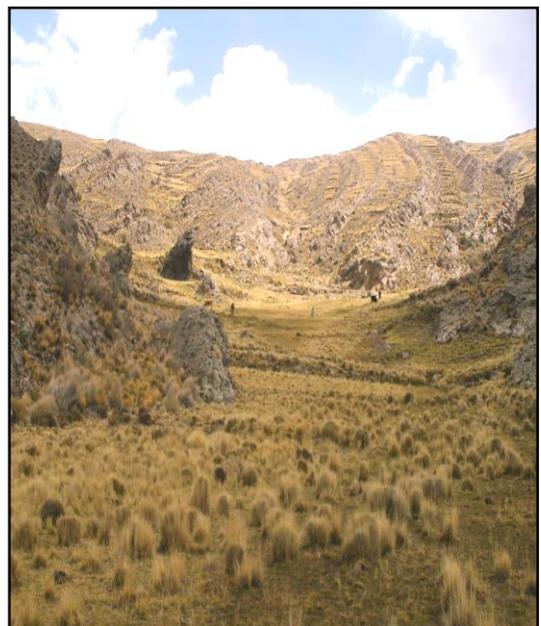


Foto N° 25 Valles colgantes

En la serranía alta presenta una extensión total de 23.4 Km² igual al 5.2% de la extensión total de esta unidad. Y 3.6 Km² igual a 0.8% de la superficie total de la unidad serranía media.

5.3.2.4. Sub-unidad fisiográfica, Pie de monte

Se halla presente en las depresiones de las serranías altas con disección moderada y serranías media leve, las pendientes son menos inclinadas varían de 8 a 18 %, los suelos tienen origen coluvial por gravedad. Esta sub unidad es susceptible a la erosión natural, pero es utilizada en mayor proporción en una agricultura a secano en forma temporal, por su mejor accesibilidad y para escapar de las heladas o inundaciones (partes planas), por la existencia de terrazas desde tiempos pasados en algunos sitios. Es frecuente el uso de estas áreas para el pastoreo de ganado camélido y ovino.

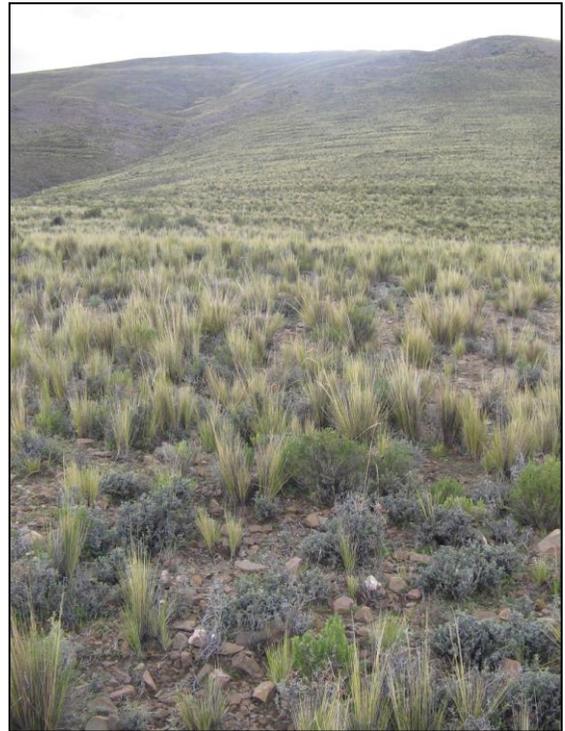
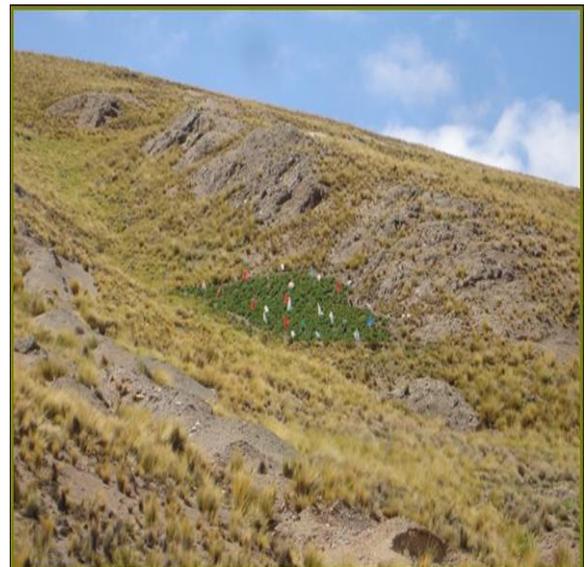


Foto N° 26 Sub - unidad pie de monte

Entre las limitaciones que presenta esta sub unidad fisiográfica están el clima, agua, pedregosidad. La extensión en la serranía alta corresponde a 51 Km² equivalente al 11.2% de su área total. Y representa 13.5 Km² que es igual al 3 % de la superficie total de la serranía media.



5.3.2.4. Sub-unidad fisiográfica, Valle de fondo

La superficie se halla rodeada por una cadena montañosa, la pendiente del terreno es de 0 – 5%. La vegetación presente es graminoide de porte bajo y alto con la existencia de algunas herbáceas. La agricultura es practicada generalmente a las veredas del río por la accesibilidad del agua para la practica del riego superficial, y en lugares donde no existe disponibilidad de agua la agricultura es a secano.

La practica de una ganadería, extensiva con la cría de ganado camélido, ovino, bovino es frecuente en estas áreas.

Las limitaciones que presenta esta sub unidad son clima, drenaje, leve pedregosidad.

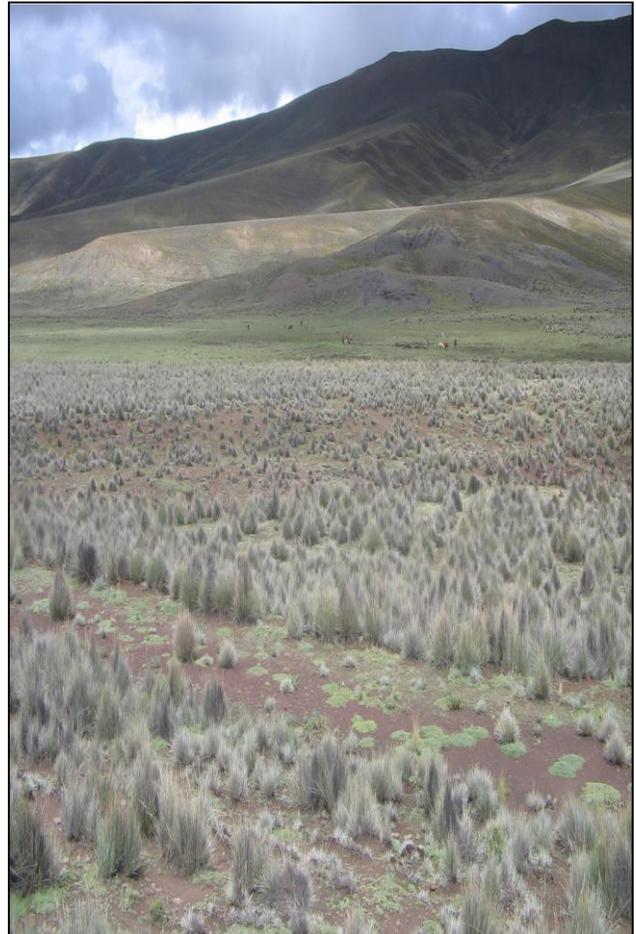


Foto N° 28 Valle de fondo

Es de origen geológico Holoceno, Ordovico coluvial y aluvial sedimentario. Se encuentra distribuida en las dos unidades fisiográficas del área de estudio, presenta una altitud promedio de 3750 m.s.n.m.

Tiene una extensión de 11.7 Km² equivalente a 2.6% de la extensión total de la serranía alta y en la serranía media presenta una extensión de 3.6 Km² igual a 0.8% del total de su área.

5.3.2.5. sub - unidad fisiográfica Abanicos aluviales

Las pendiente son leves de 0 a 3 % presentan vegetación Herbácea graminoide de porte bajo y alto.

La presencia de piedra varía dependiendo de abanicos de formación reciente y antigua.

Tiene origen en el Holoceno Sedimentario aluvial, coluvial y otros provienen del silurico superior sedimentario. Presentan limitaciones de clima cuando se encuentran a una altitud por encima de los 4000 m.s.n.m.

La práctica de la agricultura es intensiva por una mayor disponibilidad de agua, son áreas dedicadas al pastoreo de ganado vacuno para producción de leche, con un suministro de alimento excedente como alfalfa, pasto ovillo que se produce en el lugar, cuando el área se encuentra en una altitud menor o promedio de 3750 m.s.n.m.

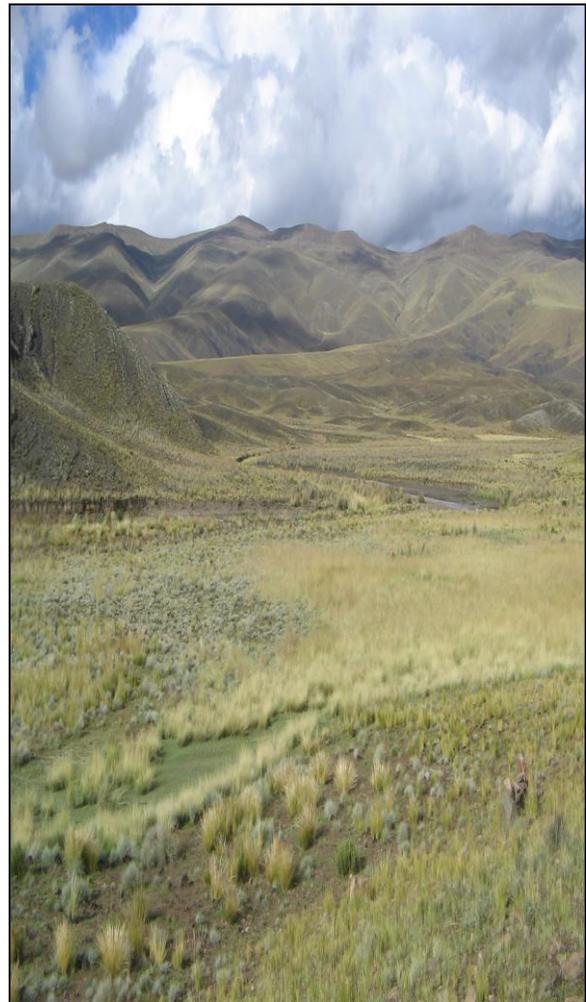


Foto N° 29 Abanico aluvial

Su área es de 14.5 Km² igual a 3.2 % de la superficie total de la serranía alta.

Y en la serranía media alcanza una superficie de 1 Km² igual a 0.2% de su extensión total.

5.4. Descripción edafológica de las asociaciones vegetales sector

Ventaimedia, parte oeste, Serranía

Para el estudio de suelos se considero a las asociaciones vegetales que se identificaron, como la fisiografía donde cada una de estas se desarrollan.

5.4.1. Descripción del suelo de la asociación vegetal tipo Kayllar pajonal de

Festuca orthopylla

Los suelos que permiten el desarrollo de esta asociación vegetal se extienden en la serranía alta en cimas empinadas y sobre la serranía media compuesta de cimas convexas-pie de monte. La fisonomía de su paisaje se reduce a agreste por el tipo de suelo presente.

En la sub - unidad fisiográfica cima empinada de la serranía alta los suelos provienen de la formación geológica Silurico superior sedimentario, con presencia de areniscas y areniscas micáceas de la formación Uncía y catavi. En cambio en las cimas convexas-pie de monte provienen del holoceno sedimentario aluvial y coluvial con presencia de grava arena y arcilla.

Por las características del terreno la práctica de la agricultura no es factible por que no permite ningún tipo de laboreo. El uso que se le da a esta área es para pastoreo de ganado ovino y bovino en algunos sitios.

Pero las características de este tipo de suelo permite que la precipitación que es uno de los factores que también determina la recarga de acuíferos libres (aguas subterráneas) presentes en el área, que se originan por filtración, percolación de agua de lluvia en un área que corresponde a esta asociación efluya en otra, de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable, como se pudo observar en los, abanicos aluviales, valles colgantes.

Así lluvias de baja intensidad y corta duración pueden no ser favorables para la recarga debido a que no son absorbidas por el suelo para satisfacer su capacidad

de almacenaje de agua y no generan infiltración ni percolación, mas al contrario debido a la textura y la alta radiación que existe en el medio se pierde por evaporación.

Lluvias de baja intensidad pero de larga duración si pueden ser favorables ya que satisfacen la capacidad de almacenaje de agua del suelo y generan infiltración y percolación durante períodos prolongados sin generar escorrentía superficial.

Lluvias de alta intensidad y corta duración también pueden ser favorables ya que rápidamente satisfacen la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y generan infiltración y percolación por sus características edafológicas.



Foto N° 30 Caracterización del suelo serranía media, tipo cima convexa



Foto N° 31 Caracterización del suelo en cima empinada

Cuadro 4.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal Kayllar pajonal

ASOCIACIÓN VEGETAL	POSICIÓN FISIAGRÁFICA	PENDIENTE	EROSIÓN	PROFUNDIDAD DEL SUELO	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap.	CONSISTENCIA
Kayllar Pajonal	Cimas empinadas	25 - 35 %	Eólica en época seca	7 - 18 cm	FA Franca arenosa	Bueno	No definida en el primer horizonte, a más profundidad es foliada apizarrada.	1,47	no adhesivo, escasamente plástico, no friable
	Cimas convexas - pie de monte	10 - 25 %	Eólica en época seca	7- 60 cm	FAY Franca Areno arcilloso	Bueno	No definida en el primer horizonte, a mas profundidad es foliada apizarrada,	1,28	no adhesivo, escasamente plástico, no friable

Cuadro 5.- Descripción de propiedades químicas en los diferentes horizontes del perfil del suelo de la asociación vegetal Kayllar pajonal

CALICATA 1 CIMA EMPINADA			Propiedades Químicas															
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables Meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N total %	SAT. BASES	M.O.	P .Asim.
A 1	0 - 18	FAY	No ∅	No ∅	5,9	6,7	0.34	0.257	9.82	3.64	0.31	0.17	14.28	13.9	0.11	97.6	0.52	2,30
C	>18	Clastos /roca	No ∅	No ∅	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CALICATA 2 CIMA CONVEXSA-PIE DE MONTE																		
A1	0-60	FA	No ∅	No ∅	5.7	6.6	0.34	0.044	5.78	2.25	0.20	0.21	5.78	8.44	0.15	96.1	1.67	11.59
C	>60	-----	No ∅	No ∅	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

El suelo presente en cima empinada se caracteriza por ser pedregoso, superficial a efímero de escasos centímetros de profundidad por lo general dos horizontes bien diferenciados un horizonte A que varia de 0 cm a 18 cm de una textura FA franca arenoso, seguido de un horizonte C donde la textura no esta diferenciada pues es más grava y clastos de roca de piedra pizarra (que presenta una dureza de 2.5 donde el elemento que abunda es Fe, Mn), lutitas, limolitas, areniscas y areniscas micáceas. En cuanto a la estructura no presenta una estructura definida, Presentan baja retención de agua para las plantas, son suelos escasamente plásticos, no son adhesivos.

El color que presenta es 10Y (en seco 5/3 pardo y en húmedo 3/2 pardo grisáceo muy oscuro)

Posee una densidad aparente de 1.47gr/cc que hace una referencia a que estos suelos no son susceptibles a compactarse en los primeros horizontes.

Por cuanto a las propiedades químicas analizadas como el pH en KCl es de 5.9 y en agua es 6.7 este resultado indica que es un suelo ligeramente ácido y por ser así este aspecto determina que exista una mayor cantidad de algunos elementos como el Mn, Fe propios que se hallan en el material litológico que dio origen en estos suelos, como se pudo demostrar con los resultados obtenidos con las lecturas de Fe. La conductividad eléctrica CE es de 0.257 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que indica que no tiene problemas de salinidad y no existe presencia de carbonatos.

El CIC es de 14.28 lo que significa que su capacidad de retener nutrientes y agua es moderado dado el pH del suelo y la textura, de igual forma sucede con el TBI que es 13.94 lo que quiere decir que es moderado, por lo que su saturación de bases es muy alto 97.6 %.

El fósforo asimilable es 2.30 ppm que resulta ser bajo, el nitrógeno total presente en el suelo es muy bajo.

Por las características del clima y la posición fisiográfica existe muy bajo contenido de materia orgánica de 0.52%.

Realizando una clasificación según la Soil taxonomy este suelo llega a pertenecer a un orden "Entisol= ent" de formación reciente , Sub-orden "lept" (horizonte delgado), Gran grupo "eu" por la alta saturación de bases, pero al sub grupo "lítico" ya que existe presencia de contacto de piedra en las partes altas de la ladera correspondientes a la serranía que debido a la climatología y a que la mayor parte de los materiales originales que lo constituían se han perdido por un proceso de erosión natural además de que la roca o material parental aflora o se encuentra cerca de la superficie terrestre, familia "Franco arenoso", serie "Marcawi-Ventaimedia". Su denominación corresponde a: euleptent lítico franco arenoso – Marcawi-Ventaimedia.

Las tierras de este sitio presentan una capacidad de uso de suelo según la clasificación del USDA clase VI de tierras moderadamente aptos para el pastoreo con limitaciones de pendientes, suelo y clima.

Los suelos presentes en cimas convexas poseen, profundidad que varia de 0 a 60 cm con alto contenido de gravilla de 25% a 30% en todo el perfil, escasa disponibilidad de agua, seguido de un horizonte C. En estas condiciones la práctica de la agricultura no es factible para los pobladores por que no permite ningún tipo de laboreo.

El uso que se le da a esta área es para pastoreo de ganado ovino y bovino en algunos sitios.

La textura en el primer horizonte A1 es FAY franca areno arcillosa no son consistentes poco plástico la densidad aparente es de 1,28 gr /cc. Este tipo suelo presenta una coloración de 10Y (en seco 5/3 pardo y en húmedo 3/2 pardo grisáceo muy obscuro).

En cambio en el horizonte C la textura y estructura no es definida por la elevada presencia de clastos de roca, piedra pizarra, cuarcitas, limolitas y areniscas.

Según las propiedades químicas analizadas pH es de 6.6 en agua y en CLK 5.7, lo que indica que estos suelos presentan pH neutro pero que tienen tendencia a ser moderadamente ácidos.

De acuerdo a la conductividad eléctrica (CE) medida igual a 0.044 mS /cm, son suelos sin problemas de salinidad.

El CIC es de 8.78 que indica una baja capacidad de retención de nutrientes y agua, de la misma manera un TBI moderado de 8.44, lo que explica una saturación de bases muy alta igual a 96.1%.

El fósforo disponible es de 11.59 lo que indica que es alto, por las características del pH del suelo que se inclina a neutro, la cantidad de nitrógeno total es muy bajo 0.15%.

Es un suelo pobre en nutrientes aunque presenta un contenido elevado en materia orgánica con relación al otro tipo de suelo que se analizó ya que el porcentaje de materia orgánica alcanza el 1.67% que se considera como bajo y por consiguiente es un suelo al que se le debe aportar materia orgánica, riego si se le piensa dar uso para alguna actividad agrícola.

Realizando una clasificación según la Soil taxomi por las características descritas estos suelos llegan a pertenecer a un orden "Entisol", Sub-orden "ferr", Gran grupo "eu", Sub-grupo "lítico", Familia "Franco areno arcilloso", Serie Larancahua-Ventaimedia. Corresponde a una denominación: eufferrent, lítico, franco areno arcilloso, Larancahua Ventaimedia.

Las tierras de este sitio presentan una capacidad de uso de suelo según la clasificación del USDA clase VI tierras moderadamente aptos para el pastoreo con limitaciones de pendientes, suelo, clima.

5.4.2. Descripción del suelo en la asociación vegetal tipo *Stipa ichu*

En la sub - unidad fisiográfica cima empinada de la serranía alta los suelos son superficiales a efímeros, proveniente de un material geológico del silurico superior Sedimentario, compuesta por lutitas, limonitas arenisca y arenisca micáceas.

La agricultura esta limitada por la topografía del terreno, profundidad del suelo, pedregosidad, disponibilidad de agua, razón por la cual no se la practica, pero por el tipo de vegetación son empleados para el pastoreo de ganado camélido.

Es importante mencionar que en estas áreas existen espacios de suelo que poseen la misma textura pero que provienen de otra formación geológica perteneciente a la formación del pleistoceno sedimentario glacial Till: con presencia de bloques, cantos, grava arena limo arcilla, que hacen referencia a la presencia de peñascos inmensos de piedra del periodo glacial (Mullupunku grande y Mullupunku chico entre los mas destacables).



Foto N° 32 Caracterización de suelo en valle de fondo (Asociación vegetal de *Stipa ichu*)



Foto N° 33 Caracterización del suelo en la sub - unidad pie de monte (asociación vegetal de *Stipa ichu*)

Cuadro 6.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la Asociación vegetal pajonal de ichu

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIOGRAFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD AD	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap	CONSISTENCIA
Stipa ichu	0 - 5%	Planicie Fondo de valle	Eólica E.seca Laminar E. Húmeda	> 1.5 m	FY Franca arcillosa	Imperfectamente drenado	Granular fina	1.32	Poco adhesivo, poco plástico, friable en húmedo
	10 – 20 %	Pie de Monte	Erosión eólica en época seca	>78 cm.	YA Arcillo arenoso	Regular	Granular fina	1.19	Adhesivo , plástico , poco friable en húmedo
	35 – 60%	Cimas empinadas	Erosión natural por gravedad	15 – 20 cm.	FA Franca arenosa	Bueno	Granular media gruesa	1.28	No adhesivo, no plástico, friable en húmedo

Cuadro 7.- Descripción de propiedades químicas en los horizontes del perfil del suelo de la asociación Pajonal de Ichu

Calicata 3 Fondo de valle				Propiedades Químicas														
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables Meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total	SAT. BASES	M.O.	P Asim.
A1	0 – 14	FYA	No ∅	No ∅*	5.18	5.88	0.28	0.042	5.28	1.65	0.27	0.96	8.44	8.16	0.10	96.7	1.17	9.92
A2	14-55	YA	No ∅	No ∅	5.50	6.99	0.37	0.065	4.52	1.70	0.35	0.41	7.34	6.97	0.09	95.0	0.94	8.16
B	>55	AY	No ∅	No ∅	5.92	6.48	0.34	0.035	6.48	2.49	0.53	0.69	10.53	10.19	0.07	96.8	0.68	10.11

CALICATA 4 SERRANIA ALTA, PIE DE MONTE																		
			Propiedades Químicas															
Horizonte	Prof. cm	TEXTURA	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total %	SAT. BASES	M.O.	P Asim.
A1	0-16	YA	No ☉	No ☉*	5.35	6.05	0.47	0.038	5.26	1.95	0.28	0.66	8.61	8.14	0.18	94.5	2.78	9.85
B1C	16-35	FYA	No ☉	No ☉	5.36	5.98	0.47	0.038	5.44	2.02	0.41	0.66	9.00	8.53	0.18	94.8	2.58	8.46
C	>35	AY	No ☉	No ☉	5.0	5.6	-----	0.116	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CALICATA 5 SERRANIA ALTA, CIMA EMPINADA																		
A1	0-18	FA	No ☉	No ☉	5.51	6.20	0.12	0.050	3.74	1.69	0.15	0.32	6.02	5.90	0.07	98.0	1.21	5.10
C	>18	Roca	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Los suelos en la sub- unidad de cima empinada son de textura franca arenosa en los primeros 18 cm. profundidad, a mas profundidad están conformados de clastos de roca arena y piedra con partículas de arcilla adheridas. Este suelo no es plástico ni adhesivo, friable en húmedo algo excesivamente drenado. La estructura es de tipo granular media dura, existe presencia de raíces finas y medianas; la densidad aparente va de 1.28 gr. /cc a 1.47 gr. /cc. Lo que indica que no son suelos compactados.

El color de estos suelos es 10 YR (5/6 – 4/4) pardo amarillento en seco y pardo amarillento oscuro.

Las propiedades químicas que se analizaron como el pH que fue determinado en agua y KCl indican que este suelo es ligeramente ácido (6.20– 5.5), la conductividad eléctrica 0.050mS/cm que hace referencia a suelos que no presentan problemas de salinidad, tampoco se evidencio presencia de carbonatos.

El CIC determinado es de 6.02 por lo que la capacidad de retener nutrientes y agua es baja, con un TBI moderado. La cantidad de fósforo disponible es 9.92 moderado, la presencia de nitrógeno total es muy baja.

La materia orgánica es 1.17 % que indica un bajo contenido de este parámetro.

Por las características de formación, posición y las propiedades físicas químicas, expuestas según la soil taxonomi estos suelos pertenecen a un orden entisol, sub-orden "lept", Gran grupo "eu", sub-grupo "lítico", familia franco arenoso, Serie Vila huta-Ventaimedia. Corresponde a denominación euleptent, lítico - Vila huta-Ventaimedia.

Según la clasificación del USDA para la capacidad de uso de suelo la capacidad de uso de suelo es de clase VIII con limitaciones severas para la agricultura y ganadería pero donde se practica la ganadería extensiva.

Los suelos que se originan en las cimas empinadas son susceptibles a una erosión natural por gravedad que da origen a suelos de formación coluvial en el pie de monte.

Los pie de monte presentan una formación geológica silurico inferior sedimentario con cuarcitas pizarras limolitas y areniscas de la formación Llallagua.

La textura del suelo en el primer horizonte es arcillo arenoso YA donde la estructura del suelo es granular fina, son plásticos, duro en seco, poco friable en húmedo, la napa freática se halla a una profundidad mayor de 50 cm. presentan un drenaje regular. Con una densidad aparente que varia de 1.19 gr. /cc – 1.25 gr. /cc.

Los suelos presentan una coloración 10 YR (6/4 – 4/3) que en seco es pardo amarillentos claro y en mojado pardo oscuro.

Las características químicas analizadas como el pH determinado en agua y KCl (6 – 5) indica de que son suelos ligeramente ácidos. La conductividad eléctrica varia en un rango de 0.038 ms. /cm a 0.116 mS. /cm en todo el perfil del suelo, lo que indica de que estos suelos no presentan problemas de salinidad. Tampoco se evidencio presencia de carbonatos.

El CIC determinado varía 8.61 a 9 lo que indica que existe baja retención de nutrientes y agua, con un TBI moderado que varia de 8.14 a 8.53. La cantidad de fósforo asimilable varia en forma moderada de 9.85 a 8.46, el nitrógeno total es muy bajo en el perfil del suelo igual 0.18%.

La materia orgánica se encuentra en un 2.78% el cual disminuye sustancialmente a mas profundidad por lo que como estas áreas son utilizadas para la practica de la agricultura es recomendable adicionar materia orgánica ya que su cantidad en el suelo es moderado.

Estos suelos pertenecen a un orden inceptisol “ept”, son suelos jóvenes que se encuentran en procesos de formación incipientes, sub-orden “ferr”, gran grupo “eu”

perteneciente al sub-grupo “Abruptico”, ubicados en pie de monte conformados por una capa superficial de material coluvial fino escaso que cambia a una textura franca arcillo arenosa, familia “arcillo arenosa”, serie Mullupunku grande-Ventaimedia. Su denominación es euferrept, Abruptico; Mullupunku grande-Ventaimedia.

En laderas de pie de monte, los suelos pertenecen a la clase VI para la practica del pastoreo con limitaciones de pendiente suelo y clima, y por la presencia de terrazas desde tiempos pasados en algunas laderas pertenece a la clase IV donde, se puede practicar una agricultura extensiva, pero con severas limitaciones de pedregosidad, pendiente y clima (déficit hídrico la mayor parte del año).

Los suelos en valle de fondo tienen una formación geológica Holoceno sedimentario de origen aluvial y coluvial. Estos suelos tienen una profundidad > 1.5m. Los horizontes que presenta poseen una gran variabilidad de textura el mismo en el primer horizonte tiene una textura franca arcillosa que va cambiando, hasta llegar a un horizonte duro de arcilla.

La estructura de este suelo es granular fina, mediana tienen presencia de raíces finas medianas. Son moderadamente plásticos, adhesivos, moderadamente friables en húmedo, moderada erosión eólica al llegar la época seca. La densidad aparente que va de 1.32 gr. /cc a 1.67 gr. /cc lo que indica que van de buenos valores de drenaje pero a medida que se avanza a mas profundidad el drenaje se vuelve imperfecto.

El color de estos suelos es 10YR (4/3 – 3/2) pardo oscuro en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo.

De acuerdo a las propiedades químicas analizadas como el pH en agua que varia de 5.88 a 6.48 y pH KCl (5.18–5.92) son suelos ligeramente ácidos con tendencia a moderadamente ácidos, la conductividad eléctrica varia conforme la profundidad de 0.042 mS. /cm – 0.035 mS. /cm. Lo que indica que no existe presencia de sales. No se evidencio presencia de carbonatos.

El resultado de la determinación de CIC hace referencia de que existe baja retención de nutrientes y agua en el perfil del suelo, el fósforo disponible aumenta progresivamente de moderado a alto (9.92 a 10.11) ppm.

La materia orgánica presente en el suelo es baja igual 1.17% la misma que disminuye sustancialmente en todo el perfil del suelo hasta 0.68%. Pero dada las características de profundidad del suelo la disponibilidad de agua en esta unidad tierra para la práctica de la agricultura, se recomienda la incorporación de materia orgánica para un mejor aprovechamiento y manejo del suelo.

Este tipo de suelo que son mas desarrollados que los anteriores descritos según la clasificación de la soil taxonomy se clasifica como inceptisol "ept", Sub-orden "ferr" , dada la dinámica de formación de estos suelos las características químicas, físicas, cambian y se pueden encontrar mezclas de diferentes materiales finos asociados a minerales tales como el Fe ya que se encontraron niveles elevados de este elemento, llegando a pertenecer como gran-grupo "eu", sub-grupo "típico" , familia Franco arcillo arenosa, serie Cobre mayo 2 –Ventaimedia.

Con denominación; euferrrept, tipico, franco arcillosa-Cobremayo2-Ventaimedia
Según la clasificación del USDA la capacidad de uso de suelo es de clase III donde los suelos son moderadamente aptos para la práctica de una agricultura con limitaciones de drenaje, pedregosidad, clima.

5.4.3. Descripción de suelo de la asociación vegetal Pajonal de Festuca orthophylla

El suelo que permite el desarrollo de esta asociación vegetal corresponde a la serranía alta distribuida en cimas empinadas y pie de monte donde los suelos tienen origen coluvial por gravedad.

Los suelos que se encuentran en las cimas empinadas son susceptibles a la erosión natural, por lo que no es factible la agricultura ya que representan terrenos accidentados, pero son usados mayormente para el pastoreo de ganado camélido. En forma general provienen del silurico superior sedimentario con presencia de lutitas, limolitas, areniscas y areniscas micáceas.

Los suelos que corresponden a la serranía alta pie de monte, tienen origen geológico del ordovico superior a silurico inferior sedimentario con presencia de Diamictitas, areniscas, limolitas, lutitas y cuarcitas de la formación cancaniri.

Estas áreas son aprovechadas para la práctica de una agricultura a secano en forma temporal, por su mejor accesibilidad y para escapar de las heladas o inundaciones (partes planas). Se siembran cultivos de quinua, cebada, papa en pequeñas parcelas aisladas.

La presencia de piedra disminuye con relación a las cimas empinadas, pero el uso de tracción animal sigue siendo limitado por lo que el agro-minero tiene que usar su fuerza de trabajo para la siembra y practicas culturales del cultivo. La pradera es usada también para el pastoreo de camélidos y ovinos.

Cuadro 8.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal pajonal de Iru ichu

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIAGRÁFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD DE SUELO	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap	CONSISTENCIA
Pajonal de Festuca orthophylla	25 – 60 %	Serranía alta, moderada cimas empinadas	Eolica en la época seca	20 cm	YA Arcillo arenoso	Regular	Granular fina débil desagregación	1.19 gr./ cc	No plástico, poco adhesivo, firme en húmedo
	18 – 24 %	Serranía alta Pie de monte	Erosión eolica en época seca	65 cm	FYA Franca arcillo arenosa	Imperfectamente drenado	Granular fina y mediana, débil desagregación	1.30gr. /cc	No plástico y adhesivo, firme en húmedo

Cuadro 9.- Descripción de propiedades químicas en los diferentes horizontes del perfil del suelo de la asociación vegetal pajonal de Hiru ichu

CALICATA 6 SERRANIA ALTA CIMA EMPINADA MODERADA																		
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total %	SAT. BASES	M.O.	P Asim.
A1	0-20	FY	No ☉	No ☉*	4,82	5,64	0,22	0,062	3,07	1,11	0,23	0,30	6,54	6,07	0,19	92,8	2,89	6,71
C	>20	AY	No ☉	No ☉	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CALICATA 7 SERRANIA ALTA PIE DE MONTE																		
O	0-15	FYA	No ☉	No ☉	4,84	5,41	0,22	0,087	4,48	1,46	0,28	0,25	6,70	6,48	0,13	96,7	0,85	9,20
A1	15-40	FA	No ☉	No ☉	4,56	5,69	0,47	0,040	4,65	1,76	0,28	0,16	7,31	5,84	0,09	93,6	0,72	6,38
C1	40-65	FA	No ☉	No ☉	5,81	4,68	0,56	0,042	4,32	1,98	0,28	0,18	7,32	6,76	0,03	92,3	0,42	4,29
C2	>65	-----	No ☉	No ☉	7,12	7,15	0,37	0,174	9,32	4,37	0,44	0,31	14,81	14,4	0,05	97,5	0,47	7,33

En la sub- unidad fisiográfica cima empinada el suelo presenta una textura Franco arcillo arenosa FYA en los primeros 20 cm. para luego en los próximos cm. de profundidad presentar una textura areno arcilloso AY al que le sobreviene grava y clastos de roca.

Presentan un color pardo pálido (10 YR 6/3) en húmedo, pardo (10 YR 4/3) en seco; estructura granular, fina, débil; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable en húmedo; frecuentes poros finos; raíces comunes y finas. Con una densidad aparente de 1.19 gr /cc. Es un suelo imperfectamente drenado.

De acuerdo a las propiedades químicas analizadas el pH determinado en agua es de 5.64 y en KCl 4.82 lo que indica que el suelo es moderadamente ácido con tendencia a fuertemente ácido, la conductividad eléctrica 0.062 mS/cm por lo tanto no presenta problemas de salinidad, tampoco existe presencia de carbonatos.

El CIC corresponde a 5.61 lo que determina que tenga capacidad muy baja de retener nutrientes y agua por parte de este suelo con un TBI bajo igual a 5.39, lo que con lleva a una saturación de bases muy alta igual a 92.8%. El fósforo disponible es moderado igual 6.71ppm, con nitrógeno total muy bajo 0.19%.

Los suelos presentes en estas áreas poseen un moderado contenido de materia orgánica igual a 2.89 % pero que se ve afectado por el terreno accidentado en el que se encuentran.

Por las características de formación y propiedades físicas, químicas analizadas este tipo de suelo según la clasificación de la Soil taxonomy corresponde a un orden denominado entisol "Ent" que representa a suelos de reciente formación, sub-orden "lept" poco grueso, gran grupo "eu" con alta saturación de bases, sub grupo "lítico" que explica el contacto de las superficie delgada del suelo con la roca madre por las características del terreno, familia franco arcilloso, Challapacheta-Ventaimedia.

Su denominación es: euleptent, lítico, franco arcilloso, Challapacheta-Ventaimedia.

Según la clasificación del USDA para la capacidad de uso de suelo estas tierras corresponden a la clase VIII, ya que presentan limitaciones muy severas tales como pendiente, pedregosidad, clima que las hacen poco apropiadas para un uso agropecuario extensivo, quedando relegadas para otros usos como vida silvestre y otras.

La textura del suelo ubicado en la sub-unidad pie de monte en los primeros 15 cm. de profundidad es franca arcillo arenosa FYA, la misma que varia hasta llegar al horizonte C conformado de clastos de roca dura.

El suelo es bien drenado por lo que el agua es eliminada con facilidad y después el mismo se torna seco, la napa freática se halla a una profundidad mayor a 1m. Tiene alto contenido de piedras de diámetro de 15 a 30 cm. No existe presencia de afloraciones salinas, existe erosión hídrica laminar moderada, erosión eólica en la época seca. Presencia de grava que varía en todo el perfil de 5% en los primeros horizontes y que gradualmente aumenta a 15%.

La estructura es granular fina y mediana, débil desagregación no plástico ni adhesivo, friable, frecuentes poros finos, raíces comunes finas pocas medianas, pocas gruesas. Tiene una densidad aparente de 1.3 gr /cc.

Según las propiedades químicas analizadas como el pH en agua que varia de 5.41 a 7.15 y en KCl que va de 4.84 – 7.12 que indica que los suelo en el primer horizontes es moderadamente ácido y que a mas profundidad el pH se presenta neutro, pero en el primer horizonte el suelo tiene tendencia a ser fuertemente ácido y a mayor profundidad la tendencia del pH se vuelve neutra. La conductividad eléctrica que incrementa con la profundidad de (0.087 – 0.174) mS/cm hace referencia a que estos suelos no tienen problemas de salinidad como tampoco tiene presencia de carbonatos.

En cambio el CIC en todo el perfil del suelo varia en un rango de 6.70 a 14.81, lo que indica que en el horizonte superficial la capacidad de retener nutrientes y agua es bajo en cambio a una profundidad de 65 cm la misma es moderada de igual forma sucede con el TBI que varia de 6.48 a 14.44, con una saturación de bases muy alta en cada horizonte de este suelo.

El fósforo disponible en todo el perfil del suelo es moderado el mismo que disminuye dentro de ese rango. La presencia de nitrógeno total es muy baja.

La presencia de materia orgánica en el primer horizonte es de 0.85% que luego se reduce gradualmente hasta el ultimo horizonte con 0.47%, lo que indica que presenta muy bajo contenido del mismo y que si se quiere aprovechar estas áreas para la agricultura es necesario incorporar al suelo para no desgastarlo.

Los suelos de la serranía alta, en pie de monte y cimas con disección moderada son moderadamente aptos para la practica de un pastoreo extensivo por lo que llegan a pertenecer a una clase VI según el USDA. Estas áreas también se caracterizan por que presentan terrazas desde tiempos pasados, en algunos sectores por lo que pertenecen a la clase IV (Tierras arables), los mismos que presentan severas limitaciones por que tienen problemas de pedregosidad, suelos someros y baja fertilidad natural que también están limitados por clima (déficit hídrico en la mayor parte del año) pero son áreas que sirven para escapar de las heladas en algunos casos.



Foto N° 34 Caracterización del suelo en cima empinada (Paional de *Festuca orthopylla*)



Foto N° 35 Caracterización del suelo en Pie de monte (Paional de *Festuca orthopylla*)

5.4.4. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Pajonal Tholar Kayllar

Esta cobertura vegetal se extiende en toda la serranía comprendida en pie de monte y valles de fondo. Los suelos son profundos en la sub-unidad valle de fondo pero en la sub-unidad pie de monte se reduce.

En la sub-unidad pie de monte los suelos, tienen origen geológico del Silurico superior sedimentario con presencia de lutitas, limolitas, areniscas y areniscas micaceas. La disponibilidad de agua es escasa por lo que la práctica de la agricultura es a secano y muy reducida a parcelas de pequeña extensión. Debido a la vegetación presente es utilizada para el pastoreo de ganado ovino, bovino y camélido.

Los suelos de la sub-unidad valle de fondo pertenecen a la formación del Holoceno sedimentario de origen aluvial y coluvial con presencia de grava, arena, limo y arcilla.

La práctica de la agricultura es casi intensiva en lugares donde existe disponibilidad de agua con la aplicación del riego superficial en cultivos de papa, haba, cebada, alfalfa, pasto llorón. También son empleados para el pastoreo de ganado ovino, bovino, camélido.

Foto N° 36 Caracterización del suelo en la asociación vegetal Pajonal Tholar Kayllar



Cuadro 10.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal Pajonal tholar

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIAGRÁFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap.	CONSISTENCIA
PAJONAL THOLAR KAYLLAR	0 – 3 %	Fondo de valle	Eolica en época seca	>1m	FY Franca arcillosa	Bueno	Granular media	1.39 gr./ cc	Adhesivo, plástico en mojado, firme en húmedo
	10 – 15 %	Pie de monte	Eolica en época seca	60 cm.	YA Arcillo arenosa	Regular	Granular fina	1,25 gr. / cc	Plástico en mojado firme en húmedo

Cuadro 11.- Descripción de propiedades químicas en los diferentes horizontes del suelo de la asociación vegetal Pajonal tholar

CALICATA 8 Serranía alta Valle de fondo																		
Propiedades Químicas																		
Horizonte	Prof. cm	TEXTURA	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total %	M.O.	SAT. BASES	P Asim.
O	0 - 11	FY	No∅	No ∅*	5.23	5.96	0.25	0.031	3.76	0.81	0.24	0.76	5.81	5.56	0.09	1.38	95.7	15.76
A	12 - 19	FA	No∅	No ∅	6.05	6.44	0.32	0.052	2.44	0.95	0.20	0.30	4.22	3.90	0.05	0.74	92.4	7.25
B1	20 - 48	A	No∅	No ∅	5.95	6.17	0.25	0.044	2.88	0.62	0.18	0.23	4.16	3.91	0.04	0.69	94.0	7.07
B2	49-68	Y	No∅	No ∅	6.10	6.41	0.34	0.031	2.65	0.97	0.22	0.24	4.42	4.08	0.04	0.62	92.3	4.60
B3	>68	A	No∅	No ∅	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CALICATA 9 Serranía alta pie de monte																		
A1	0-12	YA	No∅	No ∅	4,29	5,16	0.50	0,051	1.58	0.62	0.21	0.38	3.30	2.80	0.12	1.23	84.8	6.80
A2	12-37	AY	No∅	No ∅	4,46	6,24	0.31	0,312	3.52	0.84	0.23	0.27	5.17	4.86	0.07	1.13	94.0	5.50
B	37-60	YA	No∅	No ∅	5,13	6,44	0.28	0,087	3.12	1.26	0.27	0.14	5.07	4.79	0.09	1.22	94.5	3.48
2C	>60	YA	No∅	No ∅	5,28	5,57	-----	0,054	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

* No existe = No ∅

La textura del suelo en la sub-unidad pie de monte en los primeros centímetros de profundidad es arcillo arenosa YA con presencia de grava de 18 %, de estructura granular fina con presencia de raíces finas medianas, comunes, gruesas muchos poros finos, caóticos e intersticiales; adhesivo plástico en mojado firme en húmedo y muy duro en seco.

Los suelos presentan una coloración 10 YR; 4/2 pardo grisáceo oscuro en seco y 10Y; 3/3 pardo oscuro en húmedo.

El análisis de las propiedades químicas como el pH en agua varia de 5.16 a 6.44 en el perfil del suelo lo que significa que es un suelo moderadamente ácido pero que tiene tendencia de moderadamente ácido a fuertemente ácido (5.28– 4.29).

La conductividad eléctrica asciende desde 0.051mS/cm a 0.054 mS/cm hacia los horizontes más profundos lo que indica que estos suelos no tienen problemas de salinidad como también se evidencio que no existe presencia de carbonatos.

En cambio el CIC varia en un rango de 3.30 a 5.17 que indica que estos suelos poseen muy baja capacidad de retener nutrientes y agua, de la misma forma ocurre con el TBI que en el primer horizonte es de 2.80, respectivamente para los demás horizontes es de 4.86 y 4.79. El fósforo asimilable varia de un contenido moderado en los primeros horizontes a concentraciones bajas en horizontes profundos y la presencia de nitrógeno total es bajo.

La saturación de bases es muy alta en todos los horizontes y la presencia de materia orgánica varia de 1.23% a 1.13% que de igual forma representan un valor bajo en el suelo por lo cual si se piensa aprovechar estos suelo para la practica de la agricultura extensiva se debe pensar en adicionar materia orgánica.

Por las características de formación, propiedades químicas, físicas mencionadas según la soil taxonomy este suelo pertenece a un orden Inceptisol “Ept”, sub-orden

“ferr”, gran grupo “eu”, sub-grupo “típico”, familia arcillo arenoso, serie Mullupunku chico-Ventaimedia.

Su nominación es: euferrept, típico, arcillo arenoso, Mullupunku chico-Ventaimedia.

Según la clasificación de capacidad de uso de suelo del USDA estos suelos pertenecen a la clase VI por lo que son moderadamente aptos para el pastoreo con limitaciones de pendiente, suelo, clima.

En la sub-unidad valle de fondo el suelo en los primeros 11 cm tiene una textura franca arcillosa FY de estructura granular mediana, débil adhesivo plástico en mojado firme en húmedo duro en seco, presencia de raíces finas, medianas. La densidad aparente es de 1.39 gr /cm.

En los demás horizontes profundos, la textura varia de franca arenosa, arenosa, para presentarse de nuevo una textura franca arenosa hasta llegar a un horizonte de una capa dura de arcilla compacta. Lo que produce un drenaje regular en las texturas francas pero en el horizonte impermeable de arcilla el drenaje es pobre.

También se pueden encontrar mezclas de diferentes materiales finos asociados a elementos provenientes de la actividad minera que se realiza las partes altas de la serranía y altera la coloración del agua en algunos cursos que tiene el mismo.

Los suelos presentan una coloración 10YR (5/3 – 4/4) pardo en seco y pardo amarillento oscuro en húmedo. Las propiedades químicas de este suelo hacen referencia a suelos ligeramente ácidos con tendencia a moderadamente ácidos por los resultados de determinación de pH en agua y KCl (5.96 – 5.23). La conductividad eléctrica en el primer horizonte es de 0.031mS/cm y en el horizonte mas profundo llega a ser 0.053 mS/cm lo que quiere decir que este suelo no tiene problemas de salinidad, tampoco existe presencia de carbonatos.

El CIC también presenta una variación en descenso desde 5.81 meq/ 100gr hasta 4.16 meq/100gr que se hallan dentro de un rango que indica que en todo el perfil del suelo existe una baja retención de nutrientes y agua. De igual forma el TBI varía en un rango de 5.56 meq/100gr y 3.90 meq/100gr. La saturación de bases es alta en todo el perfil. El contenido de fósforo asimilable es muy alto en el primer horizonte, mismo que se reduce hasta concentraciones bajas en el horizonte más profundo del suelo. La presencia de nitrógeno es muy baja en todo el perfil del suelo.

La materia orgánica en este relevamiento de calicata presenta una variación de 1.38% en el primer horizonte y en el horizonte más profundo es de 0.62%, lo que indica que estos suelos son pobres en contenidos de materia orgánica.

Según la clasificación de la soil taxonomy el suelo pertenece al orden Aridisol "Id", sub orden "pale" gran grupo "eu", sub-grupo "típico", familia "franca arcillosa", serie Coripata-Ventaimedia.

Su denominación: paleeuid, típico, franca arcillosa, Coripata-Ventaimedia.

Por sus características físicas, profundidad, textura, posibilidad de incorporar materia orgánica, riego pertenecen a la clase III lo que quiere decir que son suelos moderadamente aptos para la práctica de la agricultura con limitaciones de drenaje, pedregosidad, clima.

5.4.5. Descripción de suelo de la asociación Arbustal de Añahuaya

La presente asociación vegetal se halla ubicada en la unidad fisiográfica serranía media en sub-unidades fisiográficas cimas convexas y pie de monte.

La agricultura no es factible en las cimas convexas por lo que no se la realiza. En cambio aprovechando la vegetación presente le dan un uso para pastoreo de ganado ovino.

En esta sub-unidad el suelo tuvo origen en el Silurico Superior Sedimentario, tiene contenidos de lutitas, limolitas, areniscas y areniscas micáceas de la formación Uncía Catavi.

En la sub unidad pie de monte la practica de la agricultura es extensiva reducida a pequeñas parcelas aisladas. El suelo en esta área tuvo su origen en el silurico Inferior Sedimentario con presencia de cuarcitas, pizarras, limolitas y areniscas de la formación Llallagua.



Foto N° 37 Suelos superficiales en cimas convexas donde se desarrolla la comunidad vegetal arbustal de Añahuaya.



Foto N° 38 Perfil del suelo en Arbustal de Añahuaya

Cuadro 12.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal Arbustal de Añahuaya

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIAGRÁFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD DE SUELO	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap	CONSISTENCIA
Arbustal de Añahuaya	10 – 25%	Serranía media Cimas convexas	Eólica en época seca	15 -20 cm.	FA Franca arenosa	Bueno	Granular media gruesa	1.37	Poco plástico, no adhesivo, friable en húmedo
	12- 18%	Serranía media Pie de monte	Eolica en época seca	20 – 55cm.	FAY Franca areno arcillosa	Regular	Granular media fina	1.28	No plástico, poco adhesivo, friable

Cuadro 13.- Descripción de propiedades químicas en los diferentes horizontes del suelo de la asociación vegetal arbustal Añahuaya

CALICATA 10 Serrania media cima convexas																		
		Propiedades Químicas																
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiable meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total %	SAT. BASES	M.O.	
A1	0 – 15	A	No ∅*	No ∅	3,72	4,65	0,47	0,236	4,00	1,55	0,22	0,30	6,54	6,07	0,08	92,8	1,38	7,52
C	>15	-----	No ∅	No ∅	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CALICATA 11 Serranía media pie de monte																		
A1	0-20	FAL	No ∅	No ∅	5.51	6.20	0.12	0.037	3.74	1.69	0.15	0.32	6.02	5.90	0.07	98	1.21	5.10
A2	20-25	FA	No ∅	No ∅	6.0	6.61	0.25	0.050	4.64	1.21	0.17	0.19	6.21	6.46	0.05	96.1	1.02	9.95
BC1	25-55	FY	No ∅	No ∅	5.98	6.61	0.25	0.081	3.56	1.41	0.18	0.20	5.61	5.36	0.05	95.5	0.87	4.42
C2	>55	A	No ∅	No ∅	6.16	6.89	0.34	0.039	5.60	1.56	0.19	0.28	7.97	7.63	0.04	95.7	0.74	4.94

* No ∅ = no existe

En la sub-unidad cima convexa dentro de la serranía media el suelo presenta alto contenido de grava 25%- 30% con presencia de piedra pizarra en horizontes más profundos. Según sus características edafológicas presentan por lo general dos horizontes diferenciados un horizonte A de 15 cm a 20 cm de una textura FA franca arenosa, seguida de un horizonte C donde la textura no esta diferenciada pues es más grava y clastos de roca de piedra pizarra. En cuanto a la estructura es granular media, no son adhesivos, poco plásticos, friable en húmedo un poco duro en seco con relación al primer horizonte.

Por las características físicas del suelo, además del color de suelo 10 YR (4/4 – 4/1) que en seco es pardo amarillento oscuro y en húmedo pardo gris.

De acuerdo a las propiedades químicas analizadas el pH en KCl y agua (3.72 – 4.65) indica que es un suelo moderadamente ácido con tendencia a fuertemente ácido y por ser así este aspecto determina que exista una mayor presencia de algunos elementos como el Mn, Fe propios que se hallan en el material litológico que dio origen en estos suelos. La conductividad eléctrica CE determinado es 0.236 mS /cm lo que indica de que no tiene problemas de salinidad. También se evidencio que no existe presencia de carbonatos. Posee una densidad aparente de 1.37gr/cc que hace una referencia a que estos suelos no son susceptibles a compactarse en los primeros horizontes.

La CIC determinada es de 6.54 que hace referencia de que este suelo posee una baja retención de nutrientes y agua con muy alto contenido de saturación de bases 92.8%. Con un TBI bajo igual a 6.07. El fósforo disponible es moderado 7.52 ppm, con un nitrógeno total muy bajo de 0.08%

La materia orgánica presente es 1.38% siendo baja su presencia lo que también afecta a la CIC del suelo y por consiguiente a la retención de nutrientes.

Este tipo de suelo pertenece a un orden entisol “Ent” lo que indica que posee un menor desarrollo. Por lo que la roca o material parental aflora o se encuentra muy cerca de la superficie terrestre, sub orden “lept” poco grueso, gran grupo “eu” alta

saturación de bases, sub-grupo “lítico” presencia de piedra, familia “arenoso”, serie Acomarca-Ventaimedia.

Su denominación corresponde: euleptent, lítico, arenoso, Acomarca-Ventaimedia.

Los suelos presentes en las cimas convexas donde también se desarrolla esta vegetación llegan a clasificar a una clase VII que hace referencia a tierras marginales, es decir que estos suelos presentan severas limitaciones para la agricultura y para el pastoreo con limitaciones de suelo, relieve, clima.

En la sub-unidad pie de monte la textura del suelo en los primeros 20 cm. (A1) de profundidad es franca arenoso arcilloso FAY hasta llegar a una textura arenosa (A2) que luego pasa a un horizonte tipo BC conformado de clastos de roca dura en los cuales se encuentra adheridos suelo arcilloso de una tonalidad rojiza.

El suelo es imperfectamente drenado, la napa freática se halla a una profundidad mayor a 55 cm, existe erosión eólica en la época seca. Presencia de grava 15%, el color de suelo 10 YR (6/2 – 5/2) gris parduzco claro en seco y en húmedo pardo grisáceo.

La estructura es granular fina y mediana, débil desagregación no plástico ni adhesivo, friable, frecuentes poros finos, raíces comunes finas pocas medianas, pocas gruesas. Tiene una densidad aparente de 1.28 gr. /cc.

Según las propiedades químicas analizadas en este suelo el pH en agua varía de 6.20 ligeramente ácido en el primer horizonte a 6.89 de pH neutro en el último y en KCl su variación es de (5.51-6.16) lo que significa que este suelo tiene una tendencia de moderadamente ácido a ligeramente ácido, conductividad eléctrica que varía en todo el perfil del suelo en un rango de (0.037 mS /cm – 0.081 mS/cm) que hace referencia a que estos suelos no tienen problemas de salinidad como tampoco se evidenció presencia de carbonatos.

Para este suelo se determino una CIC que varia de 6.02 a 7.97 dentro de un rango bajo de retener nutrientes y agua por parte del presente suelo, de la misma forma el TBI varia de 5.90 a 7.63.

La saturación de bases de este suelo es muy elevada en todos los horizontes del suelo la misma que varia de 98 a 95.7%

El fósforo disponible varia según su contenido siendo bajo entre el primero y el tercer horizonte (4.94 -5.10) ppm, en cambio en el segundo es moderado con 9.95ppm este factor es debido a la característica de formación inicial de este suelo (día génesis). El contenido total de nitrógeno es muy bajo en los horizontes.

La presencia de materia orgánica en todo el perfil es baja la misma varia en un rango de 1.21% a 0.74% respectivamente.

Realizando una clasificación de suelos según la soil taxonomi estos suelos son de orden Inceptisol “ept”, sub orden “ferr” presencia de hierro, gran grupo “eu” alta saturación de bases, sub-grupo “típico”, familia “franco areno limoso”, serie Acomarca-Ventaimedia.

Debido al desarrollo que presentan se evidencio que el material parental del que provienen, sufren un proceso denominado dinamo metamorfismo por el clivaje que presentan los clastos de roca provenientes de pizarras lutitas.

Los suelos presentan una capacidad de uso de suelo según la clasificación del USDA de clase IV que corresponde a tierras no arables (pie de monte) con severas limitaciones para la agricultura con limitaciones de suelo, erosión, relieve y clima, pero se puede practicar el pastoreo extensivo en forma moderada por lo que pertenecería a la clase VI.

Foto N° 39 Arbustal de añahuaya en pie de monte



5.4.6. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Tholar Pajonal Kayllar

El suelo que permite el establecimiento de la presente cobertura vegetal queda ubicado en la sub - unidad fisiográfica pie de monte perteneciente a la serranía alta.

La actividad agrícola en esta área es a secano donde la actividad ganadera en su forma extensiva es más desarrollada con el manejo de ganado ovino y bovino en menor escala.

El área donde se encuentra este suelo tiene origen geológico en el Silurico superior sedimentario con presencia de lutitas, limolitas, areniscas y areniscas micáceas de la formación Uncía y Catavi.

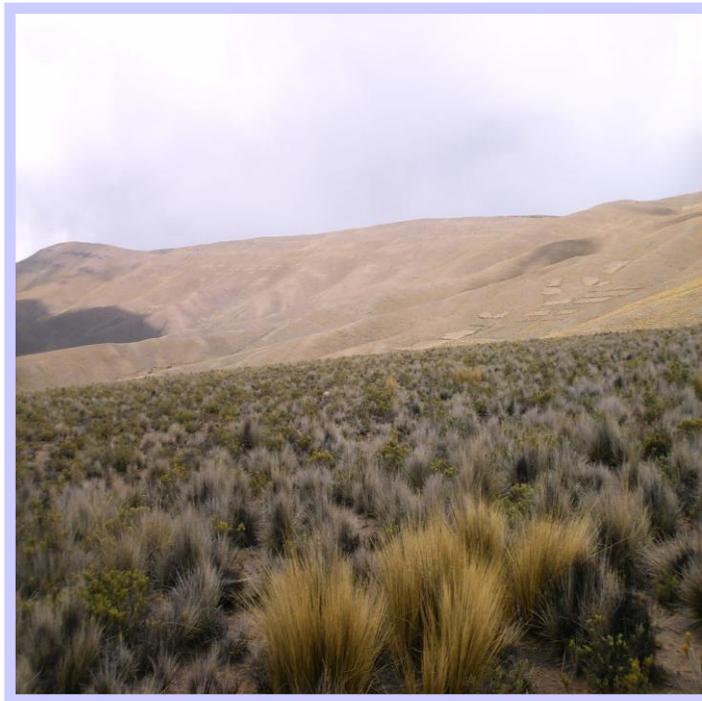


Foto N° 40 Tholar pajonal

Cuadro 14.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal Tholar pajonal kayllar

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIAGRÁFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap	CONSISTENCIA
THOLAR PAJONAL KAYLLAR	15-20%	Serranía alta Pie de monte	Eólica en época seca	>80 cm.	YA Arcilla arenosa en horizontes superficiales F en horizontes > a 40 cm.	Regular a buen drenaje y capacidad de retención de humedad	Granular fina media en los primeros horizontes y en horizontes mas profundos granular media y gruesa	1.28	Adherente y plástico en mojado, firme en húmedo y duro en seco

Cuadro 15.- Descripción de propiedades químicas en los diferentes horizontes del perfil del suelo de la asociación vegetal Tholar pajonal kayllar

CALICATA 12 Serranía Alta, pie de monte																		
Propiedades Químicas																		
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H ₂ O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables meq/100g suelo						%			ppm
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total	M.O	SAT. BASES	P Asim.
A1	0-18	YA	No∅*	No∅*	5.38	6.10	0.37	0.047	6.17	2.36	0.43	0.90	10.22	9.85	0.11	1.32	96.4	5.42
A2	18-48	AY	No∅*	No∅*	5.63	6.28	0.25	0.079	7.56	4.01	0.87	0.56	13.25	13.00	0.06	0.57	98.1	1.04
BC	>48	FAY	No∅*	No∅*	5.47	6.35	0.37	0.048	6.74	3.42	0.30	0.31	11.15	10.78	0.05	0.48	96.7	1.38

No∅*= no existe

En la sub-unidad pie de monte dentro de la serranía alta textura el suelo en los primeros 18 cm. de profundidad es arcillo arenosa YA y en horizontes mas profundos va de areno arcillosa AY a textura francas. El color del suelo es 10 YR (5/3 – 4/3) pardo en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo.

La estructura de este suelo es granular fina media, adhesiva, plástica, friable con presencia de raíces finas en los primeros horizontes y en horizontes más profundos raíces medianas y gruesas, presencia de poros finos caóticos. La densidad aparente va de 1.28 gr /cc en el primer horizonte y 1.43 gr /cc en el horizonte mas profundo.

Estos suelos son un poco más desarrollados según sus características descritas presentan a un orden inceptisol.

Según las propiedades químicas de los suelos analizados, el pH en agua varia de 6.10 en el horizonte superficial a 6.35 en el horizonte mas profundo por lo que son ligeramente ácidos, en cambio el pH determinado con KCl varia de 5.38 a 5.47 que indica que estos suelo tienen una tendencia de ser moderadamente ácidos. La conductividad eléctrica varia en un rango de 0.047 mS /cm a 0.048 mS. /cm, lo que indica que este suelo no tiene problemas de salinidad. Como tampoco se evidencio presencia de carbonatos.

Según la CIC que varía en un rango de (13.25 a 10.22), donde el suelo presenta moderadamente una capacidad de retener nutrientes y agua. El TBI también es moderado como se puede ver en el cuadro N° 15. El fósforo asimilable varía de moderado en el horizonte mas superficial a bajo en horizontes mas profundo, siendo la cantidad de nitrógeno total encontrado muy baja en el perfil del suelo.

La presencia de materia orgánica cambia de 1.32% en el primer horizonte hasta 0.48% en el ultimo horizonte, lo que indica que estos suelos en el primer horizonte presentan un bajo contenido de materia orgánica el mismo que desciende aun mas a medida que se alcanza mayor profundidad, por lo cual indica que en este tipo de suelos necesita la incorporación adicional de materia orgánica ya que presentan

buenas condiciones de profundidad para ser aprovechados para la practica de una agricultura extensiva.

Según la clasificación de la soil taxonomy el presente suelo es de orden Inceptisol "Ept", sub orden "ferr" presencia de hierro, gran grupo "eu" alta saturación de bases, sub grupo, típico, familia arcillo arenosa, serie Cobre mayo-Ventaimedia.

Su denominación es: eufferretp, típico, arcillo arenoso, cobre mayo –Ventaimedia.

Tiene una capacidad de uso de suelo VI (tierras aptas para pastoreo extensivo, y por la presencia de terrazas desde tiempos pasados también pertenecen a la clase IV de tierras arables pero con limitaciones de suelo, pendiente, erosión y clima donde se puede practicar la agricultura en su forma extensiva .

5.4.7. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Pajonal de Calamagrostis

Los suelos presentes en esta asociación vegetal descansan en pie de monte distribuida en toda la cadena montañosa de la serranía que corresponden a los valles colgantes (Bofedales).

No son usados para la actividad agrícola pero debido a la basta vegetación que poseen son empleados para el pastoreo de ganado ovino, bovino y como abrevaderos para ganado camélido.

Estos suelos tienen origen geológico del Holoceno sedimentario coluvial y aluvial con presencia grava arena y arcilla y silurico superior sedimentario en algunos casos.

En este tipo de suelos existe mayor profundidad del perfil del suelo debido a las características de formación por medio de acumulación de sedimento en los pies de escarpes por caída y gravedad que a la vez forman un medio favorable para la ocurrencia de agua subterránea, debido a su litología gruesa porosa.

Según denominaciones de muchos autores citados por Luna (1994), estas unidades de suelo (Valles colgantes), por las características de su vegetación, ya que poseen agua permanente en todo el año se denominarían bofedales údicos.

En cambio según otros investigadores como Pacheco (1998), esta unidad de suelo descrita representaría a bofedales de ladera.

En cambio Quintana (1996), las consigna como valles glaciares Alto andinos cuando se hallan en alturas promedio (4700 – 5000 m.s.n.m.) y de Llanura y Valles si comprenden los (3900 – 4300 m.s.n.m).

Para este estudio de una forma mas general la denominación empleada es de Valles colgantes citada por Vladimir Orsag (2007). Investigador del Instituto de Investigaciones Agrícolas y Recursos Naturales IIAREN.

Cuadro 16.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal Pajonal de Crespillo

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIAGRÁFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap.	CONSISTENCIA
Pajonal de Calamagrostis	10 – 15%	Segmentada en toda la serranía Pie de monte	No existe	> 1.5m	FY en horizontes superficiales F en horizontes > a 40 cm.	Regular a bueno y capacidad de retención de humedad	Granular fina algo migajosa	0.82 – 1.22	Adhesivo, friable,plastico

Cuadro 17.- Descripción de propiedades químicas en los diferentes horizontes del perfil del suelo de la asociación Vegetal Pajonal de crespillo

Caricata 13 valles colgantes																		
Propiedades Químicas																		
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	Cationes Intercambiables meq/100g suelo							%			ppm
								CE uS/cm	Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N total %	SAT. BASES	M.O.	P Asim.
orgánico	superficial		No☉*	No ☉	3.79	4.14	0.84	1.294	4.42	1.69	1.27	0.14	8.37	7.53	0.46	90	11.53	4.29
A1	0 – 15	FYA	No☉	No ☉	6.20	6.46	0.37	0.190	10.40	5.07	0.82	1.07	17.72	17.35	0.28	97.9	6.89	6.22
A2B1	15 - 40	YA	No☉	No ☉	5.02	5.46	0.47	0.222	3.54	1.78	0.41	0.27	6.48	6.01	0.24	92.7	5.49	5.91
B2	40- 65	YL	No☉	No ☉	5.01	5.48	0.28	0.067	3.68	1.80	0.23	0.16	6.15	5.87	0.07	95.5	0.92	3.75
BC1	65 -90	FA	No☉	No ☉	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

No☉*= no existe



Fotos N° 41
Vista de perfiles de suelo presentes en Valles colgantes.



La textura de los suelos en los primeros horizontes es FYA franca arcilla arenosa y en horizontes mas profundos la textura va de arcillo arenosa YA a Arcillosas y limosas. La presencia de grava en los primeros horizontes es escasa.

La estructura es granular media fina algo migajosa con presencia abundante de raíces finas medianas, poros finos medianos donde la porosidad determinada va de 25% en el primer horizonte y en horizontes más profundos la porosidad alcanza un límite de 20%. Lo que indica de que este suelo es casi ideal. El suelo es plástico, adhesivo en seco, friable en húmedo el color de suelo 5Y (4/2 – 3/2) pardo grisáceo oscuro en seco y en húmedo gris olivo oscuro.

Según las propiedades químicas analizadas, el pH determinado en agua y KCl (4.14 – 3.79) en el horizonte orgánico indica que el mismo tiene tendencia a ser fuertemente ácido y en el horizonte A el pH en agua es 6.46 que a mas profundidad es 5.48 que muestra una variación de ligeramente ácido a moderadamente ácido y el pH determinado con KCl varia de (6.20 – 5.01) lo cual indica que cambia en la misma medida que el pH determinado en agua.

En el perfil del suelo la conductividad eléctrica va de 1.294 mS /cm en el horizonte orgánico a 0.067 mS /cm en el horizonte mas profundo lo que indica que no existe problemas de salinidad, como tampoco se evidencio presencia de carbonatos.

El CIC en estos suelos alcanza 8.37 en su horizonte orgánico superficial lo que significa que el horizonte tiene una baja capacidad de retener nutrientes, debido al pH, como este es fuertemente ácido, no favorece a la disociación de los grupos –OH y -COOH para que puedan ser adsorbidos los cationes. Además que al no encontrarse en contacto con las partículas de suelo no puede formar complejos mineralógicos orgánicos favorables que puedan otorgar nutrientes a las especies vegetales presentes pero a medida que el horizonte orgánico se complementa con el suelo aumenta el pH, dependiendo también de la textura para este caso FYA el CIC aumenta a 17.72 lo que significa que a esta profundidad y con estas

características la capacidad de retener nutrientes y agua es moderadamente adecuada , y también el mismo disminuye de (6.48 - 6.15) respectivamente lo cual indica que a estas profundidades de suelo donde tenemos este CIC la capacidad de retención de nutrientes y agua es baja , cuando cambia la textura y el pH . Teniendo un TBI que varía en un rango de (7.53 a 5.87), con saturación de bases muy alta en todos los horizontes.

La cantidad de fósforo asimilable y nitrógeno total es muy baja en todos los horizontes.

La materia orgánica es de 11.53% en su horizonte orgánico lo cual es muy alto pero en los demás horizontes la misma disminuye en un rango de 6.89 % a 0.92% es decir que desciende de un nivel elevado a un nivel muy bajo de contenido de materia orgánica.

Realizando una clasificación según la soil taxonomi por las características física químicas, descritas este tipo de suelos pertenecen al orden Histosol "Ist", sub orden "aqu" asociado al hidromorfismo, gran grupo "eu" alta saturación de bases, sub grupo "típico", familia " franca arcillo arenoso, serie valle colgante-Ventaimedia.

Su denominación: euaquist, tipico, franco arcillo arenoso, Valle colgante-Ventaimedia.

Por otra parte son vulnerables a contaminación por su porosidad y permeabilidad. Su área de recarga de agua generalmente esta cerca y corresponde a los escarpes y taludes de montañas que conforman parte de la Cordillera oriental que se constituye en fuente de agua de deshielo para la recarga de los acuíferos libres que se hallan junto a la napa freática que permite un movimiento libre del flujo de agua y por consiguiente la presencia de manantial que representa la forma mas común en la que el agua subterránea sale naturalmente a la superficie del suelo de estos valles colgantes. Esta afluencia es permanente.

Entre una de las muchas características que presenta esta unidad de suelo es la disminución de su entorno húmedo, desde el punto donde el agua efluye hacia la superficie, ha medida que avanza su radio de extensión en toda el área que pueda presentar esta unidad de suelo.

Por las características físicas buenas de textura, porosidad y permeabilidad y propiedades químicas analizadas de sus suelos, según el USDA pertenecen a la clase V aptos para el pastoreo con limitaciones de clima. No es bueno darles un uso para la práctica de la agricultura debido a la extensión variable que posee en lo que corresponde a la serranía.

Es necesario considerar que dependiendo del lugar, debe tomarse en cuenta que la existencia de bofedales, incrementa notablemente las pérdidas por evapotranspiración, y dada la alta radiación y la ocurrencia de las precipitaciones pluviales, la misma es elevada para el lugar de estudio.

5.4.8. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo Chilliwär gramadal

Los suelos presentes en esta asociación vegetal corresponden a planicie en Abanicos aluviales antiguos y de reciente formación de la micro cuenca, distribuida en toda la cadena montañosa de la serranía.

Dependiendo de la disponibilidad de agua son usados para la actividad agrícola en su forma extensiva e intensiva que esta limitada por el factor climático, además de que existe un mayor movimiento económico por parte de la actividad minera de ahí que los pobladores del lugar trabajan de lunes a viernes en la actividad minera dejando los fines de semana para alguna actividad agrícola-pecuaria que sea factible realizar.

Pero por la cobertura vegetal que le caracteriza también es empleado para el pastoreo de ganado camélido, ovino, bovino.

En estos lugares es frecuente encontrar canales de riego para cultivos anuales, y alimento excedente para el ganado como alfalfa USARANGER. Y BOLIVIAN2000, pasto oville, cebada, para luego transformarlo en heno.

La presencia de manantiales en algunos lugares donde se presenta esta vegetación permite el aporte de agua por efluencia hacia el río principal de la zona denominado ventaimedia creando un medio favorable para la presencia de esta cobertura vegetal.

Estos suelos tienen origen geológico del Holoceno sedimentario coluvial y aluvial por procesos de día génesis con presencia de grava, arena y arcilla y en algunos casos provienen del silurico superior sedimentario.

Cuadro 18.- Descripción de propiedades físicas del suelo de la asociación vegetal Pajonal chilliwar

ASOCIACIÓN VEGETAL	PENDIENTE	POSICIÓN FISIOGRAFICA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD	TEXTURA	DRENAJE	ESTRUCTURA	Dap.	CONSISTENCIA
Pajonal Chilliwar	0 – 5 %	Abanico aluvial (planicie)	Eolica en la época seca	>1.2m.	YA Arcillo arenosa	Regular	Granular fina	1.11	Duro en seco plástico en húmedo

Cuadro 19.- Descripción de las propiedades químicas del perfil del suelo en la asociación vegetal pajonal chilliwar

Calicata 14 Abanico aluvial - planicie																		
Propiedades Químicas																		
Horizonte	Prof. cm	Textura	sales	carbonatos	pH KCl 1:5	pH H2O 1:5	Al+H	CE uS/cm	Cationes Intercambiables meq/100g suelo						%			
									Ca	Mg	Na	K	CIC	TBI	N Total	SAT. BASES	M.O.	P Asim
A1	0 -12	YA	No∅*	No ∅	4.47	5.49	0.37	0.031	1.85	0.67	0.23	1.03	4.15	3.78	0.16	91.1	1.55	45.53
A2	12 -35	FYA	No∅	No ∅	5.12	5.81	0.31	0.025	4.48	1.26	0.19	0.35	6.59	6.28	0.08	95.3	0.87	7.87
AB	35 - 50	YA	No∅	No ∅	5.44	6.04	0.22	0.018	4.52	1.68	0.21	0.30	6.92	6.70	0.08	96.8	0.91	5.55
BC1	50 -65	-----	No∅	No ∅	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

No∅* = No existe



Foto N° 42 Presencia de una capa dura de arcilla en el perfil del suelo



Foto N° 43 Forma libre de cómo efluye el agua subterránea

Se evidencio que los suelos en estos sectores son más profundos de textura arcillo arenosa YA en los primeros 12 cm. y en los horizontes mas profundos la textura varia de FYA franca arcilla arenosa, Arcillo arenosa YA, arenosa A, arcillosa Y.

En el perfil del suelo los horizontes texturales son variables como también su espesor, siendo factores de gran importancia, que determinan un drenaje regular pero además nos da un acercamiento cualitativo de la permeabilidad del suelo, de la cantidad de agua que se puede almacenar y la velocidad de infiltración del agua de lluvia.

En la época seca del año este suelo en los sitios donde se halla esta cobertura vegetal pueden secarse a tal grado que desarrollan grietas de disecación (fracturas profundas) que permiten que el agua fluya a través de ellas más rápido que a través de un suelo de textura arenoso o franco arenoso presente en otras áreas del sitio de estudio. A este fenómeno se lo conoce como “flujo preferencial” este fenómeno se puede apreciar en (Vilakasa y Kalajahuirá).

Según (R. Cortez Y. 2008) este proceso es muy común en zonas semi-áridas y áridas.

En el primer horizonte la presencia de grava es escasa la estructura es de tipo granular fina con presencia de raíces finas, medianas los suelos son adhesivos plásticos en húmedo, duro en seco. La densidad aparente asciende de 1.11 gr. /cc en el primer horizonte hasta 1.67 gr. /cc en horizontes mas profundos lo que indica que en los primeros horizontes los suelos son algo compactos por la presencia de partículas finas en mayor cantidad tal es el caso de la arcilla 2:1 expandibles que es propia de los suelos presentes en esta parte del altiplano boliviano.

En cambio en horizontes más profundos los suelos son algo mas sueltos por la presencia de partículas más gruesas como arena, propios de la formación litológica de estos lugares.

El color de estos suelos es 10YR (5/3 – 3/3) pardo claro en seco y pardo oscuro en húmedo, escasa presencia de materia orgánica.

Según las propiedades químicas analizadas como el pH determinada en agua y KCl indican de que estos suelos son moderadamente ácidos en los primeros horizontes (5.49 – 4.47) en cambio en horizontes mas profundos el pH son ligeramente ácidos (6.04– 5.44).

La conductividad eléctrica desciende de 0.0446 mS/cm en el horizonte más superficial a 0.025 mS/cm en el horizonte mas profundo, lo que indica que no existen problemas de salinidad, tampoco se evidencio presencia de carbonatos.

La CIC varía en un rango de 4.15 a 6.92 en todo el perfil del suelo dato que hace referencia de que este suelo posee muy baja capacidad de retener nutrientes y agua en su superficie pero a más profundidad la misma aumenta sustancialmente, de la misma forma el TBI se encuentra en un rango 3.78 a 6.70 respectivamente. La saturación de bases es muy alta en todos los horizontes tal como se puede observar en el cuadro N°19. El fósforo disponible es muy alto en el primer horizonte, el mismo que se reduce a un nivel bajo en los horizontes que le sobrevienen. En cambio el nitrógeno total es muy bajo en todo el perfil del suelo.

La materia orgánica (M.O) varia en un rango de 1.55% a 0.87%, por consiguiente estos contenidos se clasifican como bajo a muy bajo. Para practicar una agricultura más intensiva es necesaria la incorporación adicional de la misma.

Estos suelos clasifican según la soil taxonomi como Inceptisoles “ept”, sub orden “Fluv” por la presencia de agua subterránea, ríos, gran grupo “eu” alta saturación de bases, sub grupo “típico”, familia “arcillo arenoso”, serie Kalajahuirá Vilakasa-Ventaimedia.

Su denominación: eufluvept, típico, arcillo arenoso, Kalajahuirá Vilakasa-Ventaimedia.

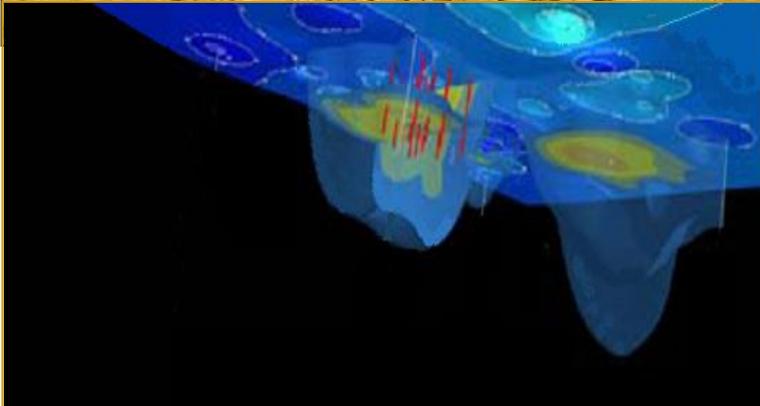
Por las características físicas y químicas analizadas del suelo, disponibilidad de agua el mismo presenta una capacidad de uso de suelo según el USDA a la clase II que indica que son suelos aptos para la agricultura con limitaciones como textura. Y clase III que indica que son suelos moderadamente aptos para la práctica de la agricultura con limitaciones más severas de pedregosidad, erosión, y clima.



→→→ **Cobertura vegetal
Pajonal chilliwar**
Foto N° 44

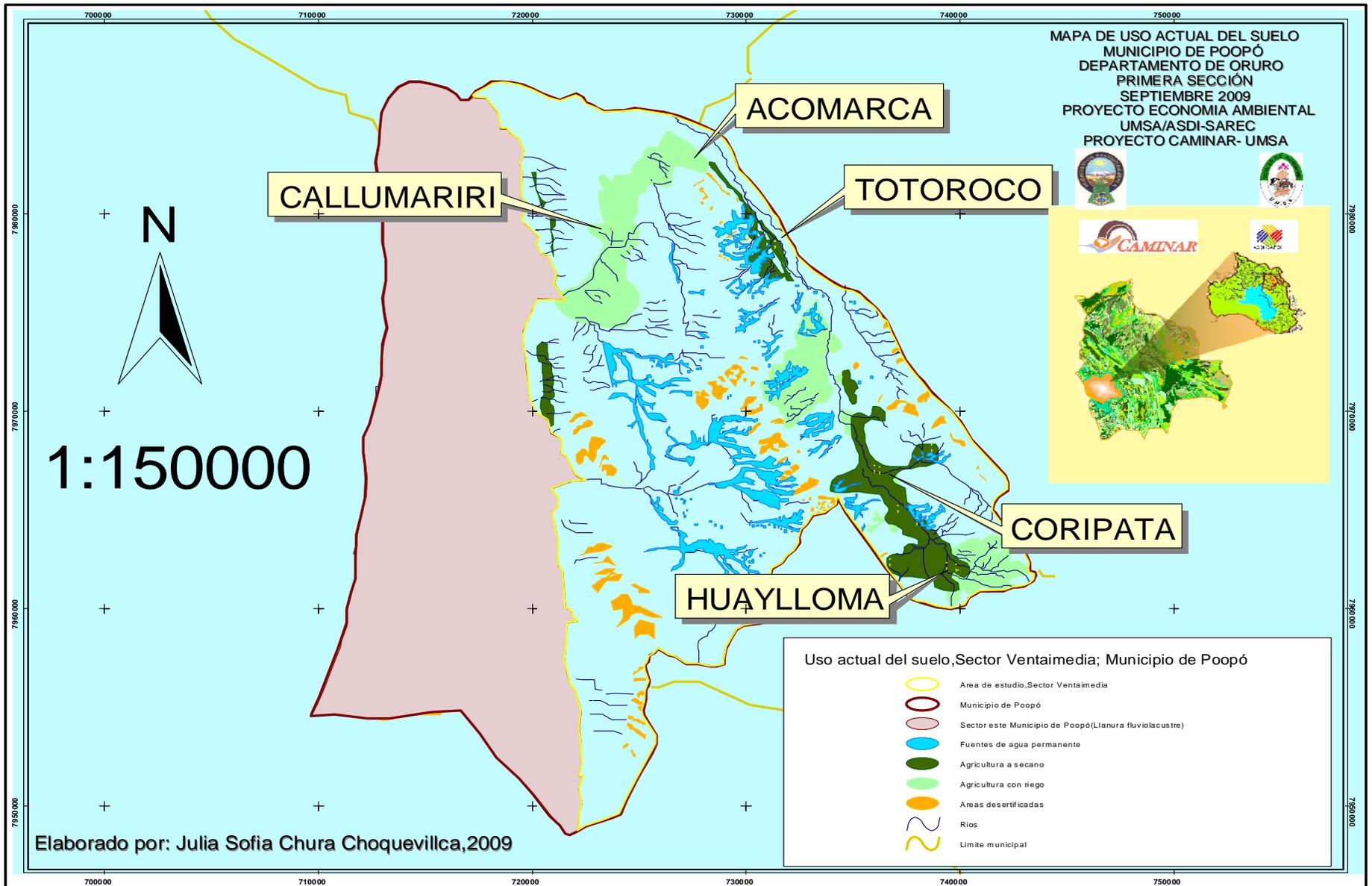


→→→ **Textura del suelo**
Foto N° 45

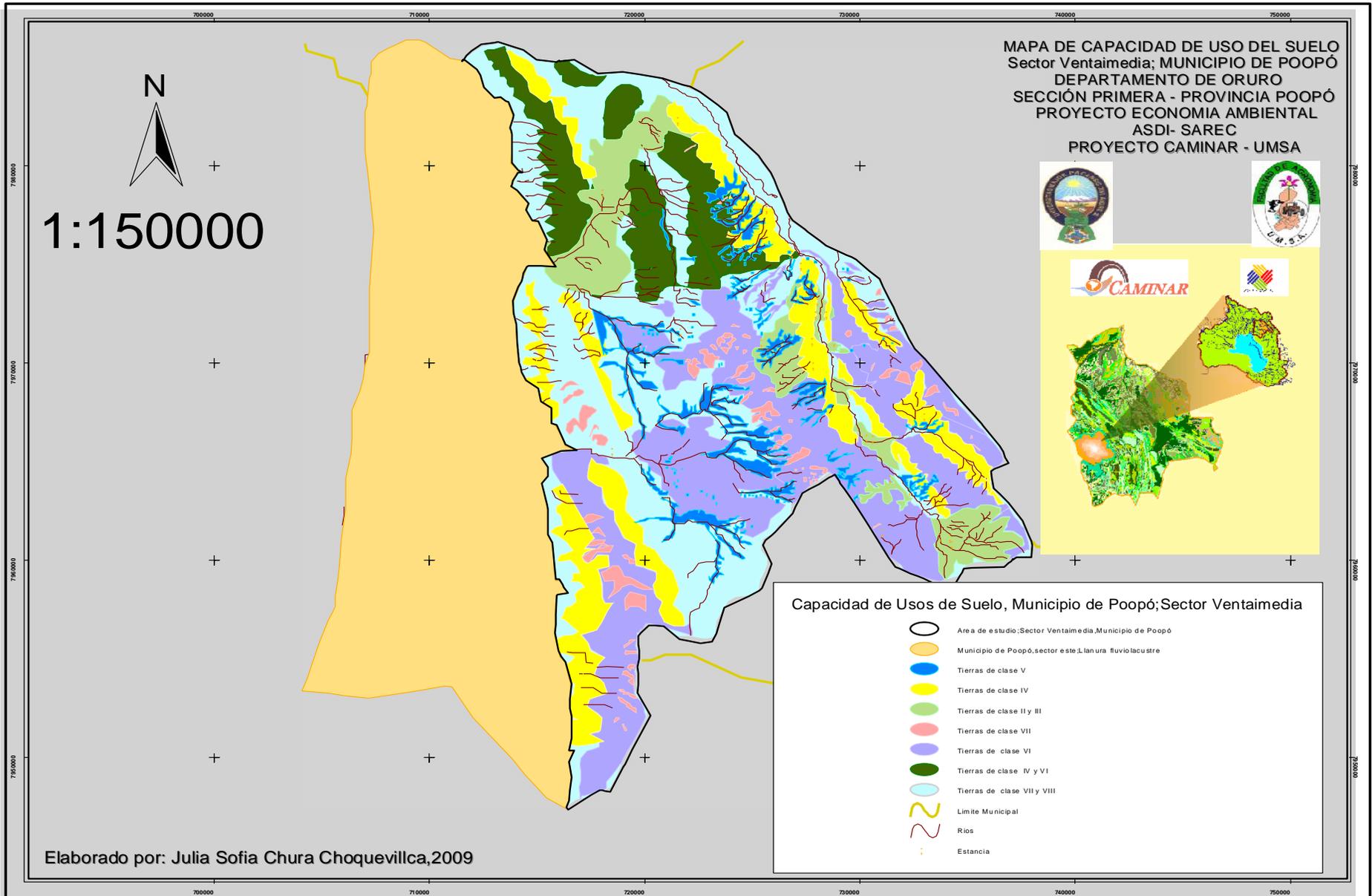


→→→ **Presencia bolsones
de agua (agua subterránea)**
Foto N° 46, MSc. Ing. Hidrogeólogo
Rafael Cortez

Mapa Nº 6 Uso actual del suelo Sector ventaimedia (Municipio de Poopó)



Mapa Nº 7 Capacidad de Uso de suelo, sector Ventaimedia; Municipio de Poopó



5.5. Identificación de zonas afectadas por contaminación

En el lugar de estudio por la actividad minera que se desarrolla se tiene un problema latente con relación a la contaminación de suelos que como consecuencia lleva a la contaminación de otros recursos naturales como vegetación, agua superficial (ríos) y agua subterránea. Los que son aprovechados por la población local en la agricultura, ganadería, que los hace propensos a problemas de salud.

La existencia de riqueza mineral concentrada, donde cerros que no son minas o en todo caso representan minas abandonadas y minas en actividad que tienen minerales que son de composición sulfurosa y además tienen hierro, arsénico, plomo y otros elementos pesados tóxicos. Los mismos que se descomponen de forma natural por el agua meteórica (agua natural de lluvia y ríos) y por la exposición a la intemperie, los mismos que son transportados en solución y suspensión.

Otro principal riesgo por contaminación esta representado por las aguas ácidas y la lixiviación de desechos mineros (desmontes y colas). Que por otra parte pueden ser también originados por la contaminación natural, efecto del vulcanismo que son considerados como Pasivos ambientales.

Por todo lo planteado se realizaron análisis de determinación de presencia de elementos tóxicos como As; Pb; Cd; Cu; Fe en los suelos del área de estudio donde se desarrollan las diferentes asociaciones vegetales presentes. Las muestras de suelo que se recolectaron corresponden a cada perfil de suelo levantado, además de muestras recogidas con barreno.

5.5.1. Descripción de la minas en funcionamiento en el área de estudio

5.5.1.1. Consolidación Minera Frontalilla – Mina Challa Apacheta

Consolidación Minera Frontalilla es una mina antigua retrabajada. Han desarrollado 5 secciones, las principales son Chamba, Cacarachi, Rosa pampa, Viscacha, Cóndor-nasa. En operación minero metalúrgico las cinco bocaminas tienen drenaje ácido de mina con diferentes caudales que varían entre 15 – 32 litros por segundo.

Ubicación

Consolidación Minera Frontanilla se encuentra en el Cantón Coripata provincia Poopó del departamento de Oruro, a la altura de 4113 m.s.n.m en las coordenadas Norte 731866 – este 7962883.

Minerales explotados

El yacimiento de Challa Apacheta tiene una producción de concentrado de minerales complejos de Zinc, Plomo, plata, estaño. Como esfalerita o blenda ZnS ; jamesonita $Pb_4FeSb_6S_{14}$, cilindrita $Pb_6Sn_2 + Sb_4Fe_2 + Sb_{27}$, casiterita SnO_2 , y galena PbS .

Tiene un ingenio semi - mecanizado en el que procesan el mineral casi artesanalmente, empleando reactivos químicos para la separación, generando colas y otros residuos del proceso minero – metalúrgico.

Volumen de explotación

Tiene una producción de 2 toneladas por mes, esta explotación esta limitada por falta de maquinaria y beneficio de minerales.

Situación legal ambiental

La consolidación Minera Frontanilla - Mina Challa Apacheta, no tiene licencia ambiental.

Beneficio de Minerales:

Explotación subterránea y empleo de explosivos; dinamita, anfo, fulminante.

Tratamiento del mineral por flotación selectiva empleando reactivos químicos; cianuros, Xantatos, cal, sulfatos de cobre, ácido nítrico, aceite pino y agentes espumantes.

Principales fuentes de contaminación

Residuos líquidos:

Son tres las fuentes de descarga de aguas ácidas de mina, donde los efluentes tienen un pH de 3.6 bastante ácidos y que descargan al río Ventaimedia, donde no se aplican medidas para controlar la salud de las personas ni de la flora y la fauna presente en las comunidades asentadas a lo largo del río.

No tienen presa de colas, no cuentan con sistemas de control de contaminación, los residuos sólidos y líquidos se mezclan los mismos van a parar al río principal de la micro-cuenca (río Ventaimedia).

Residuos sólidos:

La inadecuada disposición de desechos sólidos – colas, desmontes y chatarras, genera problemas ambientales y sanitarios, puesto que el lugar es un verdadero foco de contaminación.

Los volúmenes aproximados son: colas 15.000 m³ y desmontes 20.000 m³, en su mayoría sulfurosos, generando drenaje ácido de roca. Contaminando de esta manera el suelo, las aguas subterráneas y principalmente el río Ventaimedia.

Existen problemas de erosión en todo el perímetro de la concesión en algunos sectores los suelos están compactados, algo salinizados.

No existe un manejo y control de los residuos sólidos de carácter minero-metalúrgicos, tales como desmontes, colas y relaves.

Emisiones a la atmósfera:

La materia prima y los productos de la mina se almacenan al aire libre de manera desordenada y dispersa.

Por la acción del viento que levanta y reparte las partículas finas de minerales causando diferentes enfermedades en los habitantes de la comunidad Challa Apacheta, específicamente afecciones respiratorias e irritaciones en la piel.

No existe un control donde se aplica lo que establece el reglamento en materia de contaminación atmosférica para lograr los niveles máximos permisibles.

5.5.1.2. Mina Villa Esperanza

Es una concesión que esta efectuando explotación metálica de minerales complejos. La extensión total de la concesión es de 135 ha y se han desarrollado en tres secciones o socavones.

Ubicación

La mina villa esperanza se encuentra ubicada en cantón Coripata, provincia Poopó del departamento de Oruro a una altura de 4150 m.s.n.m en las coordenadas este 7311888 y norte 796290.

Minerales explotados:

El yacimiento de mina villa Esperanza tiene una producción de: cilindrita Pb_6Sn_2 + Sb_4Fe_2 + Sn_2+S_{27} , casiterita SnO_2 , esfalerita o blenda ZnS y galena PbS .

Volumen de explotación:

Es 0.5 toneladas por mes, lo que indica que se practica una minería de subsistencia.

Situación legal Ambiental

La mina villa esperanza no cuenta con licencia ambiental de funcionamiento.

Beneficio de Minerales:

La extracción de los complejos es manual, por lo que la producción es baja
En la extracción del mineral emplean explosivos, dinamita fulminante.

Principales fuentes de Contaminación y medidas de control

Residuos líquidos

El volumen del afluente que sale del socavón es de 10 litros por minuto con un pH de 3.6 bastante ácido. No tiene ninguna medida de control por lo que los drenajes de los tres socavones desembocan al río Ventaimedia.

Residuos sólidos

Son localizados al aire libre, donde el volumen de desmonte es de 35.000 m³, no se cuenta con ningún sistema de control del mismo. Además en contacto directo con los residuos líquidos.

Emisiones a la atmósfera

Como la materia prima y los residuos sólidos se almacenan al aire libre los mismos son transportados por el viento. No existe un manejo y control de partículas emitidas al aire. Como establece el RMCA.

5.5.2. Identificación de minas abandonadas

5.5.2.1. Mina Machaca Marquita

Las minas no presenta descargas líquidas, existen pasivos ambientales. El paisaje se ve afectado por el movimiento de tierras que hubo.

Ubicación

Se encuentra ubicada en el cantón Poopó provincia Poopó del departamento de Oruro a una altura de 3783 m.s.n.m en las coordenadas este 7976245 y norte 714893.

Es una mina muy antigua de los años 1950 – 1960

Principales Fuentes de contaminación

Residuos líquidos

La boca mina no presenta drenaje de agua acida

Residuos sólidos

Los residuos sólidos que existen en la mina son fuente de contaminación pasiva por la inadecuada disposición de los mismos, los volúmenes de desmonte alcanzan los 15.000 m³, en su mayoría sulfurosos con presencia de pirita y arsenopirita que generan drenaje acido de roca.

Emisiones atmosféricas

Por la acción del viento partículas finas de los residuos sólidos son llevadas hacia la llanura fluviolacustre.

5.5.2.2. Mina Molle Puncu:

Esta mina fue abandonada el año 1970 pero quedan pasivos ambientales. El paisaje se ve afectado y alterado por la actividad minera pasada.

Minerales explotados

Se explotaban complejos de blenda ZnS, cilindrita $Pb_6Sn_2 + Sb_4Fe_2 + Sn_2 + S_2$, y galena PbS.

Ubicación

Se halla ubicada en la estancia Molle puncu grande en el cantón Coripata, de la provincia Poopó departamento de Oruro. A una altura de 4121 m.s.n.m en las coordenadas este 731202 y norte 7968532.

Principales fuentes de Contaminación y medidas de control

Residuos líquidos

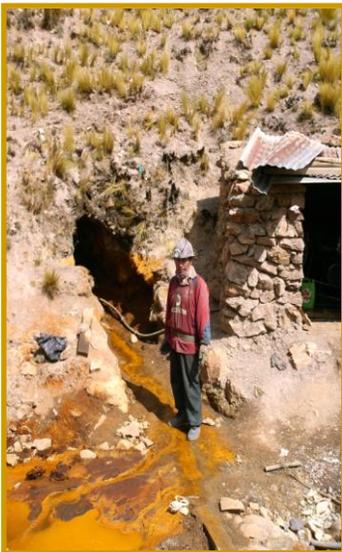
Tiene mínimas descargas de agua de drenaje acida de 0.05 l/min. Esta fue determinada en época de estiaje, por lo que en la época húmeda la misma puede aumentar y por consiguiente llegar al río principal de la micro cuenca. No existe manejo ni control de los mismos.

Residuos sólidos

Existen considerables volúmenes de desmontes, tampoco existe un manejo de los mismos

Emisiones a la atmósfera

No existen emisiones a la atmósfera de gases tóxicos, solo el arrastre de partículas finas de mineral por acción del viento.



FotoN° 47 Descarga de residuos líquidos de bocamina en funcionamiento Serranía alta

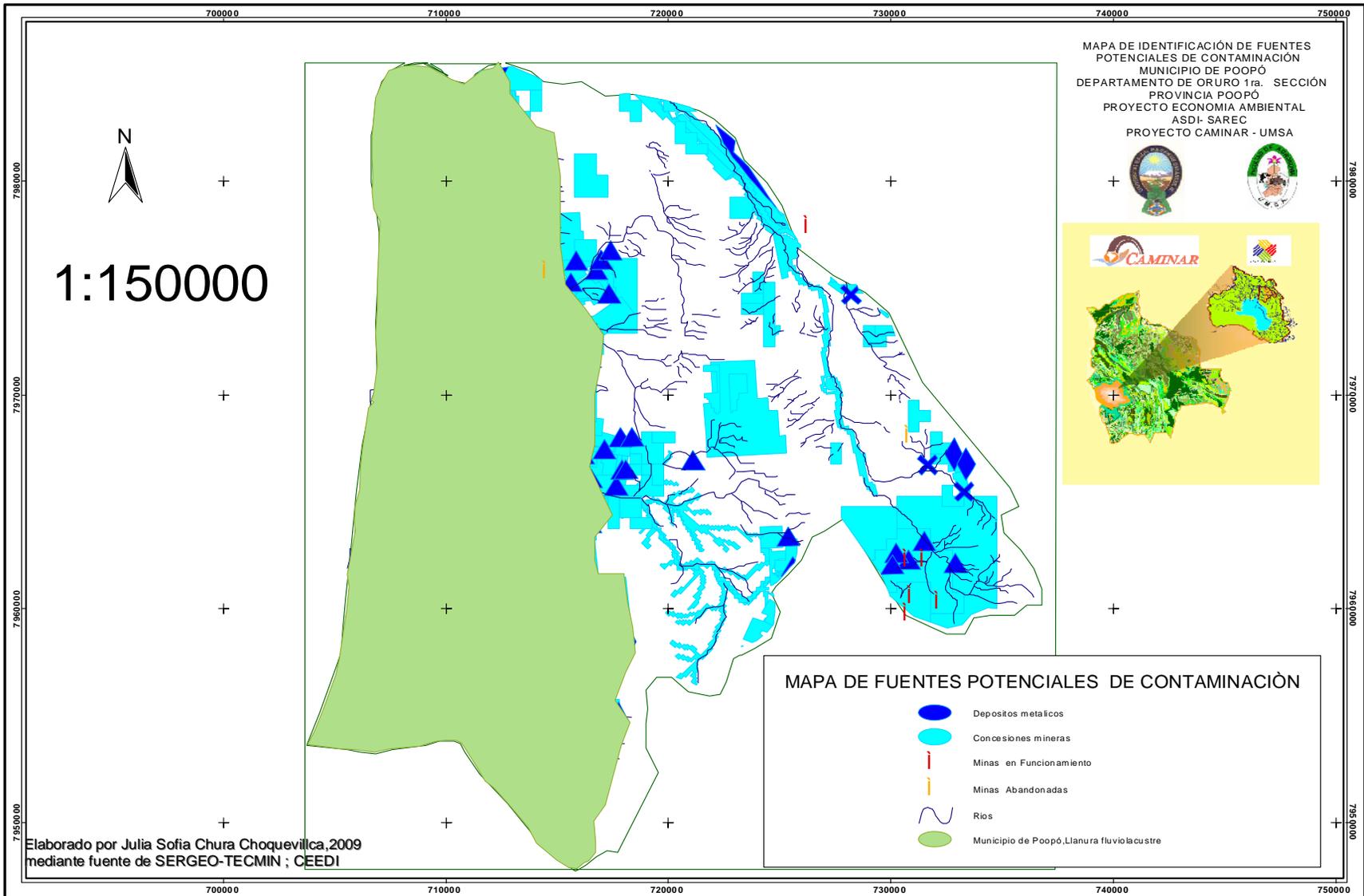


Foto N° 48 Descarga de residuos sólidos (Serranía alta)



Foto N° 49 Bocamina abandonada (Serranía media baja)

Mapa N°8 Fuentes Potenciales de contaminación, Sector Ventaimedia (Municipio de Poopó)



En Bolivia no existe una reglamentación para delimitar la contaminación de suelos y la acumulación de metales pesados en los mismos por lo que se han utilizado los "niveles de referencia" que se están utilizando en otros países: FAO, Kloque, Rams y Steines y otros, los mismos que deben ser considerados solo como referenciales ya que las condiciones edafó - climáticas pueden ser bastante diferentes.

1.1.1.1.1 Cuadro 20.- Límites Permisibles Para la Determinación de Metales

CONTAMINANTE	LÍMITES EN ppm				
	LÍMITES FAO(1)	RANGO COMUN(2)	MÁXIMO TOLERABLE(2)	CONCENTRACIÓN TOTAL CRITICA (3)	CONCENTRACIÓN CRITICA(4)
Arsénico	20 – 30	2 – 20	20		
Cadmio	1 – 3	0.1 – 1	3	8	1 – 3
Cobre	50 – 100	1 – 20	100	100	50 – 140
Plomo	80 – 100		100	200	50 – 300

Fuente: (1) FAO por Siles Maria (1997)

(2) Rango Común y Máximo Tolerable, Kloque (1980)

(3) Concentración Total Crítica (CTC), Rams y Steines (1994)

(4) Concentración Crítica (CC), Unión Europea

1.1.1.1.3 Evaluación de la Presencia de Metales en los Suelos Estudiados

Para evaluar la presencia de metales en los suelos de las diferentes unidades fisiográficas estudiadas, se ha comparado sus contenidos en sus diferentes horizontes con los parámetros propuestos para algunos metales por diferentes autores:

- Rango Común y Máximo Tolerable, Kloque 1982.
- Niveles Críticos de Kabata-Pendras, 1992.
- Concentración Total Crítica, Rams y Steines, 1994
- Concentración Crítica de la Unión Europea.

Cabe resaltar que lastimosamente, no existen parámetros permisibles para todos los metales y elementos y tal es el caso de Fe no se pudo realizar ninguna comparación.

5.5.3. Evaluación del contenido de metales pesados en suelos del área de estudio

Cuadro 21.- Metales pesados en el (Municipio de Poopó); Serranía

Cobertura vegetal	Unidad Fisiográfica	Sub - unidad fisiográfica	Prof. cm.	Pb ppm	Cu ppm	As ppm	Cd ppm	Fe ppm
Pajonal de Calamagrostis	Serranía media	Pie de monte	30	0.148	0.084	0.00	0.00	0.03
Pajonal Chillihuar	Serranía alta	Abanico aluvial	12	0.218	0.132	0.00	0.023	23
Pajonal de Iru ichu	Serranía alta	Pie de monte	16	0.151	0.078	0.00	0.004	35
Pajonal de Ichu	Serranía alta	Pie de monte	14	0.147	0.076	0.00	0.002	35
Pajonal Tholar Kayllar	Serranía alta	Pie de monte	15	0.237	0.00	0.00	0.006	32
		Fondo de valle	15	0.275	0.12	0.71	0.015	32
Tholar Pajonal Kayllar	Serranía alta	Pie de monte	18	0.237	0.143	0.00	0.006	31
Kayllar Pajonal	Serranía media	Cima convexa	15	1.169	0.269	0.505	0.023	29
Arbustal de Añahuaya	Serranía media	Pie de monte	15	0.472	0.393	0.00	0.0037	35
LIMITES PERMISIBLES	FAO			80 - 100	50 -100	20 – 30	1 , 3	
	RANGO COMUN			-	1-20	2,0 - 20,0	0.1 - 1	
	MAXIMO TOLERABLE			100	100	20	3	
	CTC			200	200	0	8	
	CC			50 -300	50 -300	0	1 , 3	

FAO por Siles Maria (1997)
Rango Común y Máximo Tolerable, Kloque (1980)
Concentración Total Crítica (CTC), Rams y Steines (1994)
Concentración Crítica (CC), Unión Europea

5.5.3.1. Cu, Pb, As, Cd, Fe en los suelos de las asociaciones vegetales

Como se muestra en el cuadro N° 21, los suelos del área de estudio en su capa superficial que varia de (15 - 30 cm.) de profundidad presentan contenidos de Cobre, arsénico, Cadmio, Plomo, por debajo de los límites permisibles establecidos por la FAO, Rango Común (RC) y Máximo Tolerable (MT) propuesto por Kloque, Concentración Total Crítica (CTC) propuesta por Rams y Steines y de la Concentración Crítica (CC) establecida por la Unión Europea.

Los contenidos de Fe son relativamente altos con relación a los otros elementos que también se analizaron, pero no se cuenta con valores de referencia para realizar una comparación de este elemento.

Los resultados obtenidos reflejan que los lugares donde se realizó la caracterización de los suelos eran sitios donde se desarrollaba en su plenitud la comunidad vegetal contrastada con la fisiografía del lugar.

Y que si bien los resultados no indican problemas de contaminación es por que las áreas donde se desarrollan estas comunidades vegetales no están cerca de los focos de contaminación es decir las fuentes potenciales de contaminación determinados.

En este estudio también se planteo la posible presencia de As por encima de los límites permisibles con la posibilidad de que el mismo sea proveniente de una contaminación natural debido al medio geoquímico del área de estudio que se encuentra cercana a la Cordillera de Oriental y que de alguna forma estaba influenciada anteriormente por la actividad volcánica y como producto del mismo muchas áreas que no necesariamente corresponden a Bolivia se hallan afectadas con este elemento que dio lugar a la aparición de terrenos arseníferos donde la agricultura se ve afectada por que este suceso con lleva a la contaminación directa

de otros recursos naturales como el agua, vegetación que afectan la salud humana, animales etc.

Además como en la zona se desarrolla actividad minera y el hecho de no manifestarse concentraciones de As superiores a las permitidas por las normas que se tomaron en cuenta para este trabajo indica que la calidad del suelo del área de estudio es buena desde ese punto de vista.

Como no se pueden generalizar concentraciones normales ó tóxicas para zonas áridas y semiáridas sin identificar la fuente de aporte de As que se encontró.

Mediante el análisis se derivó que el aporte por vulcanismo queda representada por As-procedencia, determinado para las diferentes unidades de suelo debido a las características geológicas de formación del suelo tal como se muestra en el mapa de geología del sitio de estudio y que se describe por unidad de suelo de cada asociación vegetal que a la vez está íntimamente relacionado con el clima del área de estudio.

Adicionalmente se debe decir que las concentraciones encontradas están influenciadas por los valores de precipitación media anual y su distribución aportante a la recarga y condicionantes de la descarga que se describen para el lugar de estudio. Además de que los suelos no presentan problemas de salinidad siendo en general suelos jóvenes de reciente formación, en ocasiones cambiantes (Sin ser de origen sedimentario como en sub – unidades de fisiografía: valle de fondo; pie de monte; valles colgantes).

Dada las explicaciones anteriores se debe a la misma la baja presencia de As y otros elementos que se analizaron.

Por lo que también se debe considerar que como el sitio de estudio es una micro cuenca conformada tanto por afluentes superficiales y subterráneos se debe tomar en cuenta que la concentración de As >0.01 mg/l en el agua superficial y subterránea depende de la posición de la misma en las geoformas y de condiciones

locales (donde se desarrolla la actividad minera), por ello como se han muestreado suelos en todas las geoformas llegando a determinar fuentes potenciales de contaminación que presenta el lugar de estudio el trabajo se halla bien orientado. Entonces lo que resta decir es que la actividad minera es una actividad a monitorear en el tiempo para controlar estos afluentes.

Pero también si observamos el mapa de fuentes potenciales de contaminación y lo contrastamos con el mapa de uso actual del suelo.

El resultado, es que se pudo determinar zonas con actividad agrícola pecuaria dentro del lugar de estudio que son más potenciales a contaminación que pueden estar siendo afectadas por fuentes potenciales de contaminación, entre otros la actividad minera, debido a las descargas que las mismas presentan, donde posiblemente se encuentren elementos tóxicos que se hallen por encima de los límites permisibles de los suelos donde se desarrollan las asociaciones vegetales en su plenitud.

Por lo que las zonas potenciales a contaminación minera son:

Cuadro N° 22.- Resumen de Zonas Potenciales a contaminación

Unidad Fisiográfica	Sub – unidad Fisiográfica	Fuente de contaminación
Serranía Alta	Abanico aluvial	Minas activas Minas abandonadas Pasivos ambientales
	Fondo de Valle	Afluente superficial
Serranía media	Fondo de Valle	Pasivos ambientales
		Afluente superficial



Foto N° 50 Áreas agrícolas donde se practica riego superficial con agua proveniente de río principal de la micro cuenca (Serranía alta)

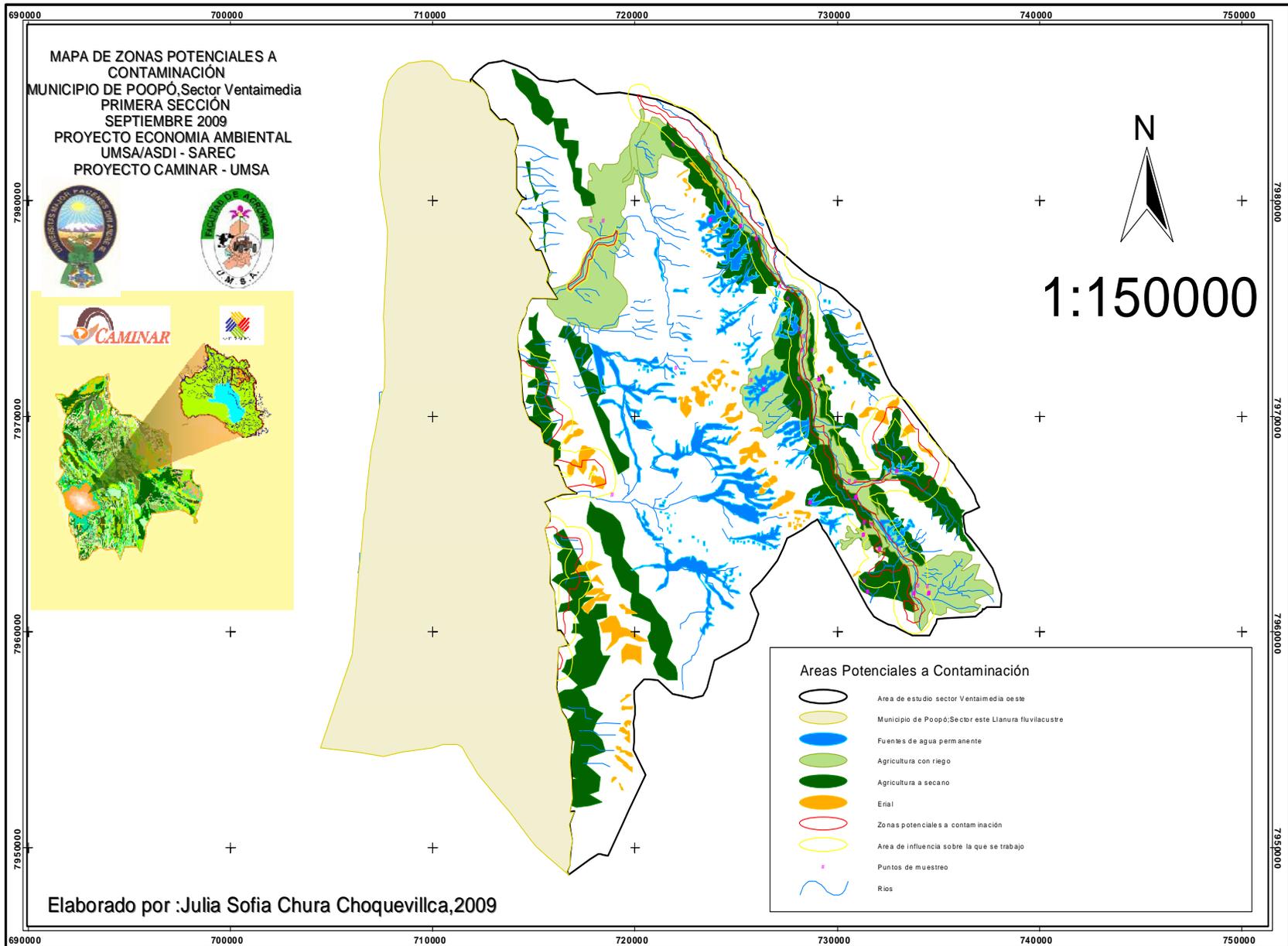


Foto N° 51 Poblaciones pertenecientes a la serranía media baja afectadas por el agua acida.



Foto N° 52 Ganado ovino consumiendo agua de dudosa calidad en la serranía media baja, Puente Playa verde

Mapa N°9 Zonas Potenciales a Contaminación , Sector ventaimedia (Municipio de Poopó)



Tal como se puede observar en el mapa y el cuadro, las áreas afectadas por la incidencia de la minería comienzan en la serranía alta por presencia de minas activas ubicadas en la cabecera alta del abanico aluvial. Minas que no tienen un control adecuado del manejo de sus residuos sólidos y residuos líquidos los mismos que se desechan a los afluentes superficiales y generan drenaje ácido de agua o lo que se conoce como “copagira” que desembocan al río principal de la micro cuenca. Y en el recorrido del río, el mismo pasa por los valles de fondo, lugares donde la población local practica la agricultura a orillas del mismo y aprovecha el agua para el riego superficial y otras actividades.

Pero el afluente principal de la micro cuenca sigue su recorrido hasta alcanzar la serranía media donde se encuentra con otro afluente superficial proveniente de la población de Huanuni el mismo que es aprovechado en la mina del mismo nombre de la población. Por lo que al encontrarse estos dos ríos con presencia de drenaje de agua ácida aumentan su caudal pero a la misma vez disminuyen drásticamente su pH, por lo que los suelos agrícolas de valles de fondo, presentes en la serranía media estarían más propensos a contaminación, ya que también los lechos del río son usados para la acumulación de los desechos de la minería como desmontes y/o colas, quemadillas provenientes de la mina Huanuni. Donde es común encontrar a pobladores rescatando mineral de estos desechos.

Por todo lo expuesto deberían plantearse soluciones tales como que si el agua que sale de las minas deberían ser canalizadas hasta pozas o tanques donde se diluye el pH mezclándola con agua de pH neutro o cal, antes de ser descargada a los ríos, o ser recirculada y utilizada en el proceso de recuperación mineral.

Este problema de la presencia de aguas ácidas en los afluentes superficiales generan un pH ácido en los suelos como se puede observar en los resultados que se describen. Y como consecuencia limita la disponibilidad de algunos nutrientes en suelos donde se puede practicar la agricultura.

Por todas estas razones los suelos en los que se practica la agricultura con riego superficial aprovechando el agua del río principal de la micro cuenca son susceptibles a contaminación y por consiguiente la fertilidad de los suelos también se ve afectada en desmedro de la producción agrícola.

Los posibles daños que se observaron por los efectos combinados de los contaminantes contenidos en el agua y que son utilizados en el suelo como fuente de riego son:

- Coloración amarillenta y reducción del tamaño de los botones después de la germinación.
- Hojas y troncos arrugados.
- Disminución de la producción, por anegamiento de los suelos.
- Inmadurez de las raíces de las plantas jóvenes.
- Germinación dificultada.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Asociación vegetal Kayllar pajonal tiene un potencial ganadero para la crianza de ganado ovino, que le brinda una condición regular en la época seca y en la época húmeda la misma asociación vegetal presenta una condición buena.

Los suelos se caracterizan por presentar baja retención de nutrientes y agua para las plantas. Según la clasificación del USDA pertenecen a una clase VI de tierras moderadamente aptos para el pastoreo con limitaciones de pendientes, suelo y clima.

La asociación vegetal Pajonal de *Stipa ichu* es la segunda mas extensa en el área de estudio se desarrolla en sub unidades fisiográficas cima empinada, pie de monte y valles de fondo. El potencial ganadero de la presente comunidad vegetal es para la crianza de ganado camélido y ovino. Considerando la fisiografía, clima los suelos de esta unidad vegetal presentan capacidad de uso de suelo VIII, VI, IV, III.

La asociación vegetal pajonal de *Festuca orthopylla* se desarrolla en sub unidades fisiográficas pie de monte, cimas empinadas de la serranía alta. Presenta un potencial ganadero para la crianza de ganado camélido.

Según la clasificación del USDA los suelos tienen capacidad de uso de suelo de clase VIII, VI. Estas áreas también se caracterizan por que presentan terrazas donde se puede practicar una agricultura extensiva, pero que presentan limitaciones pedregosidad, baja fertilidad natural, limitados por clima (déficit hídrico en la mayor parte del año) pero son áreas que sirven para escapar de las heladas en algunos casos.

Arbustal de Añahuaya comprende de un paisaje con escenario agreste, seco por las características del suelo que se desarrolla en sub unidades fisiográficas: cimas convexas y pie de monte.

En la época húmeda su condición es buena para la crianza de ganado ovino pero en época seca su condición se torna regular. Esta situación con respecto de los demás tipos de ganado hace que la misma tenga un potencial ganadero para la crianza de ganado ovino.

La capacidad de uso de suelo de las tierras de la presente comunidad vegetal según el USDA es de clase VII en cimas convexas que hace referencia a tierras marginales, es decir que estos suelos presentan severas limitaciones para la agricultura, para el pastoreo con limitaciones de suelo, relieve, clima. Dentro de la misma asociación en la sub-unidad fisiográfica pie de monte los suelos presentan una baja capacidad de retener nutrientes por lo que pertenecen a clase IV que corresponde a tierras no arables (pie de monte) con severas limitaciones para la agricultura con limitaciones de suelo, erosión, relieve y clima, pero se puede practicar el pastoreo extensivo en forma moderada por lo que pertenecería a la clase VI.

La asociación vegetal pajonal tholar, presenta un potencial ganadero para el manejo de ganado camélido. Según la clasificación de capacidad de uso de suelo USDA estas tierras (pie de monte), pertenecen a la clase VI por lo que son moderadamente aptos para el pastoreo con limitaciones de pendiente, suelo, clima. En cambio en valle de fondo los suelos son mas profundos pertenecen a la clase III, lo que quiere decir que son suelos moderadamente aptos para la practica de la agricultura con limitaciones de drenaje, pedregosidad, clima.

La asociación vegetal Tholar pajonal ocupa sub unidades fisiográficas pie de monte y algunos sectores de planicies altitudinales. Presenta un potencial ganadero para el manejo de ganado ovino. Tiene una capacidad de uso de suelo VI (tierras aptas para pastoreo extensivo, y por la existencia de terrazas antiguas también pertenecen a la clase IV de tierras arables pero con limitaciones de suelo, pendiente, erosión y clima donde se puede practicar la agricultura en su forma extensiva.

La asociación vegetal pajonal de calamagrostis se halla dispuesta en diferentes sitios de la cadena montañosa y constituyen bofedales. Posee pasturas muy palatables para ganado ovino, bovino, por lo que no es conveniente utilizarlo para pastoreo de llamas ya que este animal puede aprovechar otro tipo de pasturas de mejor forma como las descritas anteriormente, en las cuales el ganado ovino y bovino no tienen un aprovechamiento eficiente.

Según el USDA pertenecen a la clase V aptos para el pastoreo con limitaciones de clima. No es bueno darles un uso para la práctica de la agricultura debido a la extensión variable que posee en lo que corresponde a la serranía.

En la asociación vegetal Chilliwar gramadal que se desarrolla en abanicos aluviales de formación reciente y antigua, el potencial ganadero es recomendable para ovinos y en segundo lugar para camélidos por la condición de sitio que otorga.

Por las características físicas y químicas analizadas del suelo, disponibilidad de agua el mismo presenta una capacidad de uso de suelo según el USDA a la clase II que indica que son suelos aptos para la agricultura con limitaciones como textura. Y clase III que indica que son suelos moderadamente aptos para la práctica de la agricultura con limitaciones más severas de pedregosidad, erosión, y clima.

La presencia de arsénico y otros elementos que se tomaron en cuenta para este estudio esta condicionada a la litología (material parental), fisiografía, clima, la no existencia de problemas de salinidad, suelos jóvenes de reciente formación.

Como el sitio de estudio es una micro cuenca conformada tanto por afluentes superficiales y subterráneos se debe tomar en cuenta que la concentración de As >0.01 mg/l en el agua superficial y subterránea depende de la posición de la misma en las geoformas y de condiciones locales (donde se desarrolla la actividad minera), por ello como se han muestreado suelos en todas las geoformas llegando a determinar fuentes potenciales de contaminación que presenta el lugar de estudio el

trabajo se halla bien orientado. Entonces lo que resta decir es que la actividad minera es una actividad a monitorear en el tiempo para controlar estos afluentes que podrían estar influenciando a zonas que se hallan relacionadas con la actividad agrícola con riego y pecuaria que se determinaron como zonas potenciales a contaminación minera con actividad agrícola - pecuaria por razones explicadas anteriormente.

Recomendaciones

Aprovechando el potencial forrajero y ganadero que presentan las diversas asociaciones vegetales descritas, se debe plantear la práctica de sistemas de pastoreo en época húmeda y época seca para el manejo de ganado de la población local.

Tomando en cuenta el uso actual del suelo en toda el área de estudio se deben establecer mejoras sustanciales en la implementación y/o mantención de sistemas de riego, incorporación de materia orgánica en áreas donde presentan capacidad de uso de suelo II y III para optimizar la producción de la agricultura de una forma que sea sustentable y sostenible.

Se recomienda realizar ensayos de determinación de elementos tóxicos en los suelos en un radio de 200 m. del río principal de la micro cuenca ya que es ahí donde se desarrolla la actividad agrícola y pecuaria en su forma intensiva como también otras actividades que involucran la salud de la población local.

Deberían plantearse soluciones para aumentar el pH de las aguas acidas que inciden en la fertilidad de los suelos disminuyendo la disponibilidad de nutrientes para los cultivos que por consiguiente originan una baja producción que sumado a las limitaciones de clima que se tiene en el lugar provoca una desertización de estas áreas rurales.

Una de las alternativas para remediar la baja fertilidad de los suelos agrícolas originados por la presencia de agua acida sería aprovechar el potencial ganadero en el manejo de ganado camélido, que se tiene en el área de estudio, para llevar a cabo tratamientos de remediación de dichas aguas acidas con la utilización de caliza y estiércol de llama, propuesta por Prof. Dr. Paul L. Younger y Dr. Tobías Rotting (especialistas, *Universidad de Newcastle upon Tyne, Reino Unido*) que es un

tratamiento pasivo donde la comunidad puede liderar la remediación de pasivos mineros, contando con el soporte técnico de especialistas.

Se debe plantear medidas de control para prevenir la contaminación de los valles colgantes (bofedales), que se proveen de agua del deshielo de la cordillera oriental y que a su paso pueden encontrarse con elementos tóxicos provenientes de fuentes de contaminación minera presentes, siendo que los suelos de los valles colgantes presentan buenas propiedades de porosidad permeabilidad por lo que están mas susceptibles a contaminación ya que el agua que efluye es en forma continua, y mantiene húmeda esta área la mayor parte del año.

VIII. BIBLIOGRAFIA

ALZERRACA, H. 1987 Campos Naturales de Pastoreo en la Zona Altiplanica y Alto Andina de Bolivia. Primera Convención Nacional de Camélidos Sudamericanos. Oruro – Bolivia.35p.

ALZERRACA, H y GENIN, D.1992. Los sistemas ganaderos de Bolivia. Convenio IBTA – ORSTOM. La Paz – Bolivia.

ARZE VILLCA V. 2003 soportabilidad de Praderas en Serranía y Planicie durante dos épocas en Pastoreo. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero agrónomo. Universidad Técnica de Oruro (U.T.O). Oruro-Bolivia.

ARIAS W. 1999. Estudio Comparativo del nivel de degradación de especies en relación a la Cobertura Vegetal en las localidades de Ocampo. Oruro.

BARREDO CANO, J. I. 1996. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. RA-MA. Madrid, España. 264 pp.

CARDOZO, A. CHASE, A. y Rojas, E. 1972. Producción del forraje y su relación con el ecosistema y la utilización por loa animales.Mesa Redonda Coordinación de Proyectos de Ganadería Bobina. Corporación de desarrollo de Oruro. Oruro – Bolivia pp49-51.

BOCCO, G. MENDOZA, M. 1999. La dinámica del cambio de uso del suelo en - Michoacán; una propuesta metodologica para el estudio de los procesos de deforestacion.Instituto de Ecología. UNAM,México,D.F. 32p

CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO Y AUTORIDAD BI - NACIONAL DEL LAGO TITICACA (ALT) 1998. Manejo de bofedales. Cria de Alpaca. La Paz 113p.

CHUVIECO, E. 1994. Fundamentos de Teledección Espacial. Ediciones RIALP. S.A.

FAO, 1977 Guía Para la Descripción de perfiles de suelo, 2ª edición pp. 2-64

FRANCO, L.J. 1989. Manual de Ecología, 2ª edición. Editorial Trillas S.A. de C.V México D.F. pp.87-95.

FLORES SALGADO D. 1996. Estudio de las comunidades vegetales y formas de vida en la Provincia Cercado.

IGAC, 1999. Uso de Mapas y fotografías aéreas. Subdirección de Geografía. Santa Fe de Bogota, D.C.

J. PORTA Y M. LÓPEZ ACEVEDO C. ROQUERO, 1993.Edafología para la Agricultura y Medio Ambiente, impreso en España, pp. 39-43.

LUNA CHINO D., 1994. Caracterización de Asociaciones vegetales de la comunidad alto andina Aguas Calientes (Provincia Pacajes del departamento de La Paz).

LILLO JAVIER, 2005. Peligros Geoquimicos. Escuela de Ciencias Experimentales y Tecnología, Universidad Rey Juan Carlos, Tulipan s/n, 28933 Móstoles (Madrid), España.

MONTOYA, P.J.A 1990. Percepción Remota, Centro Interamericano de Fotointerpretación. Unidades de sensores remotos y sistematización. Bogota Colombia Pp. 11-17.

MENDOZA ALCOZE Y. 2003. Administración de Praderas y Pastizales en la Provincia Pantaleón Dalence (Comunidad Urachaquilla, Chachacomani). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Oruro (U.T.O). Oruro-Bolivia.

MORALES, B. C 1990. Bolivia Medio Ambiente y Ecología aplicada, Instituto de ecología U.M.S.A y liga de defensa del Medio Ambiente. Impreso en Artes Graficas Latinas. La Paz - Bolivia. Pág. 248

ORSAG, V. 1992 El altiplano Boliviano y sus factores limitantes para la agricultura. Ciclo de conferencias sobre Ecología y Agricultura. SEMTA-UMSA. La Paz- Bolivia. pp. 53-85.

PACHECO M., A. 1998 Aprovechamiento de áreas hidromórficas en el Altiplano Peruano-Boliviano.

QUINTANA P. G., 1996. Plan de Manejo del Parque Nacional Sajama. Área Geobotánica Informe final. La Paz .La vegetación de la región de los Callahuayas y del Altiplano de Ulla Ulla en los andes Bolivianos. Ecología en Bolivia 20:1-84 p.

QUISBERT H., 2002. Mapeo y evaluación de praderas nativas utilizando un SIG en la primera sección provincia Gualberto Villarroel. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A.) Facultad de Agronomía La Paz- Bolivia.

VALDIVIA, J. 1993 Memoria “curso para la Elaboración de Diagnostico de los Recursos Forrajeros Naturales “, SEMTA, La Paz – Bolivia, 70 p.

VARGAS, M.2002. Caracterización agrostológica del municipio de Caquiaviri. Tesis de grado para optar de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A) Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.

VILLOTA, H. 1998. Fundamentos de Percepción Remota e Interpretación de Imágenes Sensores Remotos. CIAF. Santa Fe de Bogotá, D.C.

VILLOTA, H. 1998. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física.

ZARATE, S.1997. Recuperación de Praderas Nativas Prov. Pacajes, Dpto. La Paz, Bolivia .En publicación con SEMTA (1997), Sistematización de Experiencias Institucionales en Desarrollo sostenible, Ediciones graficas “La Primera”, La Paz- Bolivia .pp.1 – 45.

ANEXSOS