

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TESIS DE GRADO

**“EVALUACION AGROSTO - EDAFOLOGICA DEL MUNICIPIO DE
POOPO SECTOR OESTE”**

Presentado por

Luis Gonzalo Mamani Pacasi

**La Paz – Bolivia
2011**

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

**“EVALUACION AGROSTO - EDAFOLOGICA DEL MUNICIPIO DE
POOPO SECTOR OESTE”**

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

LUIS GONZALO MAMANI PACASI

Tutor:

Dr. Vladimir Orsag Céspedes

Asesor:

Ing. Roberto Miranda Casas

Revisores:

Ing. Msc. Félix Rojas Ponce

Ing. Moisés Quiroga Salas

Dr. Bernardo Solís Guerrero

APROBADA

Presidente tribunal examinador

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mi padre Simón Mamani, mi madre Felisa Pacasi, hermanos: Omar y Rolando como también a mi adorada esposa Elva Vargas y al fruto de nuestra unión Camila Janett.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al Dr. Vladimir Orsag C. por su valioso aporte profesional en la ejecución de este trabajo.

Al proyecto Economía Ambiental - Asdi Sarec, quienes financiaron la realización de este documento.

Del mismo modo rendir mi respeto y gratitud al tribunal revisor de este trabajo Ing. Félix Rojas, Ing. Moisés Quiroga y Dr. Bernardo Solís quienes siempre estuvieron prestos a consultas y sugirieron ajustes que enriquezca el presente trabajo.

Infinitamente agradezco a mi esposa Ing. Mvz Elva Vargas Copa quien en todo momento aporto significativamente la realización de este trabajo.

Agradezco de sobre manera a mi familia quien siempre estuvo a mi lado y me brindo su apoyo incondicional en todo momento.

Del mismo modo agradezco a la Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Agronomía, a sus docentes que impartieron sus enseñanzas para mi formación profesional.

También hago extensible mi agradecimiento a autoridades municipales, originarias y población en general del Municipio de Poopó, en donde se ejecuto esta importante investigación.

Un agradecimiento especial a mis compañeros de estudio René Lima, Carolina Alanoca, Jhonny Zapana y Marlene Garcia, con los cuales compartí muchas jornadas de estudio y de sosiego.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.1.1. Objetivo General..... | 2 |
| 1.1.2. Objetivos Especificos..... | 2 |
| 2. REVISION BIBLIOGRAFICA..... | 3 |
| 2.1. Clima..... | 3 |
| 2.1.1. Granizadas y nieve..... | 3 |
| 2.1.2. Heladas..... | 3 |
| 2.2. Suelos..... | 4 |
| 2.3. Hidrología y recursos hídricos..... | 5 |
| 2.4. Cobertura vegetal..... | 6 |
| 2.4.1. Importancia de las praderas nativas en el sistema de producción ganadero..... | 6 |
| 2.4.2. Campos nativos de pastoreo (CANAPAS)..... | 7 |
| 2.4.3. Tipos de campos nativos de pastoreo..... | 8 |
| 2.5. Campos agrícolas en descaso (CADES)..... | 11 |
| 2.6. Conceptos para la evaluación de praderas nativas..... | 11 |
| 2.6.1. Capacidad de carga..... | 11 |
| 2.6.2. Unidad animal..... | 12 |
| 2.6.3. Consumo animal..... | 12 |
| 2.6.4. Eficiencia de utilización de la pradera..... | 12 |
| 2.7. Metales Pesados..... | 13 |
| 2.8. Áreas Mineras..... | 14 |
| 3. LOCALIZACION..... | 16 |
| 3.1. Ubicación geográfica..... | 16 |
| 3.2. Características ecológicas..... | 17 |
| 4. MATERIALES Y METODOS..... | 19 |
| 4.1. MATERIALES..... | 19 |
| a) Material para la evaluación vegetativa..... | 19 |
| b) Materiales para la evaluación de suelos..... | 19 |
| c) Material de laboratorio..... | 19 |
| d) Material de gabinete:..... | 20 |
| 4.2 METODOLOGÍA..... | 20 |
| Fase 1..... | 20 |
| Fase 2..... | 20 |
| Evaluación agrostologica de las praderas nativas..... | 20 |
| Evaluación edafológica de los suelos del municipio de Poopó..... | 24 |
| Evaluación de presencia de metales pesados en los suelos del municipio de Poopó..... | 24 |
| Fase 3..... | 24 |
| Análisis físico-químico de suelos en del área de estudio..... | 24 |
| Procesamiento y consolidación de información generada..... | 25 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 5. | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 26 |
| 5.1. | Condiciones climáticas del municipio de Poopó (sector oeste)..... | 26 |
| 5.2. | Descripción fisiográfica del área de estudio..... | 31 |
| 5.2.1. | Serranías..... | 32 |
| 5.2.1.1. | Serranías altas y medias con disección fuerte..... | 32 |
| 5.2.2. | Colinas..... | 33 |
| 5.2.2.1. | Colinas medias de disección moderada..... | 33 |
| 5.2.2.2. | Colinas bajas de disección ligera..... | 33 |
| 5.2.3. | Pie de monte..... | 34 |
| 5.2.3.1. | Pie de monte superior de disección moderada..... | 34 |
| 5.2.3.2. | Pie de monte inferior de disección ligera..... | 34 |
| 5.2.4. | Llanuras..... | 35 |
| 5.2.4.1. | Abanico aluvial de disección ligera..... | 35 |
| 5.2.4.2. | Depresión fluviolacustre de disección ligera a nula..... | 36 |
| 5.2.4.3. | Llanura eólica..... | 36 |
| 5.2.4.4. | Valles y quebradas..... | 37 |
| 5.3. | Descripción de las principales asociaciones vegetales..... | 37 |
| 5.3.1. | Descripción de las asociaciones vegetales..... | 40 |
| 5.3.1.1. | Asociación vegetal tipo pajonal de sicuya..... | 40 |
| 5.3.1.2. | Asociación vegetal tipo gramadal..... | 45 |
| 5.3.1.3. | Asociación vegetal tipo kauchal..... | 50 |
| 5.3.1.4. | Asociación tipo kaillar..... | 54 |
| 5.3.1.5. | Asociación vegetal pajonal de paja brava..... | 58 |
| 5.3.1.7. | Asociación tholar pajonal de sicuya..... | 67 |
| 5.3.1.8. | Asociación vegetal chilliwar..... | 72 |
| 5.4. | Descripción edafológica..... | 76 |
| 5.4.1. | Características edafológicas de la asociación vegetal tipo pajonal de sicuya..... | 76 |
| 5.4.2. | Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo gramadal..... | 81 |
| 5.4.3. | Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo kauchal..... | 87 |
| 5.4.4. | Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo kaillar..... | 92 |
| 5.4.5. | Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo pajonal de paja brava..... | 96 |
| 5.4.6. | Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo Kotal..... | 101 |
| 5.4.7. | Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo tholar pajonal..... | 106 |
| 6. | CONCLUSIONES | 128 |
| 7. | RECOMENDACIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. | |
| 8. | BIBLIOGRAFIA | 132 |
| | ANEXOS | 134 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**PAG.**

| | |
|--|-----|
| Fotografía 1. Serranía alta característica Camino a Mina Bolívar | 32 |
| Fotografía 2. Colina característica en cercanías de la comunidad Iswaya..... | 33 |
| Fotografía 3. Pie de monte característico en cercanías de Villa Poopo..... | 35 |
| Fotografía 4. Abanico aluvial característico en cercanías de Coriviri..... | 35 |
| Fotografía 5. Llanura inundable característica en cercanías de Tolapampa..... | 36 |
| Fotografía 6. Llanura no inundable en cercanías de Copavinto..... | 36 |
| Fotografía 7. Fondo de quebrada en cercanías de Cayumalliri..... | 37 |
| Fotografía 8. Pajonal de Sicuya característico En cercanías de Jucumalliri..... | 40 |
| Fotografía 9. Pajonal de Sicuya característico, en cercanías de Mina San Francisco..... | 44 |
| Fotografía 10. Gramadal característico en cercanías de la comunidad Iswaya..... | 45 |
| Fotografía 11. Ganado Ovino pastando en un gramadal en cercanías de la comunidad Iswaya..... | 49 |
| Fotografía 12. Kauchal característico en cercanías de Puñaca..... | 50 |
| Fotografía 13. Kauchal característico en cercanías de Iswaya..... | 53 |
| Fotografía 14. Kaillar Tholar pajonal característico en cercanías de Mina Bolívar..... | 54 |
| Fotografía 15. Pajonal de Festuca ortophilla característico en cercanías de la comunidad Copavinto..... | 58 |
| Fotografía 16. Pajonal de Festuca ortophilla característico en cercanías de la comunidad de Tolapampa..... | 62 |
| Fotografía 17. Kotal característico en cercanías de Puñaca..... | 63 |
| Fotografía 18. Kotal característico en cercanías de Villa Poopo..... | 66 |
| Fotografía 19. Tholar pajonal de sicuya característico en cercanías de villa Poopo..... | 67 |
| Fotografía 20. Ciliar característico en cercanías de Tolapampa..... | 72 |
| Fotografía 21. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo pajonal de sicuya..... | 76 |
| Fotografía 22. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo gramadal..... | 81 |
| Fotografía 23. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo kauchal..... | 87 |
| Fotografía 24. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo kaillar tolar pajonal..... | 92 |
| Fotografía 25. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo pajona de Festuca ortophilla..... | 96 |
| Fotografía 26. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo Kotal..... | 101 |
| Fotografía 27. Apertura de calicata en la asociación Tolar pajonal sicuyar..... | 106 |
| Fotografía 28. Pasivos ambientales en cercanías de mina San Francisco..... | 119 |
| Fotografía 29. Vista de actividad minera realizada en la cooperativa Poopo..... | 121 |

ÍNDICE DE CUADROS**PAG.**

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Datos climáticos del Municipio de Poopó periodo 2004, según SENAMHI-Oruro..... | 26 |
| Cuadro 2. Parámetros climáticos Municipio de Poopó..... | 27 |
| Cuadro 3. Caracterización fisiográfica del Municipio de Poopó sector Oeste..... | 31 |
| Cuadro 4. Caracterización de las principales asociaciones vegetales del Municipio de Poopó..... | 39 |
| Cuadro 5. Caracterización de la asociación vegetal tipo pajonal de sicuya en dos épocas del año..... | 41 |
| Cuadro 6. Caracterización de la asociación vegetal tipo gramadal..... | 46 |
| Cuadro 7. Caracterización de la asociación vegetal tipo kauchal..... | 51 |
| Cuadro 8. Caracterización de la asociación vegetal tipo kaillar..... | 55 |
| Cuadro 9. Caracterización de la asociación vegetal tipo pajonal de paja brava..... | 59 |
| Cuadro 10. Caracterización de la asociación vegetal tipo kotal..... | 64 |
| Cuadro 11. Caracterización de la asociación vegetal tipo tholar pajonal de sicuya..... | 68 |
| Cuadro 12. Caracterización de la asociación vegetal tipo Chillihuar..... | 73 |
| Cuadro 13. Descripción de propiedades físicas (I) de suelos A.V. tipo pajonal de sicuya..... | 77 |
| Cuadro 14. Descripción de propiedades físicas (II) de suelos A.V. tipo pajonal de sicuya..... | 78 |
| Cuadro 15. Descripción de las propiedades químicas de suelos A.V. tipo pajonal de sicuya..... | 79 |
| Cuadro 16. Descripción de las propiedades físicas (I) de suelos A.V. tipo gramadal..... | 82 |
| Cuadro 17. Descripción de las propiedades físicas (II) de suelos A.V. tipo gramadal..... | 83 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro 18. Descripción de las propiedades químicas de suelos A.V. tipo gramadal..... | 84 |
| Cuadro 19. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelo de la A.V. tipo Kauchal..... | 87 |
| Cuadro 20. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelo de la A.V. tipo Kauchal..... | 88 |
| Cuadro 21. Descripción de las propiedades químicas en suelo de la A.V. tipo Kauchal..... | 89 |
| Cuadro 22. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos A.V. tipo kaillar..... | 92 |
| Cuadro 23. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos A.V. tipo kaillar..... | 93 |
| Cuadro 24. Descripción de las propiedades químicas en suelos A.V. tipo kaillar..... | 94 |
| Cuadro 25. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la A.V. tipo pajonal de paja Brava..... | 97 |
| Cuadro 26. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la A.V. tipo pajonal de paja Brava..... | 98 |
| Cuadro 27. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la A.V. tipo pajonal de paja Brava..... | 99 |
| Cuadro 28. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la asociación vegetal tipo Kotal..... | 101 |
| Cuadro 29. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la asociación vegetal tipo Kotal..... | 102 |
| Cuadro 30. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la asociación vegetal tipo Kotal..... | 103 |
| Cuadro 31. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la A.V. tipo tólar pajonal..... | 106 |
| Cuadro 32. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la A.V. tipo tólar pajonal..... | 107 |
| Cuadro 33. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la A.V. tipo tólar pajonal..... | 108 |
| Cuadro 34. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la A.V. tipo chillihuar..... | 110 |
| Cuadro 35. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la A.V. tipo chillihuar..... | 111 |
| Cuadro 36. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la A.V. tipo chillihuar..... | 112 |
| Cuadro 37. Actividades mineras en el municipio de Poopo..... | 122 |
| Cuadro 38. Metales pesados en el Municipio de Poopo..... | 125 |

INDICE DE MAPAS

PAG.

| | |
|---|-----|
| Mapa 1. Zonificación del país de acuerdo con el Índice de aridez en condiciones climáticas actuales..... | 28 |
| Mapa 2. Zonificación de las regiones áridas y semiáridas de Bolivia de acuerdo con las Variaciones históricas del Déficit Hídrico anual (mm/año)..... | 29 |
| Mapa 3. Unidades Fisiográficas – Municipio de Poopó..... | 30 |
| Mapa 4. Principales asociaciones vegetales del Municipio de Poopo..... | 38 |
| Mapa 5. Áreas de explotación minera – Municipio de Poopo..... | 115 |
| Mapa 6. Presencia de metales pesados con niveles por encima de los límites permisibles..... | 124 |

ÍNDICE DE FIGURAS**PAG.**

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Balance hídrico Municipio de Poopó..... | 27 |
| Figura 2. Frecuencia (%) de especies vs época del año A.V. Pajonal de Sicuya..... | 41 |
| Figura 3. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. Pajonal de Sicuya..... | 43 |
| Figura 4. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. Pajonal de Sicuya..... | 43 |
| Figura 5. Carga animal vs época del año A.V. Pajonal de Sicuya..... | 44 |
| Figura 6. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs época del año A.V. tipo Gramadal..... | 46 |
| Figura 7. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época del año A.V. tipo Gramadal..... | 48 |
| Figura 8. Capacidad de carga ovina vs la época A.V. tipo Gramadal..... | 48 |
| Figura 9. Carga animal en toda la superficie ocupada por la A.V. tipo Gramadal..... | 49 |
| Figura 10. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs época del año A. V. Tipo Kauchal..... | 51 |
| Figura 11. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A. V. Tipo Kauchal..... | 52 |
| Figura 12. Capacidad de carga ovina vs época del año A. V. Tipo Kauchal..... | 53 |
| Figura 13. Carga animal vs época del año A. V. Tipo Kauchal..... | 53 |
| Figura 14. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época A.V. tipo Kaillar..... | 55 |
| Figura 15. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tipo Kaillar..... | 56 |
| Figura 16. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tipo Kaillar..... | 57 |
| Figura 17. Carga animal vs época del año A.V. tipo Kaillar..... | 57 |
| Figura 18. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs época del año A.V. tipo Pajonal de Paja Brava..... | 59 |
| Figura 19. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tipo Pajonal de Paja Brava..... | 60 |
| Figura 20. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tipo Pajonal de Paja Brava..... | 61 |
| Figura 21. Carga animal vs época del año A.V. tipo Pajonal de Paja Brava..... | 61 |
| Figura 22. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época del año A.V. tipo Kotal..... | 64 |
| Figura 23. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tipo Kotal..... | 65 |
| Figura 24. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tipo Kotal..... | 65 |
| Figura 25. Carga animal vs época del año A.V. tipo Kotal..... | 66 |
| Figura 26. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época..... | 68 |
| Figura 27. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tholar pajonal de sicuya..... | 69 |
| Figura 30. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época A.V. Chillihuar..... | 73 |
| Figura 31. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. Chillihuar..... | 74 |
| Figura 32. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. Chillihuar..... | 75 |
| Figura 33. Carga animal vs época del año A.V. Chillihuar..... | 75 |
| Figura 34. Ph en A.V. Pajonal de Sicuya..... | 79 |
| Figura 35. Ce en A.V. Pajonal de Sicuya..... | 79 |
| Figura 36. Cic en A.V. Pajonal de Sicuya..... | 80 |
| Figura 37. Ph en A.V. tipo gramadal..... | 84 |
| Figura 38. CE en A.V. tipo gramadal..... | 85 |
| Figura 39. CIC en A.V. tipo gramadal..... | 85 |
| Figura 40. Ph en A.V. tipo Kauchal..... | 90 |
| Figura 41. CE en A.V. tipo Kauchal..... | 90 |
| Figura 42. CIC en A.V. tipo Kauchal..... | 90 |
| Figura 43. Ph en A.V. tipo kaillar..... | 94 |
| Figura 44. CE en A.V. tipo kaillar..... | 95 |
| Figura 45. CIC en A.V. tipo kaillar..... | 95 |
| Figura 46. Ph en A.V. tipo pajonal de paja Brava..... | 99 |
| Figura 47. CE en A.V. tipo pajonal de paja Brava..... | 99 |
| Figura 48. CIC en A.V. tipo pajonal de paja Brava..... | 100 |
| Figura 49. Ph en A.V. tipo Kotal..... | 104 |
| Figura 50. CE en A.V. tipo Kotal..... | 104 |
| Figura 51. CIC en A.V. tipo Kotal..... | 104 |
| Figura 52. Ph en A.V. Tholar pajonal..... | 108 |
| Figura 53. CE en A.V. Tholar pajonal..... | 109 |
| Figura 54. CIC en A.V. Tholar pajonal..... | 109 |
| Figura 55. Ph en suelos de la A.V. Chillihuar..... | 113 |
| Figura 56. CE en suelos de la A.V. Chillihuar..... | 113 |
| Figura 57. CIC en suelos de la A.V. Chillihuar..... | 113 |

Mamani, L., 2011. "Evaluación Agrosto - Edafológica del Municipio de Poopo Sector Oeste"

Palabras clave: *Agrosto, suelos, erosión, contaminación.*

RESUMEN

En el Municipio de Poopó ubicado al suroeste del territorio boliviano a 3,700 m de altitud, en la provincia Poopó del departamento de Oruro, se evaluó el potencial agropecuario del municipio de Poopó (sector oeste), en función a los recursos, clima, suelos y cobertura vegetal, a través de la cuantificación y evaluación de las características agrosto-edafológicas existentes además de la influencia de la actividad minera sobre estas.

Una vez realizadas las respectivas tomas de muestra y descripciones en campo, se determinó que las condiciones climáticas como temperatura promedio máximo de 19.9°C y mínimo de -10.72°C y precipitaciones de diciembre a marzo, con una media de 228,26 mm/año, son preponderantes en el desarrollo de los diferentes tipos de asociación vegetal que son ocho de acuerdo a sus especies dominantes, distribuidos en 954,47 km², los cuales están localizadas en diferentes zonas fisiográficas desde serranías altas hasta llanuras eólicas.

El sicuyar dominado por la *Stipa ichu* (sicuya), presenta una carga ovina de 1 a 6,7 UO/Ha de suelo **Entisol Ustorrent lític**, con capacidad de uso de **Clase VI v,c,e,t,s** ocupa el 30,7% del total de extensión, seguido del gramadal con 24,6% donde dominan la *Distichilis humilis* (chiji blanco) y *Mulenbergia fastigiata* (chiji negro), con capacidad de carga ovina de 1 y 5 UO/ha de suelo **Inceptisol Halplagept limnic** con capacidad de uso de **Clase V c,s**, el kauchal con 13,1% está dominado por la *Suaeda foliosa* (Kauchi posee una carga ovina de 2 a 12 UO, de suelo **Inceptisol Halochrept limnic** de capacidad de uso **Clase VII s,c**, luego se tiene al kaillar con 11,41% y presenta la especie *Tetraglochin cristatum* (Kailla), con capacidad de carga ovina de 0,5 a 3UO/Ha y de suelo **Entisol antrust lític**, y de capacidad de uso **Clase VI s,c**.

Continuando se tiene al pajonal de paja brava con 6,8% representada por la *Festuca orthophylla* (paja brava), con capacidad de carga de 0,5 a 5,7 UO/Ha de suelo **Inceptisol Ustargept tipic**, y de capacidad de carga de **Clase IV s,c,h**, seguido se tiene con 5,8% al kotal representada por el *Anthobrium sp.*(Kota), con carga ovina de 1 a 7,5 UO/Ha de suelo **Inceptisol Ustargept tipic** y de capacidad de uso de **Clase VI s,c** con menor extensión se tiene al tholar pajonal con 4.4% caracterizado por la *Bacharis incana* (Ñaca thola) y la *Stipa ichu* (stipa ichu) con carga ovina de 1 a 7 UO/Ha y un suelo **Entisol Ustantrent tipic**, con capacidad de uso de **Clase III s,h,c**, por último están con 3,6% los chillihuales que se caracterizan por la *Festuca dolichophylla* (chillihua), con capacidad de carga de 2 a 16 UO/Ha, el suelo es **Inceptisol, Ustocrept tipic**, y con capacidad de uso **Clase I c**.

Se determinó que en la zona existe la presencia de metales pesados con niveles que sobrepasan los límites permisibles influidos por la actividad minera próximos a Villa Pooipo, Quesu Quesuni y Puñaca, con niveles de Cobre, Plomo, Arsénico y Cadmio.

Considerando las características detalladas se debe considerar a la zona como exclusivamente ganadera, los cuales deben realizarse bajo proyectos de manejo sostenible, siempre y cuando se realicen explotaciones mineras eficientes y ecológicamente adecuados a la zona.

ABSTRACT

In the Municipality of Poopó located southwest of Bolivia at 3,700 m altitude in the province of Oruro Poopó, we evaluated the agricultural potential of the municipality of Poopó (Sector West), according to resources, climate, soils and cover, through the quantification and evaluation of existing soil characteristics-Agrostar well as the influence of mining on them.

Once the respective samplers and field descriptions, it was determined that weather conditions such as average maximum temperature of 19.9 ° C and minimum of -10.72 ° C and rainfall from December to March, with an average of 228.26 mm / year , are dominant in the development of different types of plant association are eight according to their dominant species, distributed in 954.47 km², which are located in different physiographic zones from high mountains to plains wind.

The sicuyar dominated by *Stipa ichu* (SICU), presents a load of 1 to 6.7 sheep UO / Ha Ustorrent Entisol lithic soil, able to use Class VI v, c, e, t, s occupies 30, 7% of total area, followed by 24.6% Gramadal where *Distichilis dominate humilis* (Chiji white) and *Mulenbergia fastigiata* (Chiji black), with sheep carrying capacity of 1 and 5 OU / ha of soil with limnic Halplagept Inceptisol usability Class V c, s, 13.1% kauchal is dominated by *Suaeda foliosa* (Kauchi possesses an ovine UO 2 to 12 of Halochrept Inceptisol usability limnic Class VII s, c, then you have to kaillar with 11.41% and has the kind *Tetraglochin cristatum* (Kailla) with sheep carrying capacity of 0.5 to 3UO/Ha antrust Entisol soil and stone tools, and ability to use Class VI s, c .

Continuing to grassland have straw with 6.8% represented by *Festuca orthophylla* (straw), with capacity of 0.5 to 5.7 OU / It Ustargept Inceptisol typical, and load capacity Class IV s, c, h, have followed with 5.8% to Kotal represented by *Anthobrium* sp. (Kota), loaded sheep from 1 to 7.5 OU / It Ustargept Inceptisol tipic and usability Class VI s, c with a lower extension has to Tholar with 4.4% grassland characterized by *Bacharis incana* (NACA thola) and bunch grass *Stipa* (*Stipa ichu*) to load sheep

from 1 to 7 OU / Ha and soil Ustantrent Entisol tipic , able to use Class III s, h, c, are finally with 3.6% for chillihuares characterized by *Festuca dolichophylla* (chillihua), with capacity from 2 to 16 UO / ha, the soil is Inceptisol Ustocrept tipic, and able to use Class I c.

It was determined that the area there is the presence of heavy metals to levels exceeding the permissible limits influenced by mining activities near Villa Poopo Quesu Quesuni and Puñaca, with levels of copper, lead, arsenic and cadmium. Considering the detailed characteristics must be viewed as purely livestock area, which should be done under sustainable management projects, as long as they make mining efficient and environmentally appropriate to the area.

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas adversas, que afectan al Altiplano boliviano durante el periodo de crecimiento de las plantas, como también las condiciones producidas por efecto de la degradación y erosión de suelos hacen que la agricultura sea de alto riesgo y de autoconsumo, por lo que la producción ganadera se convierte en la primera actividad económica, la misma que posee como principal fuente de alimentación a plantas forrajeras nativas que provienen de Campos Naturales de Pastoreo (CANAPAS), siendo el resto de campos agrícolas en descanso.

El municipio de Poopó posee como principal actividad económica la explotación minera, seguida por la producción agropecuaria, a pesar de las condiciones adversas existentes en la zona existe la producción de: alfalfa, papa, quinua, oca, haba, cebada y algunas hortalizas; con respecto a la producción pecuaria el ovino es de mayor importancia seguido por los camélidos, bovinos, equinos y porcinos.

Es necesario mencionar que la explotación minera está provocando cambios en los recursos naturales; cuyos resultados son áreas con alto grado de erosión, además de un impacto directo sobre los suelos, agua, cobertura vegetal, etc; lo cual tiene un efecto directo frente a las demás actividades económicas como ser las agropecuarias por lo que el presente estudio pretende evaluar los recursos naturales existentes en la región para que el municipio de Poopó tenga una estrategia o plan para el manejo adecuado de los mismos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el potencial Agropecuario del municipio de Poopó (sector oeste), en función a los recursos, clima, suelos, agua, cobertura vegetal.

1.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las condiciones climáticas del área de estudio.
- Describir las principales unidades fisiográficas del área de estudio.
- Describir las asociaciones vegetales del Municipio de Poopó (sector oeste).
- Determinar la capacidad de carga animal para cada asociación vegetal.
- Describir los caracteres edafológicos de cada asociación vegetal del área de estudio.
- Determinar las áreas mineras existentes en el municipio.
- Evaluar el contenido de metales pesados en suelos del área de estudio.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Clima

Montes de oca (2005) y Navarro (1993) señalan que las condiciones climáticas del territorio son bastante rigurosas, ya que el clima es frío y seco en general: los promedios de temperatura anual varían en un rango entre 8°C. y 11°C. para las estaciones de Oruro y Uyuni, con una máxima extrema de 22°C y una mínima extrema bajo cero de - 17°C, que implica grandes amplitudes térmicas entre el día y la noche y con precipitaciones anuales medias que oscilan entre los 200 y los 300 mm.

2.1.1. Granizadas y Nieve

La gran altitud, la fuerte irradiación solar y la importancia de los fenómenos convectivos, especialmente durante el verano, hacen que el riesgo de granizadas sea alto en toda la cuenca. Los datos disponibles muestran que a altitudes mayores de 3500 a 4.800 m hay en general más de 20 días con granizo por año (Justiniano 2005). En el sector de Poopó generalmente las granizadas se presentan en los meses febrero, marzo y abril.

2.1.2. Heladas

Las heladas son un fenómeno común en toda la región, aunque su frecuencia varía mucho. Un estudio realizado por Justiniano (2005), menciona que en la cuenca del lago Titicaca son menores a los 150 días. La frecuencia de heladas aumenta en todas las direcciones a partir del lago, si bien la franja central de la cuenca, hacia el sur, tiene menos de 250 días con temperaturas bajo cero. Hacia los bordes de la cuenca la frecuencia crece hasta 300 a 350 días al año, especialmente a lo largo del borde occidental.

2.2. Suelos

Según Orsag (2002), los tipos de suelos están íntimamente relacionados con el paisaje, en ese sentido presentan las siguientes características generales:

Zonas montañosas los suelos son efímeros a muy superficiales, debido por una parte a la remoción continua del material mineralizado en las pendientes escarpadas y por otro a que los procesos de formación de los suelos en estas condiciones son muy lentos. Entre las limitaciones de los suelos de las montañas para la agricultura se tiene: Escasa profundidad, pendientes pronunciadas, baja capacidad de retención de nutrientes y agua, clima con bajas temperaturas y escasas lluvias, susceptibilidad a la desertización y a la erosión, etc. En este sentido los suelos de este paisaje están clasificados como de uso limitado (generalmente no adecuados para cultivos) y pertenecen según la Clasificación de Aptitud de Uso según USDA a las Clase VII y VIII (tierras marginales y no aptas) con limitaciones de suelo, erosión y clima.

Colinas y serranías del área, los suelos presentan una baja fertilidad natural debido a que son muy superficiales a moderadamente profundos, con textura franco arenosa a franco arcillo arenosa y con contenidos de grava y clastos de roca en todo el perfil. Las mayores limitaciones para la agricultura están relacionadas con la calidad del suelo (pedregosidad o profundidad, escasa disponibilidad de nutrientes), susceptibilidad a la erosión por topografía o textura y condiciones climáticas adversas. Estos suelos de acuerdo a su Aptitud de Uso del USDA, están clasificados en la Clase VI (tierras no arables).

Pie de monte, los suelos son superficiales a moderadamente profundos con pendientes que varían desde ligeramente inclinadas a inclinadas. La textura varía de arenosa a franco arenosa en el subsuelo con grava y clastos de roca en todo el perfil con baja capacidad de retención de humedad. Estos suelos al igual que los ubicados en las laderas son de baja fertilidad natural, susceptibles a la erosión. De

acuerdo a la clasificación de Aptitud de Uso, pertenecen a las Clase IV y VI con limitaciones de suelo, clima y erosión.

Los suelos **de valle** tienen en general una topografía plana a casi plana, son de textura franco a franco arcillo arenosa con la capa superficial. De acuerdo a su Capacidad de Uso pertenecen a la Clase IV (tierra arable) y V (tierra no arable) con varias limitaciones, especialmente alta presencia de sodio y cloruros en zonas “mojadas” por el río Poopó.

En la **llanura aluvial** los suelos son profundos a muy profundos, son de textura arenosa a franco arcillosa en la capa superficial, existen problemas de salinidad a sodificación relacionados con el clima y suelo. Estos suelos pertenecen a las Clase IV, V y VI con limitaciones de suelo, drenaje y clima.

2.3. Hidrología y recursos hídricos

Según Montes de Oca (1997), Bolivia es un país que cuenta con inmensos recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que han sido aprovechados en una escala muy pequeña, la cuenca cerrada o del altiplano con 145.081 km², se encuentra el lago Titicaca de soberanía compartida con el Perú, además los lagos Poopo, Coipasa y el río desaguadero. El municipio de Poopó se encuentra en la sub. cuenca del Poopó con 43.100 km² la cual es integrada por el río desaguadero, río Márquez y lago Poopo. De acuerdo a la irregular distribución de las precipitaciones pluviales que varían grandemente de un sitio a otro y de una época a otra y en función a las cuencas receptoras, se puede indicar que la cuenca del altiplano tiene la menor disponibilidad de agua al tener precipitaciones pluviales que van de 700 mm/año en la parte N y NE hasta menos de 100 mm/año en el extremo sur oeste de la cuenca, llegando a la precipitación media anual de 220 mm.

Respecto a los recursos hídricos subterráneos podemos indicar que la cuenca hidrogeológica del altiplano esta situada entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. Forma parte de una serie de embalses subterráneos irregulares con flujos de descarga hacia los lagos Titicaca, Poopó y el salar de Uyuni. La altiplanicie esta rellena de depósitos fluviales, lacustres y eólicos, constituidos por materiales finos y granulares irregularmente distribuidos en sentido vertical y lateral. El espesor total de estos depósitos, que descansan sobre el basamento rocoso, varía desde pocos metros en las proximidades de las serranías, hasta más de 100 en el centro de la cuenca. La dirección general del flujo subterráneo es de Noroeste a Suroeste, produciéndose la salida del mismo por dos secciones principales comprendidas entre los cerros San Pedro y Khala Khala, al oeste de Challapampa y entre Oruro y Vinto por el sur.

2.4. Cobertura vegetal

2.4.1. Importancia de las praderas nativas en el sistema de producción ganadero

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 es bien manejada, 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 sobre pastoreo que se da en esta región, encubre el potencial natural de producción de la pradera.

De acuerdo a Alzérreca (1988), menciona que la eco región 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 disminución de la precipitación pluvial.

La condición de la pradera nativa altiplánica 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 Alzérreca (1986), mencionado por ABOPA (1990).

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

2.4.2. Campos nativos de pastoreo (CANAPAS)

Alzérreca (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 tierras donde la vegetación nativa consiste principalmente de gramíneas, hierbas y arbustos que son de uso exclusivo para el pastoreo del 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 Alzérreca (1986).

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

2.4.3. Tipos de campos nativos de pastoreo

De acuerdo a Alzérreca, (1992), las características de vegetación, hidrología, topografía, clima y suelos en la zona andina, han determinado la evolución de varias grandes unidades agroecológicas a su vez diferentes tipos de praderas, entre los cuales se tienen:

a) Bofedales, 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, principalmente alpacas (4 alpacas/ha) y otros herbívoros en pastoreo mixto y generalmente continuo. Se presume que antiguamente existían bofedales artificiales hechos por el hombre nativo, aunque en la actualidad se continúa con esta práctica.

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

b) Totorales, es una vegetación lacustre forrajera, localizada en las orillas del lago Titicaca principalmente y en otras fuentes de agua. Es consumida por el ganado en forma directa en las orillas poco profundas y en zonas más profundas, son recogidas por los campesinos en sus barcas. Las especies más representativas son: *Shoenoplectus totora* (totora), *Scirpus rígidos* (totorilla), *Elodea potagometom* (Llacku), *Eleocharis albibracteata* (Kemallo), propia de lagunas temporalmente secas.

c) Chillihuales, son CANAPAS que se localizan sobre suelos profundos, húmedos de buena calidad, preferidos para uso agrícola, por lo que se tiende a disminuir su extensión. Es dominada por las especies forrajeras *Festuca dolichophylla* (chillihua), especie pratense muy apetecida por el ganado; entre otras la *Muhlebergia fastigiata* (chiji negro) y en los lugares más húmedos la rosácea

Lachemilla pinata (sillo-sillo), estolonífera muy apreciada por el ganado: Poas como la horridula y la gilgiana y ocasionalmente la leguminosa *Trifolium amabile* (layu), especie, de gran valor nutritivo y con posibilidades de mejora a largo plazo.

d) Pajonales de “Iru achu”, dominados por *Festuca ortophylla* “iru ichu” o “paja brava”, pasto macollador, hojas involutas duras de escaso valor forrajero para ovinos, pero importante para vacunos. Los suelos donde se presentan son pobres, sueltos con alto porcentaje de arena. Estas áreas son frecuentemente quemadas para inducir el rebrote y consiguiente pastoreo. Otras especies presentes en este tipo de pradera son: la gramínea anual *Bouteloua simplex* “Ilapa”, *Muhlenbergia peruviana* “Ilapa orko”, *Malvastrum sp.* “Kora” y en menor cantidad *Stipas* y *Calamagrostis*.

e) 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. Es consumida en estado tierno y en cualquier estado en épocas de crisis de forrajes, como son las sequías.

Otras plantas más frecuentes en este tipo de pastizales son las anuales: *Tajetis*, *Bouteloua* y *Muhlenbergia*; Geranáceas como el *Geranium sessiliflorum*, *Erodium cicutarium* “alfilerillo”, *Bidens andicola*, *Hypochoeris taraxacoides*, La gramínea *arística aplundii*, etc. En áreas degradadas de este tipo de pradera son frecuentes los arbustos *Tetraglochin cristatus* “Canlli”, *Asdemia sp.* Y *Astrágalos garbancillo*, esta última planta tóxica, la que se atribuye a la acumulación de selenio en sus tejidos.

f) Tholares, Cubren una extensa área del Altiplano Central y Sur y el Altoandino de Bolivia. Forman varias clases de CANAPAS con cambios relativos en su composición botánica. La especie típica y frecuentemente dominante es el arbusto compuesto *Parastrephia lepidophylla* (Seibert, 1983), asociado con otros

arbustos de los géneros *Baccharis*, *Chuquiraga*, *Adesmia*, *Senecio*, *Tetraglochim*, *Frankenia*, etc. Entre las gramíneas se encuentran a menudo *Stipas*, *Festucas* y *Calamagrostis*; algunas hierbas anuales y cactáceas también están representadas.

Constituyen en su conjunto un importante recurso forrajero, especialmente para los camélidos que son la mayoría de los usuarios de este tipo de CANAPA. Una clase de pradera de transición es el tholar – pajonal, en el que llegan a ser dominantes las gramíneas plurianuales resistentes a la quema y al pastoreo, tales como la *Stipa ichu* y *Festuca ortophylla*. Esta mezcla favorece al pastoreo de las forrajeras anuales en la época de lluvias y de los arbustos en la época seca.

g) Gramadales de zona semiárida y árida, caracterizada por la composición florística particular de gramíneas bajas, estaloníferas de las especies *Distichlis humilis* “chiji blanco” y *Muhlenbergia fastigiata* “Chiji negro”, además de *Frankenia*, *Senecio*, *Salicornia*, *Atriplex* y otros (Lara 1985). Forman extensas praderas sobre suelos sedimentarios o lechos lacustres antiguos, constituyendo un recurso forrajero importante para la ganadería ovina predominante en el área.

h) Arbustales de “kauchi”, *Suaeda foliosa*, la misma que se encuentra otras halófitas de los géneros *Atriplex*, *Salicornia* y *Hordeum*, desarrollados en suelos sedimentarios, salinos e inundadizos. Su importancia radica en la fitomasa forrajera de alta calidad y en forma constante en un medio semiárido.

i) Matorrales de *Polylepis*, de importancia desde el punto de vista forrajero por el estrato herbáceo que crece debajo y entre los pocos cinturones de árboles que forman estas plantas altoandinas. Las especies forrajeras que destacan son *Stipa rupestres*, *Stipa venusta*, *Stipa frigida*, *Senecio alticola*, *Ephedra americana* y otras.

2.5. Campos agrícolas en descanso (CADES)

En el Altiplano boliviano, son campos que posterior a la producción agrícola (rotación de cultivos de dos a tres años), se encuentran en “descanso”, denominado “q´allpa”, periodo en el cual son utilizados para el pastoreo. Este descanso agrícola varía entre uno a siete años o más. (AGRUCO, 1991).

Queiroz *et al*, (1992), indica que la vegetación secundaria que ocupan los campos en descanso tienen un papel importante en las estrategias de producción de los sistemas agropastoriles del altiplano central de Bolivia, sin embargo en valor forrajero de estas comunidades es limitado debido a la baja palatabilidad de los mismos.

Hervè, *et al*, (1994), señala que se debe tener cuidado al definir las tierras en descanso, alegando que el descanso es el “*estado temporal del suelo, sin cultivos, dentro de una sucesión de cultivos*”, por lo que no debe ser confundido con la rotación de cultivos y el barbecho.

Al mismo tiempo Genin y Fernandez, (1994), mencionan que las tierras en descanso forman parte de un conjunto de recursos forrajeros que dispone el productor de la zona agropastoril andina para la alimentación de su ganado. Esto desde un punto de vista pastoril no representa un recurso forrajero de buena calidad; sin embargo son fundamentales en el manejo del sistema forrajero, ocupando extensas superficies a nivel de la comunidad.

2.6. Conceptos para la evaluación de praderas nativas

2.6.1. Capacidad de carga

La capacidad de carga (CC) o capacidad de pastoreo es la máxima carga animal posible que puede soportar la pradera sin ocasionar daño a la vegetación. Sin embargo es la más difícil de medir pues depende de las condiciones climáticas, la vegetación y principalmente las especies animales. (Huss *et al* , 1986)

Paladines, (1992), define la CC, como el número de unidad animal (UA) por hectárea, que se puede mantener a través del año en forma productiva, sin recurrir a otros alimentos introducidos; así mismo menciona que en cálculo de la capacidad de carga se la realiza con la siguiente fórmula:

$$CC = D * f / (C * T)$$

Donde:

CC = Capacidad de carga

D = Materia seca obtenida en una determinada área, expresada en Kg MS/ ha/ año.

f = Eficiencia de utilización del forraje expresado en %

C = Consumo de forraje por unidad animal (UA) expresado en Kg de MS/día

t = Tiempo que se llegará a pastear una determinada área (en días)

2.6.2. Unidad animal

Paladines, (1992), mencionado por La Fuente, (2003), indica que la UA representa un animal tipo de uso frecuente en el país o en una zona determinada que se toma como referencia para compararlo con otras especies o categorías animales. Técnicamente representa la cantidad de materia seca (MS) o energía metabolizable (EM) que el animal tipo consume en un día.

2.6.3. Consumo animal

Es la cantidad de materia seca consumido por el animal en un determinado tiempo, normalmente este periodo de tiempo son de 24 horas..

2.6.4. Eficiencia de utilización de la pradera

Se refiere a la cantidad de forraje producido en relación al forraje consumido por los animales, el cual puede ser expresado en porcentaje de forraje consumido cuya fórmula según Paladines, (1992), citado por La Fuente (2003) es la siguiente:

$$E = \frac{\text{forraje consumido por hectárea (MS/Ha)}}{\text{Forraje disponible por hectárea (MS/Ha)}}$$

2.7. Metales Pesados

El suelo, como un cuerpo natural formado a partir de las rocas de la litosfera y a la acción de los factores y procesos de formación, proporciona a las plantas todos los elementos mayores necesarios (calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo y otros) para su crecimiento, y también los denominados elementos traza esenciales (Cobre, manganeso, hierro, zinc, molibdeno, cobalto, selenio y boro), los mismos que son esenciales no solo para las plantas, sino para los animales. La composición de plantas y animales, han demostrado que también existe un amplio rango de elementos trazas no esenciales (arsénico, antimonio, cadmio, plomo y mercurio).

Los elementos traza incluyendo los micronutrientes, se encuentran en general en los suelos en pequeña cantidades, sin embargo, en algunos casos pueden alcanzar en los suelos altas concentraciones, las mismas que resultan tóxicas para las plantas o animales. Entre los metales tóxicos para el medio, se tiene el mercurio, plomo, cadmio, cobre, níquel y cobalto, los primeros tres (Hg, Pb y Cd), son particularmente tóxicos para los animales y los últimos tres (Cu, Ni y Co) son más tóxicos para las plantas (fitotóxicos) que para los animales.

La presencia de los elementos traza esenciales y no esenciales en los suelos en general, depende de gran manera de las características específicas de las diferentes rocas del que se originan los suelos y de las diferentes actividades humanas, estas últimas han ayudado a incrementar de manera sorprendente la presencia de metales en los suelos.

La acumulación de metales pesados y otros como el arsénico en las capas superficiales del suelo puede tener las siguientes consecuencias:

- Reducción de la fertilidad de los suelos debido a los efectos tóxicos de los metales.

- Transferencia de la fracción biodisponible de los metales hacia los cultivos y su paso a la cadena trófica (animales y posteriormente al hombre).
- Contaminación progresiva de la napa freática por lavado y percolación de la solución mineral.

Según Dorronsoro, (1999), los metales pesados una vez incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías:

- Quedan retenidos o fijados en el suelo por procesos de adsorción, precipitación, complejación y otros.
- Son absorbidos por las plantas y así incorporarse a la cadena trófica.
- Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.
- Se movilizan hacia las aguas superficiales y subterráneas.

2.8. Áreas Mineras

De acuerdo a Montes de Oca (1997), en el departamento de Oruro existen más de 500 minas que explotan minerales metálicos de las cuales el 90% pertenecen al grupo de la minería chica que trabaja en escala muy reducida. A partir de 1985 en que bajan los precios de los minerales en el mercado mundial, se cierran más del 50 % de estas minas, sin embargo de acuerdo a la coyuntura actual existe una reactivación en el area minera.

En el sector de Poopó la explotación de yacimientos de estaño constituyen la principal actividad minera, el estaño se explota en la llamada provincia estannífera que incluye a la cordillera real, en vetas de casiterita y wolfranita asociadas con los batolitos graníticos de la región.

El mismo autor indica también que la provincia estannífera de Bolivia está constituida por cuatro grupos diferentes de depósitos de casiterita, la región de Poopó se encuentra ubicada en el grupo 2 que constituye la secuencia de sedimentos clásticos del paleozoico superior se encuentran los mantos mineralizados con estaño en cuarcitas del Siluriano (formación Catavi y Llallagua).

Su paragénesis es monótona en la parte de la provincia estannífera de la cordillera real con cuarzo, turmalina, casiterita, zirconio y minerales de hierro, mostrando un origen de placeres fósiles re trabajados.

En el sector de Poopó se encuentra la cooperativa del mismo nombre la cual se dedica en exclusiva a la explotación del estaño, también se tiene inversión extranjera de Glencore que se encuentra presente en la zona con el nombre de Sinchy Wayra.

Se puede indicar que las minas de estaño se encuentran en su generalidad ubicada en la parte central del municipio ubicada en las serranías como también en los pies de monte de la cadena de montañas que divide el Municipio. Es muy notoria la presencia de pasivos ambientales, como también los sectores de quemadillas, que son acumulaciones de residuos de la actividad minera que se ubican en el sector de Villa Poopo y Callipampa

Es importante mencionar que en sectores donde se encuentran los pasivos ambientales y lugares que se encuentran en la parte baja de la cuenca de Poopo, se evidencia los altos contenidos de metales pesados que son a la larga fuente de contaminación tanto para los hombres, animales y plantas

3. LOCALIZACION

3.1. Ubicación geográfica.

El Municipio de Poopo se encuentra al suroeste del territorio boliviano a 3,700 m de altitud, en la provincia Poopo del departamento de Oruro, al centro del "eje acuático" formado por el lago Titicaca, río Desaguadero, el lago Poopó y el lago Coipasa. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM 712500 -730000 y 7985000 – 7950000.

Políticamente el territorio corresponde a la Primera Sección de la Provincia Poopo, el municipio tiene 3 distritos municipales y tiene como capital a la población de Villa Poopo, la cual limita con las siguientes Estancias: al norte con las Estancias Challa Apacheta, Chacapiña, Cala Cala, y Agua de Castilla. Al este con Kellapata, Uncalliri, Kaljahuara, y Pajchantiri. Al oeste con Queso Qesuni, Yuracare, Urus Muratos, Puñaca, Tinta María. Al sud con Calamarca y Wilajawira.

Al Sur oeste de Villa Poopó se encuentran los Lagos Poopó y al Norte el Uru Uru, formando el sistema endorreico más importantes del altiplano boliviano con una superficie de 3.084 kilómetros cuadrados que incluyen el Lago Titicaca.

Este territorio colinda con los siguientes municipios:

- Al Norte: con el Municipio de Machacamarca (Provincia Cercado).
- Al Sur: con el Municipio de Pazña (Provincia Poopo).
- Al Sudeste con el Municipio de Huanuni (Provincia Dalence).
- Al Este con el Municipio del Choro.

3.2. Características ecológicas

Según el mapa ecológico de Bolivia (publicado por MACA) el municipio de Poopo pertenece a la clasificación piso montano – matorral desértico de la región templada de Bolivia. El paisaje es ondulado y escarpado con grandes elevaciones y topografía accidentada, muy disectada por valles pequeños donde se realiza cultivos de subsistencia, la vegetación de esta zona tiene un marcado xerofitismo, existen gramíneas de los géneros Festuca, Calamagrostis y otros. Los pastos tienen la característica de ser muy fibrosos por consiguiente una limitada capacidad de alimentación para cualquier clase de ganado.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. MATERIALES

Los materiales utilizados para la investigación, fueron agrupados en tres: de laboratorio, de campo y de gabinete, los mismos que se describen a continuación.

a) Material para la evaluación vegetativa

- Herborizador.
- Cuadrante (armazón de un metro cuadrado)
- Cinta métrica.
- Sobres Manila.
- Bolsas plásticas.
- Etiquetas.
- Marcadores.
- Hojas para herbario.
- Tablero de campo
- Navaja o estilete.
- Flash memory.
- Equipo de posicionamiento global GPS.
- Lupa.
- Bicicleta.

b) Materiales para la evaluación de suelos

- Picota.
- Barreno.
- Palas.
- Flexometro.
- Acido clorhídrico.
- Agua destilada.
- Cuchillo o daga.
- Cilindros de muestreo.
- Tabla de Munsell.
- Bolsas plásticas.
- Tablero de campo.

c) Material de laboratorio

- Estufa o mufla.
- Balanza de precisión.
- Probetas.
- Pipetas.
- Hidrómetro.
- Termómetro.
- Potenciómetro.
- Conductivímetro.

d) Material de gabinete:

- Imagen Satelital Landsat Bolivia 0071, agosto 2004
- Equipo de Computación.
- Software SIG (Erdas 8.4 y Arcgis 9x).

4.2 METODOLOGÍA

Fase 1

Con la ayuda de la imagen satelital Landsat del mes de agosto del año 2004 y shape files oficiales del municipio, a través del procesamiento mediante el programa Erdas 8.4 se elaboro el mapa de las unidades fisiográficas del municipio de Poopó (mapa base). El cual fue elaborado en función a las características de fisiografía, extensión y unidad de paisaje del área de estudio.

Fase 2

Evaluación agrostologica de las praderas nativas

El inventario de la composición florística y su respectiva estratificación se realizo mediante el método publicado por el Centro de Estudios Fitosociológicos y Ecológicos “Louis Emberger”, CNRS Montpellier-Francia, citado por Valdivia (1993). El método tiene un enfoque netamente fisonómico, con observaciones de estratificación, en la que principalmente se tomo en cuenta la disposición horizontal (cobertura) y vertical (altura) de vegetación, la cual se realizo en el sector oeste del Municipio de Poopó. El trabajo se dividió en 3 etapas:

Primera etapa.

En esta etapa se procedió a la delimitación del área de estudio y la concertación del estudio con las autoridades de comunidades y del municipio.

Herborización de especies.

Comprendió la recolección e identificación de las especies botánicas nativas durante el periodo de crecimiento de la vegetación. Por otra parte el inventario permitió evitar las confusiones originadas en la amplia variabilidad de las especies vegetales presentes en la región.

Segunda etapa

Evaluación de vegetación

Una vez efectuado el reconocimiento de campo y delimitadas las unidades de vegetación, sea determinado el numero de transectos de acuerdo a la extensión y variabilidad de las unidades vegetales, de tal forma que las lecturas realizadas representaron a todas las áreas homogéneas de la unidad.

Sea escogido el método del “cuadrante” o metro cuadrado (Huss et al.1986). Este método consiste en la toma de muestras de la vegetación de su estratificación y cobertura empleando transectos. Todas las observaciones se anotaron en un formulario de terreno, permitiendo evaluar la vegetación herbácea, leñosa, mantillo, suelo desnudo y roca.

Unidades vegetales y su agrupamiento

Esta determinación se basa en la composición florística, es decir, las especies vegetales del lugar, observando que especies están presentes y en que cantidad; mas una descripción breve del lugar como la altitud, pendiente, textura y materia orgánica; que permitió la comparación de un sitio de otro.

Braun-Blanquet (1979) indica que la comprensión y delimitaciones de las unidades de vegetación pueden plantearse desde los puntos de vista más variados. Sin embargo, hasta ahora parecen practicables dos metodologías:

- Según la fisonomía de las unidades de vegetación, que se basa en la resistencia de determinadas composiciones o formas vitales.
- De acuerdo a la composición florística y las especies vegetales de la comunidad se ha considerado el método de la composición florística, para agrupar en sitios de pradera, de acuerdo a la dominancia de las especies, es decir la predominancia de una o más especies con relación a las otras, es un método cuali-cuantitativo adecuado para los objetivos de producción animal.

Tercera etapa.

Calculo de la disponibilidad de forraje

La cantidad de forraje disponible, sea expresado en el rendimiento promedio de biomasa de las diferentes asociaciones vegetales, utilizando los siguientes métodos de evaluación:

Biomasa, según el tipo biológico: Herbáceas blandas, método del doble muestreo del Peso Estimado (Massy 1994), el cual consiste en determinar la biomasa a partir de estimaciones visuales de peso en cada cuadrante de referencia ubicados en los transectos de muestro. El error de varianza del peso estimado respecto del peso cortado debe ser calculado por análisis de regresión.

Para estimar la biomasa de arbustos sea utilizara el método de unidad referencial (Massy 1994), el cual a consistido en tomar una rama promedio equivalente al 10 a 20% del follaje del arbusto, para luego pesarlo en verde y seco. El siguiente paso a consistido en contabilizar o estimar el número de unidades referenciales similares en todo el arbusto, posteriormente este número deberá ser multiplicado por el peso promedio de la unidad referencial.

Las especies pulviniformes o cojines se cuantifican por el método de Análisis Dimensional (Massy, 1994), el mismo a consistido en estimar la biomasa a partir de una superficie o un volumen. La técnica comprende dos etapas: 1) la obtención de una ecuación de regresión, con un coeficiente de correlación aceptable entre la biomasa estimada a partir de la superficie de muestreo y la biomasa cosechada de varias plantas, 2) la segunda corresponde a la medición en campo de la superficie de cada planta, se realiza la estimación de peso y finalmente se ajusta este valor mediante la ecuación de regresión.

Capacidad de carga

Tomando en cuenta que la capacidad de carga o capacidad de pastoreo es la máxima carga animal posible que puede soportar la pradera sin ocasionar daño a la vegetación. Sin embargo es la más difícil de medir pues depende de las condiciones climáticas, la vegetación y principalmente las especies animales. (Huss et al , 1986).

Por lo cual el cálculo de la capacidad de carga se realizara con los datos de disponibilidad de forraje a través de la eficiencia de utilización expresada en % y el consumo de forraje por unidad animal en un tiempo de pastoreo determinado.

Según nos muestra la siguiente fórmula:

$$CC = D*f/C*t$$

Donde:

CC = Capacidad de carga

D = Se refiere a la capacidad de materia seca obtenida en una determinada área, expresada en Kg MS/ ha/ año.

f = Eficiencia de utilización del forraje expresado en %

C = Consumo de forraje por unidad animal (UA) expresado en Kg de MS/día

t = Tiempo que se llegará a pastear una determinada área (en días).

Evaluación edafológica de los suelos del municipio de Poopó.

a) Metodología para la Ubicación de una Calicata

Se realizó un reconocimiento de suelos con muestreos puntuales como en transectos orientados según la variación fisiográfica y vegetación al (Schlatter et al. 1981). Los sitios de muestreo se seleccionaron de acuerdo con la variación de la vegetación, de tal manera de abarcar las principales unidades que se detectaran a través de imágenes satelitales y de reconocimiento del área. De la misma forma, se establecerán transectos para observar la variación del suelo asociada a la topografía. Mediante calicatas se describieron los perfiles de suelo representativos y principales asociaciones vegetales presentes en el lugar de estudio.

b) Apertura y descripción de Calicatas

Para la ejecución de las calicatas se basó en la metodología indicada en la guía para la descripción de perfiles propuesta por la FAO, (1978).

Evaluación de presencia de metales pesados en los suelos del municipio de Poopó.

Para la evaluación de metales pesados se utilizó la técnica del barrenamiento el cual consistió en la toma de muestras con el barreno tomando en cuenta la altura de la capa arable que aproximadamente es de 25 cm, en diferentes puntos del municipio.

Fase 3

Análisis físico-químico de suelos en del área de estudio

Mediante trabajo coordinado con el personal del laboratorio de suelos y agua de la facultad de agronomía se llevó a cabo el análisis de propiedades físico – químicas de muestras de suelo del área de estudio.

Fase 4

Procesamiento y consolidación de información generada.

Esta fase comprende el procesamiento de datos obtenidos, la interpretación de información, al mismo tiempo con la utilización de programas de sistemas de información geográfica se procedió a la elaboración de mapas de vegetación, suelos, distribución espacial de cobertura vegetal, suelo de la región, áreas que presentan niveles de contaminación antropica y áreas de explotación minera.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Condiciones climáticas del municipio de Poopó (sector oeste).

El Municipio de Poopó tiene una estación lluviosa (Diciembre a Marzo), una seca (Junio a Agosto) y dos periodos de transición (Septiembre- Noviembre y Abril- Mayo). La estación lluviosa actualmente ya no coincide con las indicadas, generalmente las estaciones de lluvia recién comienzan a partir de enero y febrero. Existe un descenso de la precipitación de Norte - Sur, que se hace aún más marcado a medida que aumenta la distancia al lago Titicaca. Al mismo tiempo, la humedad relativa disminuye y la oscilación térmica aumenta en dirección Sur. En esta región las actividades productivas se enfrentan a limitaciones climáticas (heladas, granizo, escasa precipitación). Los datos climáticos de esta zona son escasos, ya que no se cuenta con estaciones climáticas cercanas. Esta zona recibe influencia directa de la Cordillera Oriental, encontrándose sobre las isoterms de 4° a 8°C ampliándose hasta los 12°C en casos extremos, menores a 0°C.

Cuadro 1. Datos climáticos del Municipio de Poopó periodo 2004, según SENAMHI-Oruro

| MES | TEMPERATURA | | | | | PRECIPITACION PLUVIAL | |
|------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-----------------------|------------------|
| | MEDIA | MAXIMA MEDIA | MINIMA MEDIA | MAXIMA EXTREMA | MINIMA EXTREMA | PP (mm) | PP MAXIMA 24 Hrs |
| ENERO | 11,68 | 18,8 | 8,6 | 21,2 | 0,55 | 64,9 | 11,77 |
| FEBRERO | 11,5 | 18,5 | 4,55 | 20,92 | -1,75 | 99,35 | 14,2 |
| MARZO | 7,9 | 18,5 | 2,6 | 20,2 | -2,2 | 29,45 | 3,62 |
| ABRIL | 9,22 | 18,4 | 0,2 | 20,45 | -4 | 13,35 | 7,7 |
| MAYO | 6,12 | 17,15 | -4,87 | 19,45 | -13,02 | 1,4 | 0,83 |
| JUNIO | 2,82 | 16,35 | -10,4 | 17,92 | -13,95 | 0,0 | 0,0 |
| JULIO | 0,77 | 16,35 | -10,72 | 17,95 | -12,85 | 0,0 | 0,0 |
| AGOSTO | 1,55 | 17,7 | -6,17 | 20,1 | -10,8 | 0,0 | 0,0 |
| SEPTIEMBRE | 2,6 | 18,25 | -1,02 | 20,05 | -8,5 | 0,0 | 0,0 |
| OCTUBRE | 13,38 | 19,95 | 2,9 | 21,06 | -2,73 | 0,0 | 0,0 |
| NOVIEMBRE | 11,1 | 19,6 | 2,6 | 21,33 | -2,73 | 0,0 | 0,0 |
| DICIEMBRE | 11,9 | 19,4 | 4,4 | 23,7 | 1 | 19,9 | 0,6 |
| TOTALES | 90,54 | 218,95 | -7,33 | 244,33 | -70,98 | 228,35 | 38,72 |
| MEDIAS | 7,55 | 18,25 | -0,61 | 20,36 | -5,92 | 19,03 | 3,23 |

Cuadro 2. Parámetros climáticos Municipio de Poopó

| PARAMETRO CLIMATICO | VALORES |
|----------------------------|-----------|
| Temperatura media | 7.55°C |
| Temperatura máxima media | 18.,2°C |
| Temperatura mínima media | -0.61°C |
| Temperatura máxima extrema | 20.36°C |
| Temperatura mínima extrema | -5.92°C |
| Precipitación media | 19.03 mm. |
| Evapotranspiración | 3,23 mm. |

Las condiciones de temperaturas máximas medias, como observamos en el cuadro 1, son casi constantes y oscilan en un rango de 16.35°C a 19.9°C; la mínima media oscila entre -10.72 y 8.6°C y las precipitaciones se dan entre diciembre a marzo, alcanzando los mayores valores en el mes de enero.

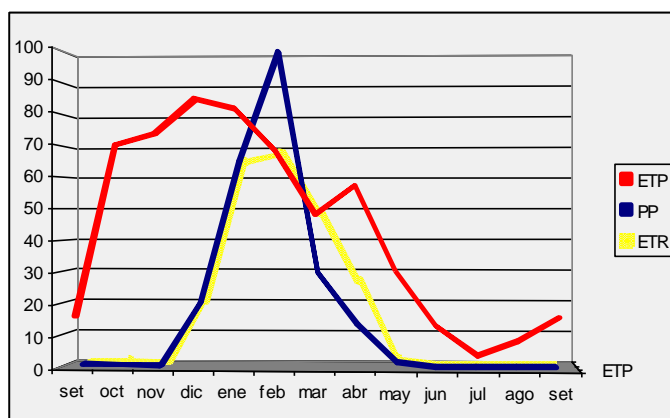
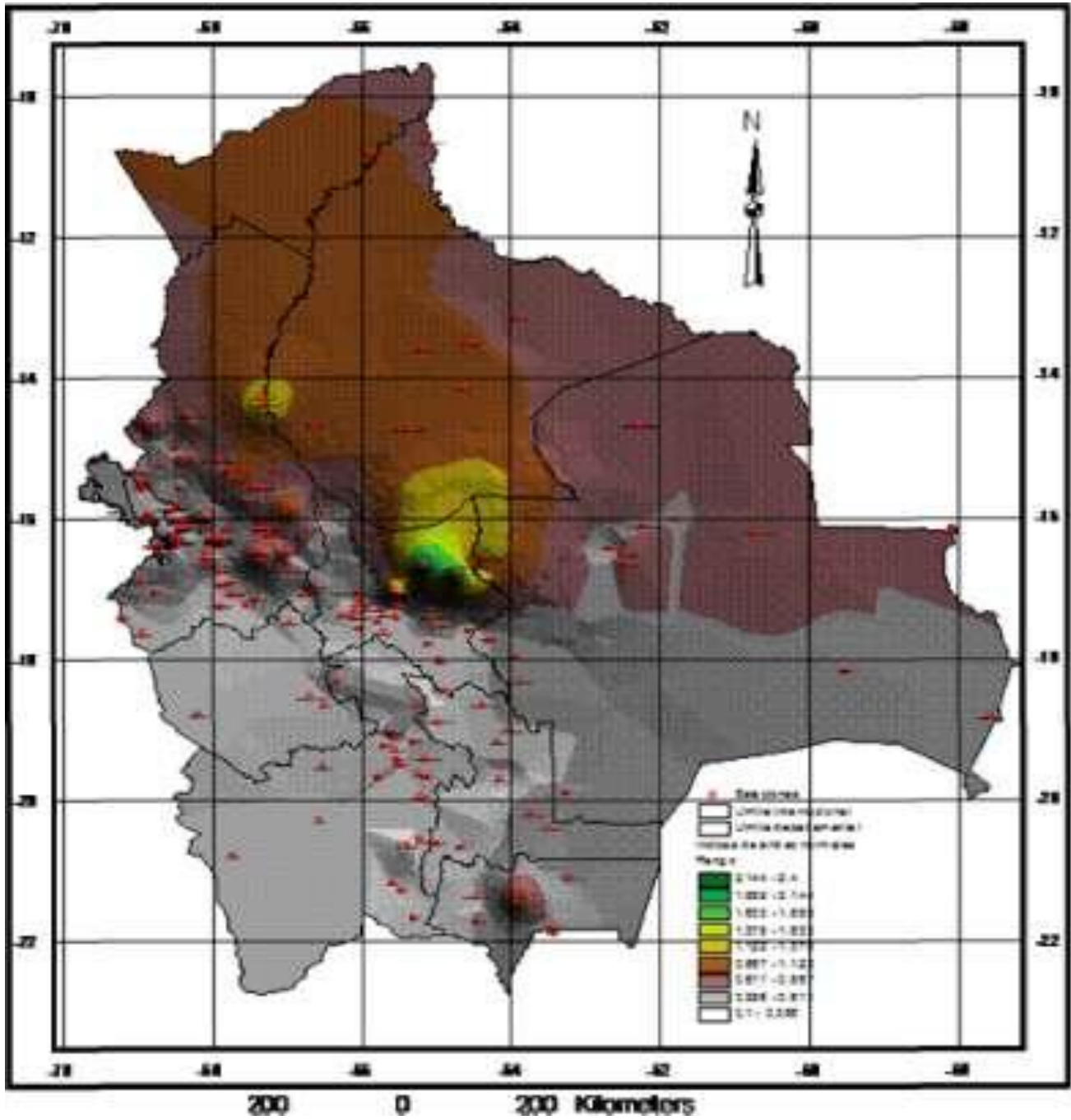


Figura 1. Balance hídrico Municipio de Poopó

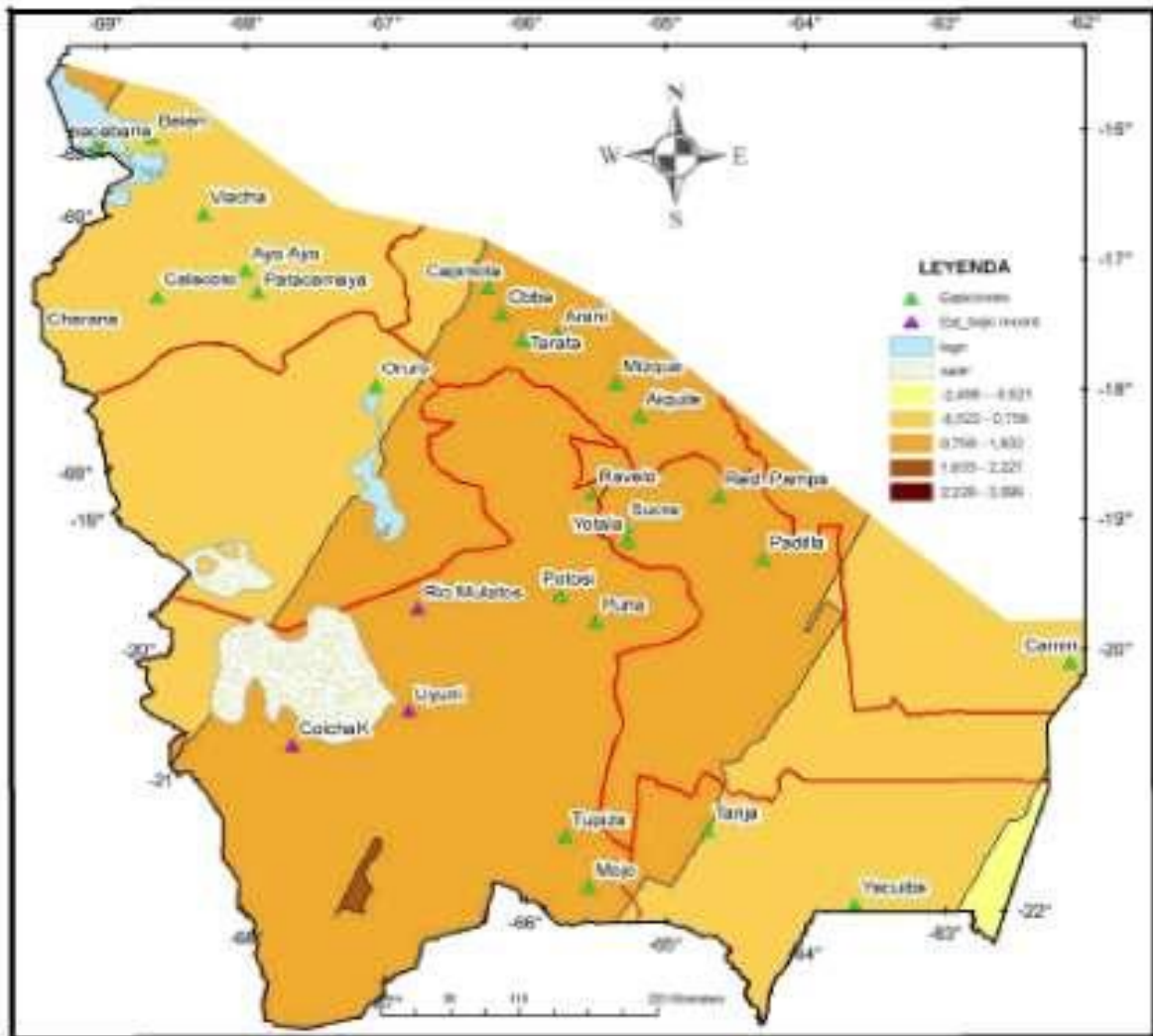
Se observa que existe un déficit hídrico en los meses de Abril a Diciembre siendo la parte más crítica la correspondiente al mes de Octubre a Diciembre, Existe un excedente de humedad en los meses de Enero a Marzo, en tanto que la retención de humedad se presenta en los meses de Marzo a Abril.

De acuerdo con la zonificación realizada por Arana et al. (2006), la zona de estudio presentaría una elevada aridez con un índice que fluctúa entre 0.356 - 0.611 (Mapa 1), debido a la elevada evapotranspiración y la poca precipitación pluvial presente en esta área próxima al salar de Coipasa.

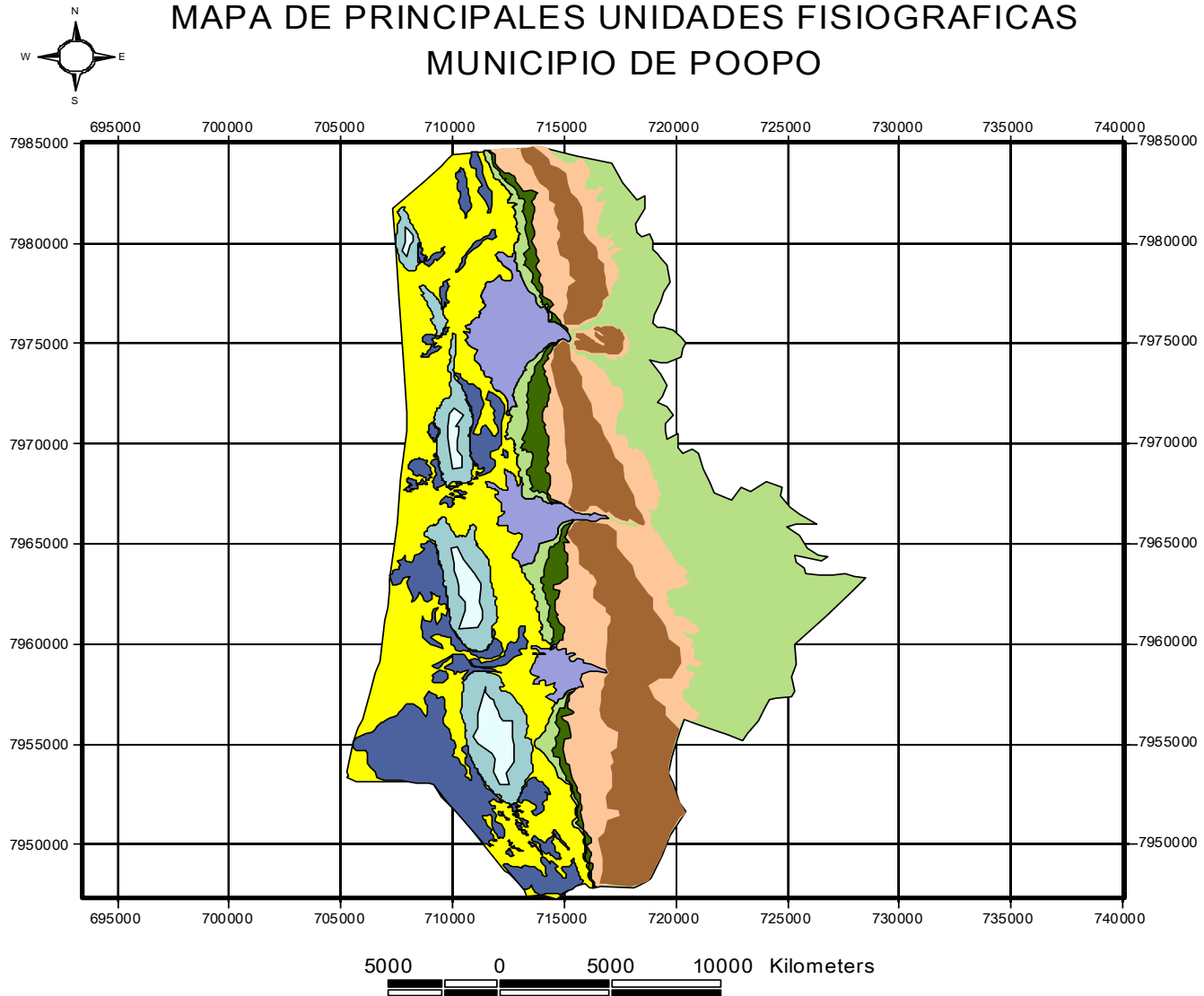


Mapa 1. Zonificación del país de acuerdo con el Índice de aridez en condiciones climáticas actuales.

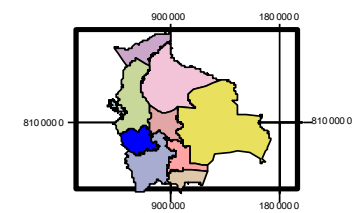
Fuente: ARANA *et al.* (2006) - Programa Nacional de Cambios Climáticos



Mapa 2. Zonificación de las regiones áridas y semiáridas de Bolivia de acuerdo con las Variaciones históricas del Déficit Hídrico anual (mm/año)



UMSA - ASDI
 PROYECTO ECONOMIA AMBIENTAL
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 DEPARTAMENTO DE ORURO
 PROVINCIA POOPO
 MUNICIPIO DE POOPO



- Pie de monte inferior
- Depresión fluviolacustre
- Pie de monte superior
- Abanicos aluvial
- Colina media
- Colina baja
- Llanura eólica
- Serranía alta de disección fuerte
- Serranía media de disección moderada

Mapa 3. Unidades Fisiográficas – Municipio de Poopó

5.2. DESCRIPCION FISIOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO

El mapa 3, muestra las diferentes unidades fisiográficas existentes en el Municipio de Poopó; las mismas que se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Caracterización fisiográfica del Municipio de Poopó sector Oeste

| PROVINCIA FISIOGRAFICA | GRAN PAISAJE | PAISAJE | | |
|------------------------|---------------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|
| | | FORMA/AMPLITUD DE RELIEVE | DISECCIÓN | LITOLOGIA/ OTRAS CARACTERISTICAS |
| ALTIPLANO | SERRANIAS | SERRANIA ALTA | FUERTE | SC2,SC3 |
| | | SERRANIA MEDIA | FUERTE | SC2,SC3 |
| | COLINAS | COLINA MEDIA | MODERADA | MA1,MA2,MB1,MB2, SC3,SC2,SC1 |
| | | COLINA BAJA | LIGERA | SC4,SC3, IE1 |
| | PIE DE MONTES | PIE DE MONTE SUPERIOR | MODERADA | UF,UC,SC1, G,A,Y |
| | | PIE DE MONTE INFERIOR | LIGERA | UF,, G,A,Y |
| | PLANICIES | MESETA | MODERADA | UF,SC2,SC3 |
| | LLANURAS | ABANICO ALUVIAL | LIGERA | UF,UC |
| | | DEPRESION FLUVIOLACUSTRE | MUY LIGERA A NULA | UF, UL, LS, FS |
| | | LLANURA EÓLICA | MUY LIGERA A NULA | UE,,UL |
| | VALLE | VALLES QUEBRADAS | MODERADA | UF, UC, A, Y, |

Donde:

A1: cuarcita; MA2: gneis; MB1: pizarra; MB2: caliza metamórfica; SC1: conglomerados; SC2: areniscas; SC3: limonita, arcillitas
 SC4: Lutita; IE1: basalto; UF: Aluvial o fluvial; UL: lacustre; UC: coluvial; UE: eólico; G: gravoso; A: arenas; Y: arcillas; LS: ligeramente salino; FS: fuertemente salino

5.2.1. Serranías

Ubicado en la zona central del municipio, su característica principal es que conforma un solo bloque dando lugar a que presenten, en su conjunto: serranías altas y medias.

5.2.1.1. Serranías altas y medias con disección fuerte

Las cimas de las serranías altas son convexas, la vertiente sud es moderadamente empinada con una gradiente general de 60%; con presencia de piedras y grava en la superficie. La pendiente superior presenta grandes afloramientos rocosos de 45 m de altura aproximadamente, los cuales cubren un 40% del área y otros más pequeños de 1.5 m de altura que ocupa el 30% de la pendiente superior; además presenta erosión laminar, en surcos y cárcavas muy aceleradas. Por la elevada pendiente en estas zonas fisiográficas no existe ningún tipo de cultivos, y/o pastoreo.

La pendiente media es menos empinada, por lo que presenta mayor número de rocas, entre las cuales se destacan las areniscas, limonitas y arcillitas; además es necesario mencionar que se utilizan estacionalmente (época húmeda) como áreas de pastoreo, para ovinos.



Fotografía 1. Serranía alta característica Camino a Mina Bolívar

La pendiente inferior es menos empinada con 22% de elevación aproximada, son áreas con escasa cobertura vegetal, pero con buena presencia de pedregosidad y alto contenido de grava y gravilla cubriendo casi la totalidad de la superficie, existen algunas áreas cultivadas (papa y cebada), pero por lo general son utilizadas como pastoreo de ovinos y en algunos casos bovinos.

5.2.2. Colinas

Ubicadas en la parte central del municipio, se caracterizan principalmente por ser de altura media a bajas, las cuales se detallan a continuación.

5.2.2.1. Colinas medias de disección moderada

Este paisaje se caracteriza por presentar superficies colinadas, con diferencias de relieve de 50 m para las partes mas pequeñas y 100 m para las mas grandes, presenta una gradiente general de 30-40% donde se puede observar una moderada cantidad de piedras, compuestas principalmente por pizarras, gneis, caliza metamórfica, areniscas, limonitas y lutitas.

La forma en general de las cimas son convexas y la longitud de su ladera no mayor a 40 m, alcanzándose a observar erosión en surcos en la parte inferior y donde también se destaca la presencia de actividad agrícola (cultivo de papa y cebada), sin dejar de lado el pastoreo de ovinos y ocasionalmente bovinos.

5.2.2.2. Colinas bajas de disección ligera

Son relieves caracterizados por la presencia de cimas convexas muy extendidas, de menor elevación que las anteriores, con presencia de piedras y cascajo, compuestas por el basalto, el gneis, la lutita, la arenisca y la limonita. De pendientes que van de 10 – 20% y donde la principal actividad es la agrícola (cultivos de cebada, papa, oca, etc.).



Fotografía 2. Colina característica en cercanías de la comunidad Iswaya

5.2.3. Pie de monte

El pie de monte o bajada originado principalmente por procesos coluvioaluviales, se halla ubicado al pie de las serranías y las colinas mencionadas anteriormente, por lo que se las clasifica como superior, medio e inferior.

5.2.3.1. Pie de monte superior de disección moderada

Forma parte del área colindante con la pendiente inferior de las serranías altas, presenta una gradiente general de 10%, donde se observa una moderada cantidad de piedras (10%) con diámetros de 20 cm y un alto contenido de grava y gravilla (80%), formada principalmente por conglomerados, arenas, y arcillas debido a su origen coluvial, con influencia aluvial y fluvial en la parte baja. Existe la evidencia marcada de erosión en cárcavas de 1 a 2 m de profundidad. La pendiente media del pie de monte presenta una gradiente general de 5 a 6%, la presencia de piedras, grava y gravilla se encuentran en menor proporción que en la parte superior, se observa áreas de cultivo de papa, quinua, cebada y haba. La base o pendiente inferior colinda con la llanura no inundable, presenta una gradiente general de 2 a 3%. Es un área que presenta mayor actividad agrícola siendo los cultivos principales la papa, cebada, haba y quinua, además de campos en descanso (CADES).

5.2.3.2. Pie de monte inferior de disección ligera

Forma parte de los ayllus ubicados (aransaya y urinsaya), presenta cimas ligeramente convexas y vertientes con una gradiente de 5 – 7%, con pocas piedras, pero mayor cantidad de gravas y gravillas en la superficie de aproximadamente 70%, formado principalmente por influencia aluvial. Al igual que la anterior presenta como principal actividad el cultivo de forraje y tubérculos, al mismo tiempo el pastoreo de CADES y CANAPAS.



Fotografía 3. Pie de monte característico en cercanías de Villa Poopo.

5.2.4. Llanuras

5.2.4.1. Abanico aluvial de disección ligera

El abanico aluvial se origina por procesos coluvio - aluviales de una cuenca, se halla ubicado en los sectores de Tolapampa y Villa Poopo.



Fotografía 4. Abanico aluvial característico en cercanías de Coriviri

La parte superior del abanico, presenta una gradiente general de 5 a 6% donde se puede observar una moderada cantidad de piedras y un alto contenido de grava y gravilla. La parte inferior, presenta una gradiente de 1 – 2%, donde también se puede destacar el alto contenido de gravilla y arena. El grado de erosión es moderado y del tipo laminar.

5.2.4.2. Depresión fluviolacustre de disección ligera a nula

Es el paisaje fisiográfico con mayor predominancia en el área de estudio caracterizado por presentar superficies planas y/o ligeramente onduladas (0 – 2% de gradiente) originadas por procesos lacustres, habiendo intervenido también en su fase de modelado el efecto erosivo de acciones fluviales y eólicas. Presenta también formas ligeramente cóncavas, inundadas periódicamente durante los meses de mayor precipitación (diciembre, enero, febrero), cubiertas por gramadales, siendo otras eriales.



Fotografía 5. Llanura inundable característica en cercanías de Tolapampa

Así mismo existen áreas planas y/o ligeramente cóncavas, caracterizadas por la presencia de una costra salina en la superficie de aproximadamente 0.5 a 1 cm de espesor, son de fácil identificación en las imágenes satelitales, debido al color blanco con las que se identifican.

5.2.4.3. Llanura eólica



Fotografía 6. Llanura no inundable en cercanías de Copavinto

Similar a la anterior, ocupa gran porcentaje de la superficie y se caracteriza por presentar superficies ligeramente onduladas (0 – 2% de gradiente) originadas por procesos eólicos y lacustre.

5.2.4.4. Valles y quebradas

Este tipo de paisajes fisiográficos son propios de la comunidad de Cayumalliri, de amplitud de 30 - 40 metros, poseen una alta influencia coluvial y fluvial, formado por arenas, arcillas y gravillas, las cuales forman el sector bajo de las quebradas, las mismas que poseen un gradiente de elevación de 40%.



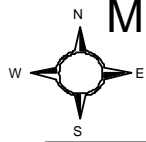
Fotografía 7. Fondo de quebrada en cercanías de Cayumalliri

Esta unidad fisiográfica presenta adecuadas condiciones para el desarrollo de la actividad agrícola y ganadera, por lo que es considerada la principal fuente de abastecimiento de verduras y hortalizas al poblado de Huanuni y Jukumarini que constituye un atractivo lugar turístico al desarrollarse una agricultura ecológica,

5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ASOCIACIONES VEGETALES

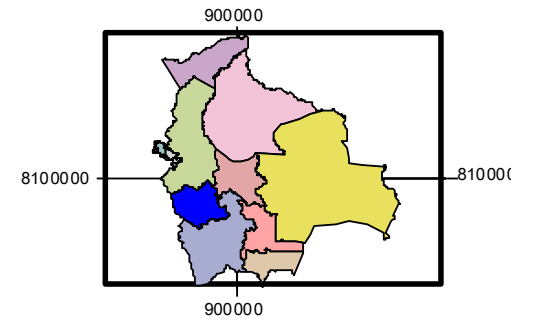
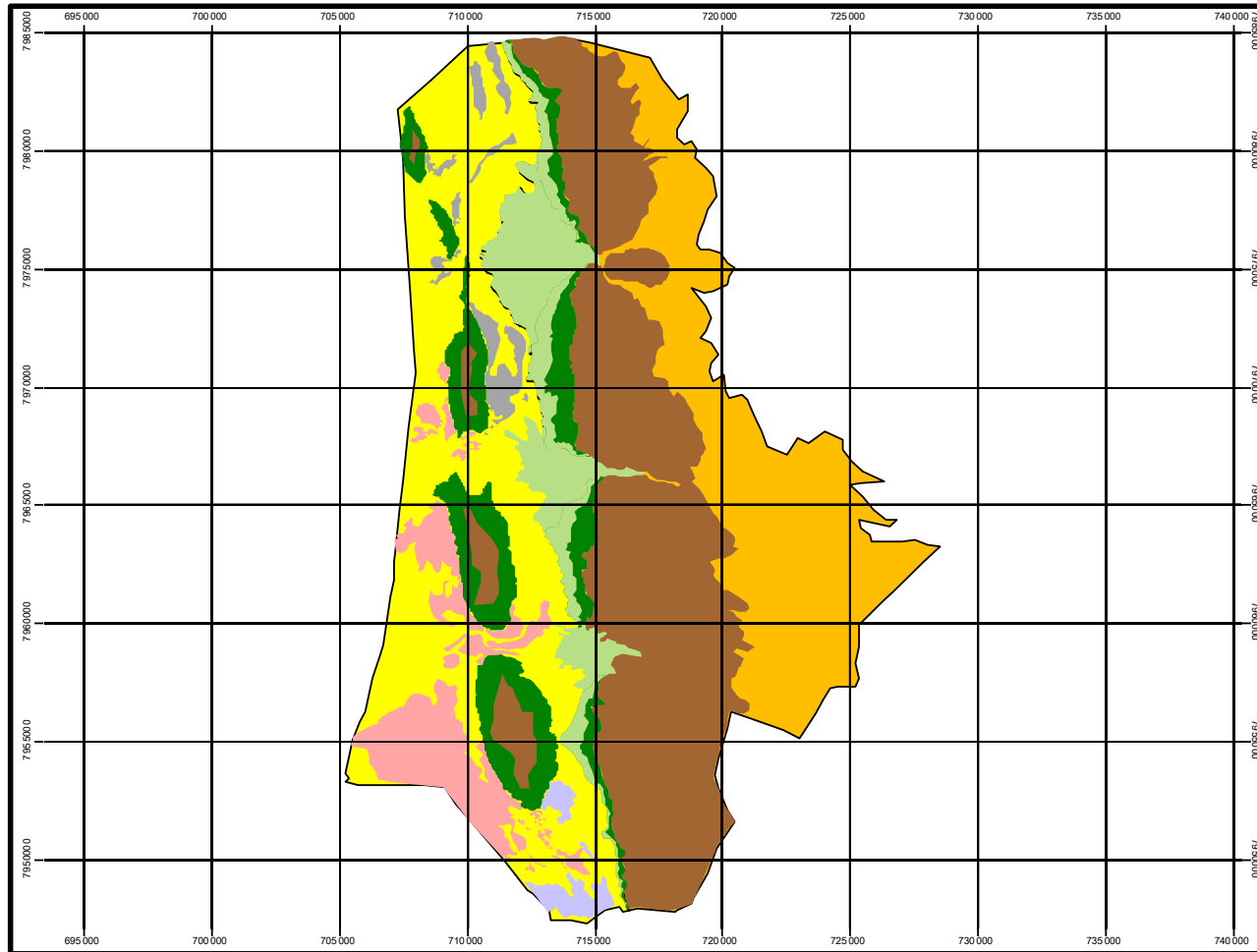
Las principales asociaciones vegetales fueron determinadas de acuerdo a la predominancia de algunas especies que ocupaban diferentes superficies del área de estudio.









Solamente se tomo en cuenta las asociaciones mas sobresalientes las mismas que se observan a continuación en el mapa 4 y cuadro 4.



MAPA DE PRINCIPALES ASOCIACIONES VEGETALES MUNICIPIO DE POOPO - SECTOR OESTE

PROYECTO ECONOMIA AMBIENTAL
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ORURO
PROVINCIA POOPO
MUNICIPIO DE POOPO



-  Asoc. vegetal Chiliwar
-  Asoc. vegetal Kotal
-  Asoc. vegetal Kauchal
-  Asoc. vegetal pajonal de paja brava
-  Asoc. vegetal gramadal
-  Asoc. vegetal tholar pajonal
-  Asoc. vegetal Kaillar
-  Asoc. vegetal pajonal de sicuya



Mapa 4. Principales asociaciones vegetales del Municipio de Poopó

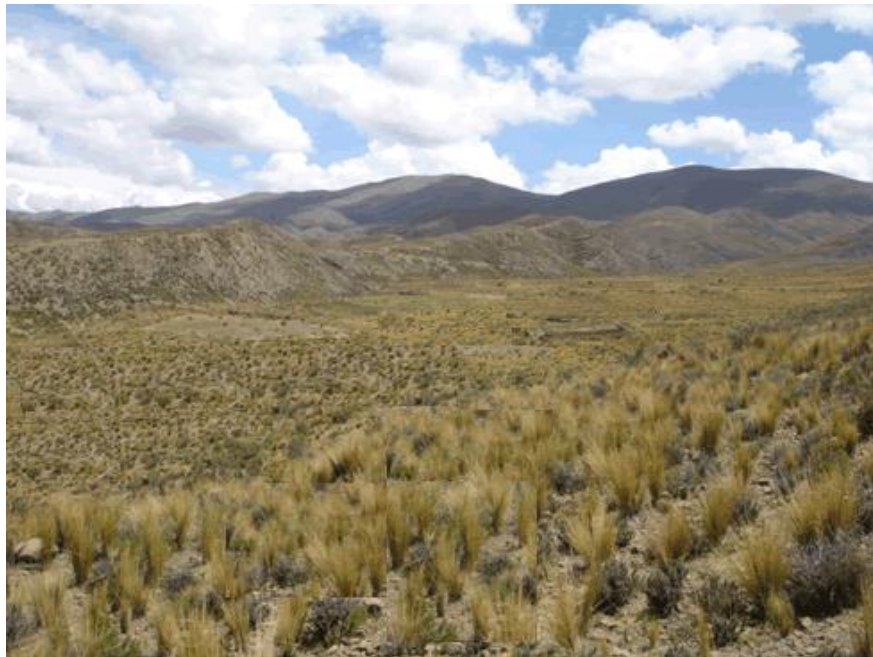
Cuadro 4. Caracterización de las principales asociaciones vegetales del Municipio de Poopo

| Nº | UNIDAD DE PAISAJE | ASOCIACIÓN VEGETAL | SUPERFICIE (Km2) | % |
|----|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-------|
| 1 | SERRANIA ALTA DE DISECCIÓN FUERTE | PAJONAL DE SICUYA | 287,02 | 30.7 |
| | SERRANIA MEDIA DE DISECCIÓN MODERADA | | | |
| | COLINA MEDIA | | | |
| | PIE DE MONTE SUPERIOR | | | |
| 2 | DEPRESION FLUVIO LACUSTRE | GRAMADAL | 235,00 | 24.62 |
| | LLANURA EÓLICA | | | |
| 3 | DEPRESIÓN FLUVIO LACUSTRE | KAUCHAL | 125,65 | 13.16 |
| | LLANURA EOLICA | | | |
| 4 | PIE DE MONTE INFERIOR | KAILLAR | 108,93 | 11.41 |
| 5 | PIE DE MONTE INFERIOR | PAJONAL DE PAJA BRAVA | 64,99 | 6.8 |
| | ABANICO ALUVIAL | | | |
| 6 | LLANURA EOLICA | KOTAL | 55,98 | 5.8 |
| 7 | COLINA BAJA | THOLAR PAJONAL | 41,92 | 4.39 |
| | PIE DE MONTE SUPERIOR | | | |
| 8 | COLINA BAJA | CHILLIHUAR | 35,00 | 3.6 |
| | PIE DE MONTE INFERIOR | | | |
| | TOTAL | | 954,47 | 100 |

5.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ASOCIACIONES VEGETALES

5.3.1.1. PAJONAL DE SICUYA

Este tipo de asociación se desarrolla en unidades de paisaje como las serranías, colinas y pie de monte superiores, ocupa la mayor parte de la superficie con 287,02 Km², su principal característica es estar compuestas por especies que se desarrollan en pendientes elevadas y suelos poco profundos. En el cuadro 5 y figura 2 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 8. Pajonal de Sicuya característico En cercanías de Jucumalliri

Cuadro 5. Caracterización de la asociación vegetal tipo pajonal de sicuya en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/Ha | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------|--------------|--|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Stipa ichu</i> | Sicuya | 21 | 32 | 49 | 69 | 51 | 31 | 568 | 1120 | 1 | 6,7 | 29400 | 129400 | Menor palatabilidad en época seca a comparación de la húmeda |
| <i>Bacharis incana</i> | Ñaca thola | 8 | 10 | | | | | | | | | | | |
| <i>Tetraglochin cristatum</i> | Kailla | 5 | 7 | | | | | | | | | | | |
| <i>Otras de porte bajo</i> | | 5 | 15 | | | | | | | | | | | |
| <i>Mantillo</i> | | 10 | 5 | | | | | | | | | | | |

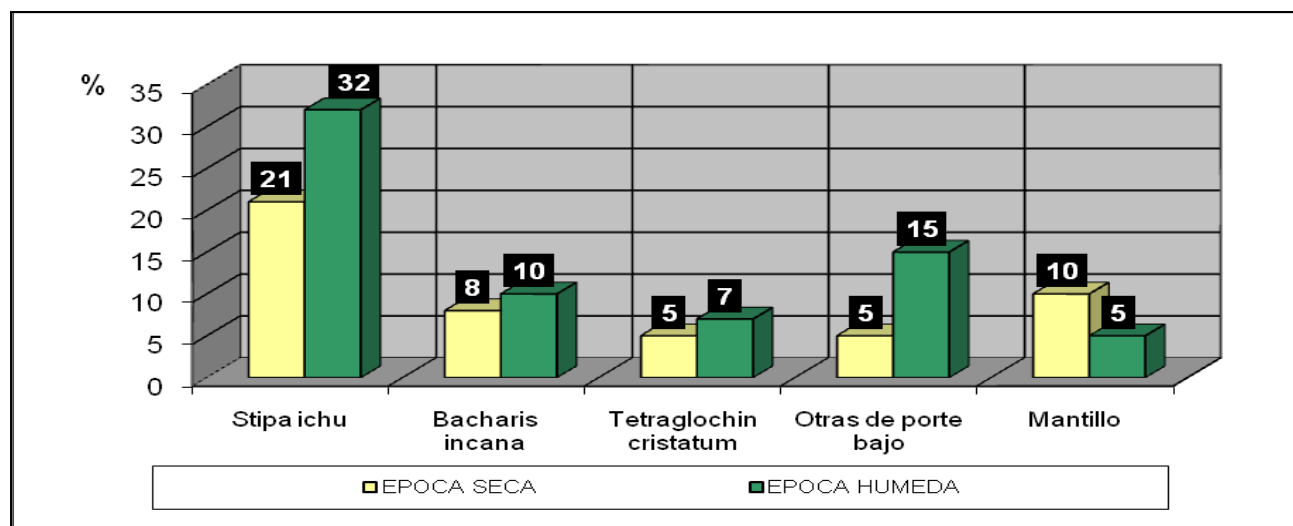


Figura 2. Frecuencia (%) de especies vs época del año A.V. Pajonal de Sicuya

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por la presencia de la gramínea *Stipa ichu* (sicuya), con una frecuencia de 21% en época seca el cual incrementa a 32% en época húmeda; seguida por la especie *Bacharis incana* (Ñaca thola), con una frecuencia de 8% en época seca y un incremento del a 10% en la húmeda, también la especie *Tetraglochin cristatum* (kailla) con una frecuencia de 5% en época seca e incrementa a 7% en la época húmeda; además de otras gramíneas de porte bajo que se presentan con un importante incremento de 5 a 15 %, debido a la presencia de las especies de porte bajo anuales como la *Bouteola simplex*, *Muhlenbergia peruviana* y el *Trifolium amabile*. Además de presentar un mantillo que va de 10 a 5% respectivamente.

Al respecto Alzerreca, (1997) menciona que este tipo de pradera se caracteriza por la presencia de *Stipa ichu* "Ichu" gramínea erecta, tufosa 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 épocas de crisis de forraje como son las sequías, están compuestas principalmente por la *Tetraglochin cristatum* "Kailla", *Bacharis incana* "Ñaca thola". Al mismo tiempo Copa y Espejo (2001) indican que en la Provincia Pantaleón Dalence (Oruro) esta comunidad vegetal es dominada por la gramínea *Stipa ichu* "Sicuya" *Mulenbergia fastigiata* al igual que en Caquiaviri, Provincia Pacajes del departamento de La Paz, según Vargas (2002); por último es preciso mencionar que Vargas (2007) considera que este tipo de asociación se caracteriza por ser superficies de suelos en descanso para cultivos (CADES).

Es importante mencionar la regular cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación comprendida en un 49% en época seca y 69% en época húmeda, indicando regulares condiciones de protección al suelo con 51% a 69% de suelo desnudo. Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal posee un rango de 5 a 25% de cobertura indicando condición pobre, verificándose que existe un 77 a 91% de suelo descubierto.

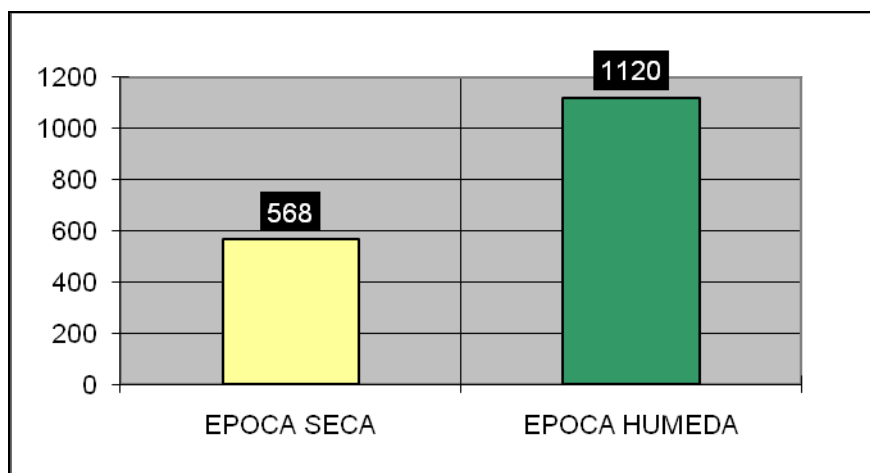


Figura 3. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. Pajonal de Sicuya

El rendimiento de materia seca (Figura 3) que alcanza esta asociación es de 568 Kg. M.S/ha en época seca y 1120 kg M.S./Ha en época húmeda, datos muy cercanos a los obtenidos por Anagua (2002), en la provincia Aroma de La Paz, los cuales alcanzaron a los 220 kg M.S./ha en época seca y 931,4 kg M.S./ha en la húmeda, además Vargas (2007), obtuvo para época seca 558 Kg M.S./ha para el municipio de Caquiaviri.

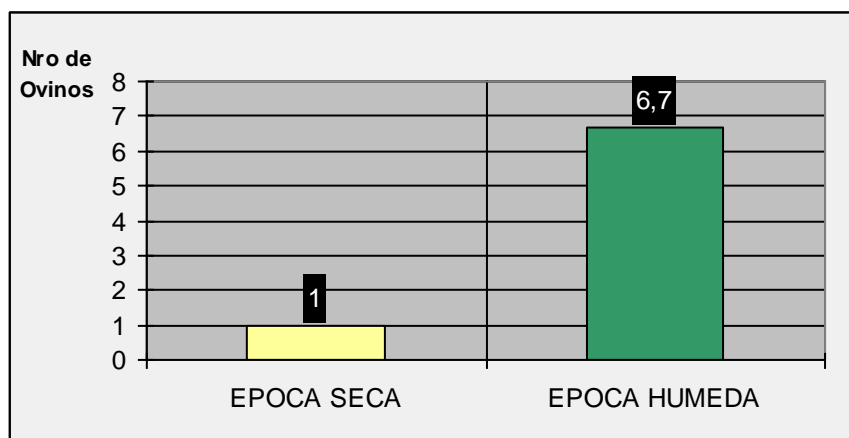


Figura 4. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. Pajonal de Sicuya

En relación a la capacidad de carga animal ovina (Figura 4) para esta asociación debemos indicar que la misma llega a 1 UO/ha para época seca y 6,7 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días, datos cercanos a los encontrados por Vargas (2007) quien para época seca obtuvo 1,6 UO/ha.

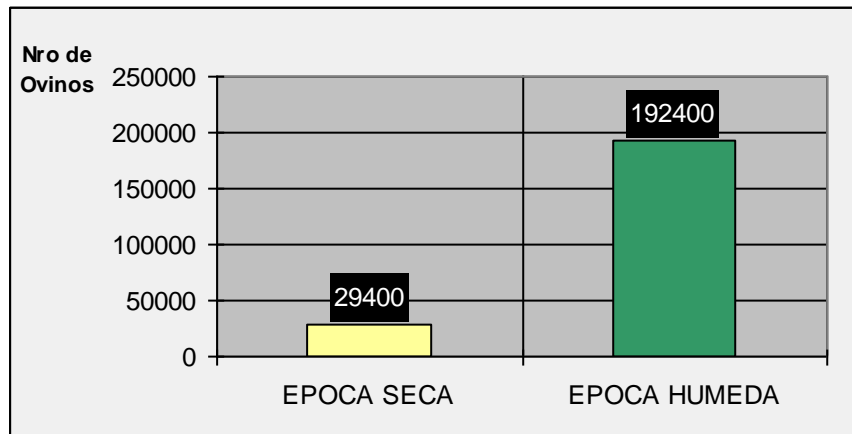


Figura 5. Carga animal vs época del año A.V. Pajonal de Sicuya

Según la figura 5 la carga animal o capacidad de sostenimiento para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste es de 29400 UO en época seca y 192400 UO en época húmeda, por lo que se considera un recurso forrajero importante en la época húmeda, debido al incremento considerable de forrajes muy palatables de porte bajo como ser: *Bouteola simplex*, *Muhlenbergia peruviana* y el *Trifolium amabile*, además del rebrote de la *Stipa ichu* entre otras especies; sin embargo su importancia disminuye a medida que avanza la época seca, debido al decremento de especies palatables, aunque se considera como una asociación disponible en sequías, debido a las características forrajeras de la *Stipa ichu*. Vargas (2007), menciona además que los CADES, son pastoreados en época húmeda.



Fotografía 9. Pajonal de Sicuya característico, en cercanías de Mina San Francisco

5.3.1.2. ASOCIACIÓN VEGETAL TIPO GRAMADAL

Esta asociación se encuentra establecida en unidades de paisaje como las depresiones fluviolacustres y las llanuras eólicas, ocupan 235 Km² de la superficie total del área de estudio, en el cuadro 6 y figura 6 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 10. Gramadal característico en cercanías de la comunidad Iswaya

Cuadro 6. Caracterización de la asociación vegetal tipo gramadal en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/SUPERFICIE | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|--|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Distichilis humilis</i> | Chiji blanco | 55 | 65 | | | | | | | | | | | Muy palatable sobre todo para animales menores |
| <i>Mulenbergia fastigiata</i> | Chiji negro | 20 | 28 | 70 | 88 | 30 | 12 | 436,8 | 689,6 | 1 | 5 | 26800 | 116500 | |
| Gramineas de porte bajo | - | 15 | 5 | | | | | | | | | | | |

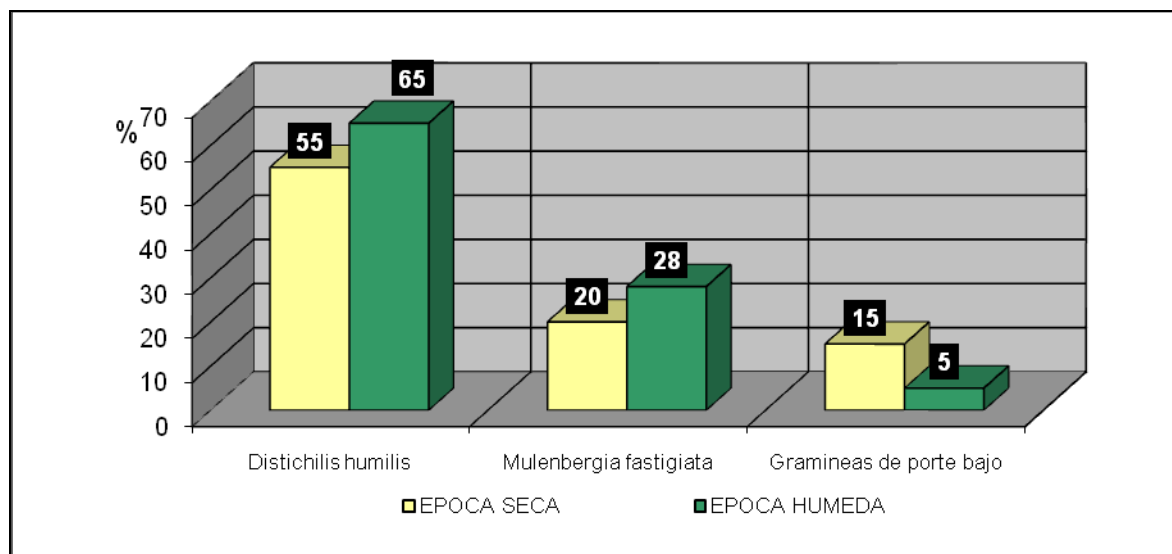


Figura 6. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs época del año A.V. tipo Gramadal

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por presentar una composición florística particular de gramíneas de porte bajo, entre las que destaca la *Distichilis humilis* (chiji blanco), con una frecuencia de 55% en época seca el cual incrementa a 65 % en época húmeda; seguida por la especie *Mulenbergia fastigiata* (chiji negro), con una frecuencia de 20% en época seca el cual incrementa a 28% en la época húmeda; además de otras gramíneas que se presentan con una frecuencia menor a comparación de las anteriores.

Alzerreca, (1997), menciona que los gramadales de la zona semi árida y árida del altiplano Boliviano, están compuestas principalmente por la *Distichilis humilis* y la *Mulenbergia fastigiata*, además de *Frankenia Senecio*, *Salicornia*, *Atriplex* y otros. Al mismo tiempo Copa y Espejo, (2001) indican que en la Provincia Pantaleón Dalence del departamento de Oruro esta comunidad vegetal es dominada por la gramínea *Mulenbergia fastigiata* al igual que en Caquiaviri, Provincia Pacajes del departamento de La Paz, según Vargas (2002).

Es importante mencionar la buena cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación comprendida en un 70 % en época seca y 88% en época húmeda, estableciendo buenas condiciones de protección al suelo con solamente 3 a 12% de suelo desnudo. Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal posee un rango de 50 – 75% de cobertura indicando buenas condiciones de protección del suelo con un 43% de suelo descubierto, esto debido a la presencia de la gramínea *Mulenbergia fastigiata*.

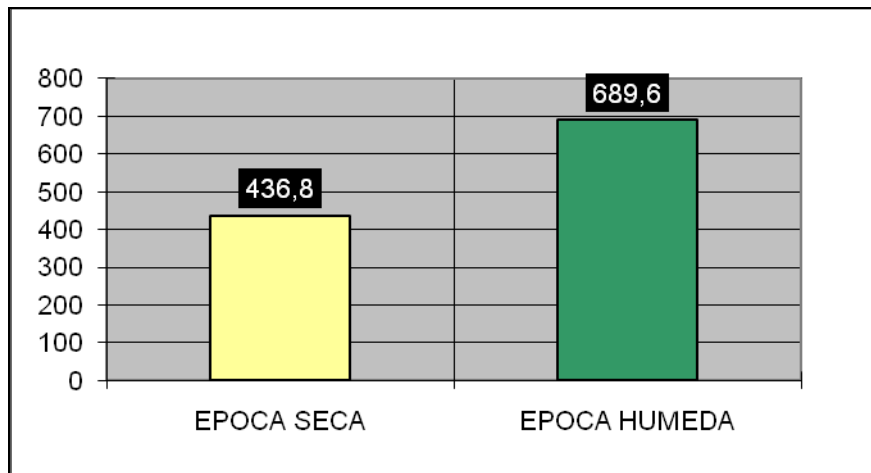


Figura 7. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época del año A.V. tipo Gramadal

El rendimiento de materia seca que alcanza esta asociación es de 436,8 Kg. M.S./ha en época seca y 689,6 Kg M.S./ha en época húmeda. En la provincia Pantaleón Dalence de Oruro en el año 2001, Copa y Espejo obtuvieron 709,92 kg M.S./ha, datos por debajo de los encontrados por Massy (1993) en San José de Llanga, los cuales son de 590.69 Kg M.S./ha y 396.93 Kg de M.S./ha en época húmeda y seca respectivamente.

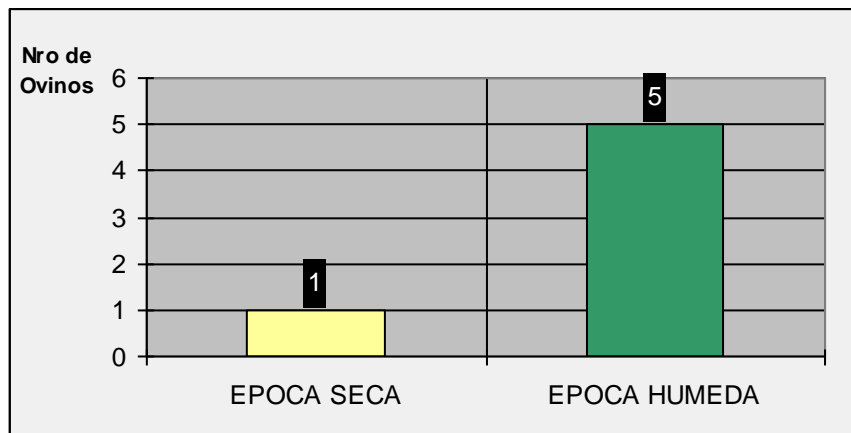


Figura 8. Capacidad de carga ovina vs la época A.V. tipo Gramadal

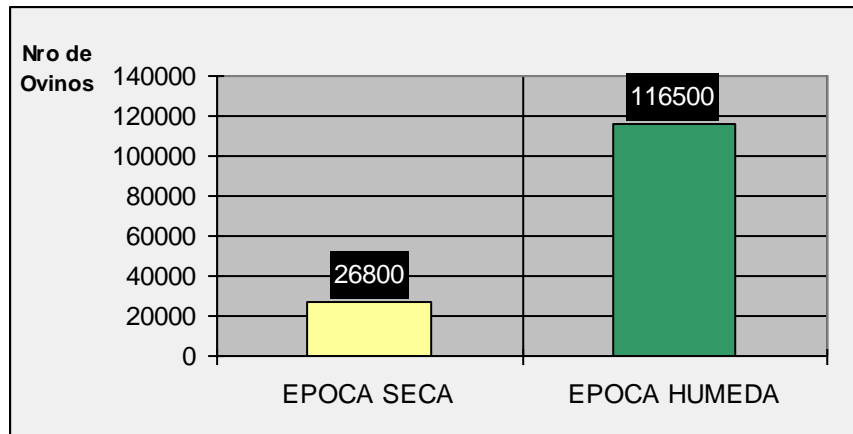


Figura 9. Carga animal en toda la superficie ocupada por la A.V. tipo Gramadal

Con relación a la capacidad de carga animal ovina para esta asociación de acuerdo a las figuras 8 y 9 debemos indicar que la misma llega a 1 UO/ha en época seca y 5 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días; es importante mencionar que Copa y Espejo (2001), obtuvieron 2,53 UO/ha para la misma asociación; por tanto la carga animal para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste alcanza a 26800 ovinos en época seca y 116500 ovinos en época húmeda, por lo que se considera un recurso forrajero importante con una disponibilidad elevada en época húmeda, además de excelente palatabilidad para la ganadería ovina predominante en la zona.



Fotografía 11. Ganado Ovino pastando en un gramadal en cercanías de la comunidad Iswaya

5.3.1.3. ASOCIACION VEGETAL TIPO KAUCHAL

La asociación vegetal tipo kauchal, se desarrolla en unidades de paisaje como las depresiones fluviolacustres y las llanuras eólicas, ocupando 125,65 km², se considera como la tercera de mayor extensión de toda el área de estudio. En el cuadro 7 y figura 10 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 12. Kauchal característico en cercanías de Puñaca

Cuadro 7. Caracterización de la asociación vegetal tipo kauchal en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/Ha | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------|--------------|---|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Suaeda foliosa</i> | Kauchi | 30 | 38 | 46 | 63 | 54 | 37 | 850 | 1730 | 2 | 12 | 25600 | 156200 | Excelente palatabilidad en ambas épocas del año |
| <i>Atriplex sp</i> | Pasto salado | 13 | 17 | | | | | | | | | | | |
| <i>Distichilis humilis</i> | Chiji blanco | 3 | 8 | | | | | | | | | | | |

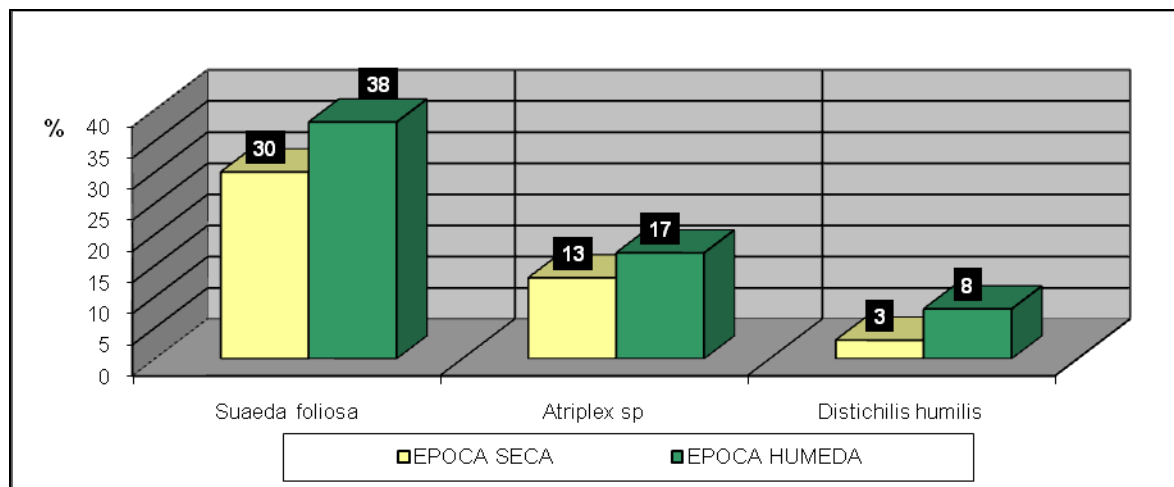


Figura 10. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs época del año A. V. Tipo Kauchal

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por la presencia de la especie *Suaeda foliosa* (Kauchi), con una frecuencia de 30% en época seca el cual incrementa a 38% en época húmeda; seguida por la especie *Atriplex sp* (pasto salado), con una presencia de 13% en época seca el cual incrementa a 17% en la húmeda, también la *Distichilis húmiles* (chiji negro) con una frecuencia de 3% en época seca el cual incrementa a 8% época húmeda.

Alzerreca, (1.997) menciona que este tipo de pradera se encuentran formado asociaciones con otras halófitas de los géneros *Atriplex*, *Salicornia*, *Hordeum*; se caracteriza principalmente por la calidad forrajera que posee la especie *Suaeda foliosa*, al mismo tiempo menciona que nada o muy poco se ha hecho por aprovechar su potencialidad.

Es importante mencionar la regular cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación comprendida en un 46% en época seca y 63% en época húmeda, indicando regulares condiciones de protección al suelo con 54% a 37% de suelo desnudo.

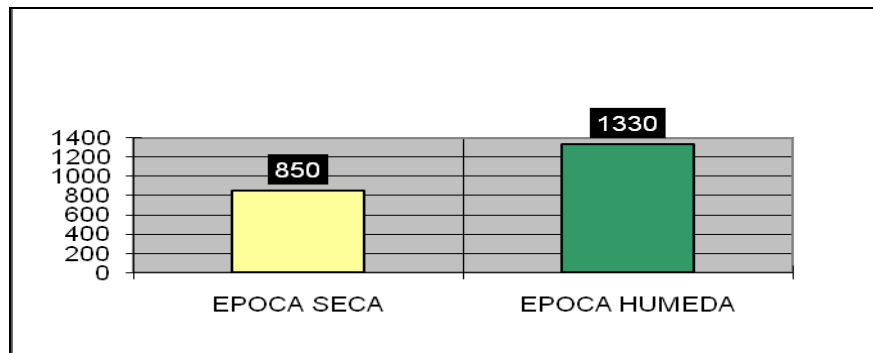


Figura 11. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A. V. Tipo Kauchal

El rendimiento de materia seca según la figura 11 que alcanza esta asociación es de 850 Kg.M.S/ha en época seca y 1330 kg M.S./ha en época húmeda. En relación a la capacidad de carga animal ovina para esta asociación debemos indicar que la misma llega a 2 UO/Ha para época seca y 12 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días ; por tanto la carga animal o capacidad de sostenimiento para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste es de 25600 en época

seca y 156200 UO en época húmeda (figuras 3 y 4), por lo que se considera un recurso forrajero disponible en forma constante durante todo el año. Alzérreca (1997).

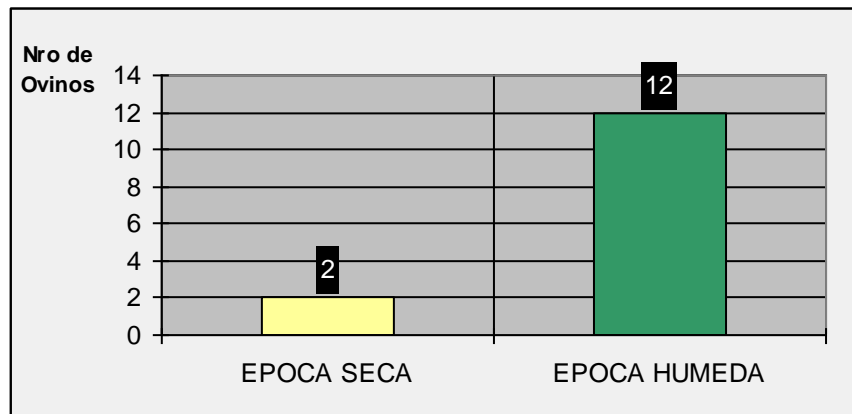


Figura 12. Capacidad de carga ovina vs época del año A. V. Tipo Kauchal

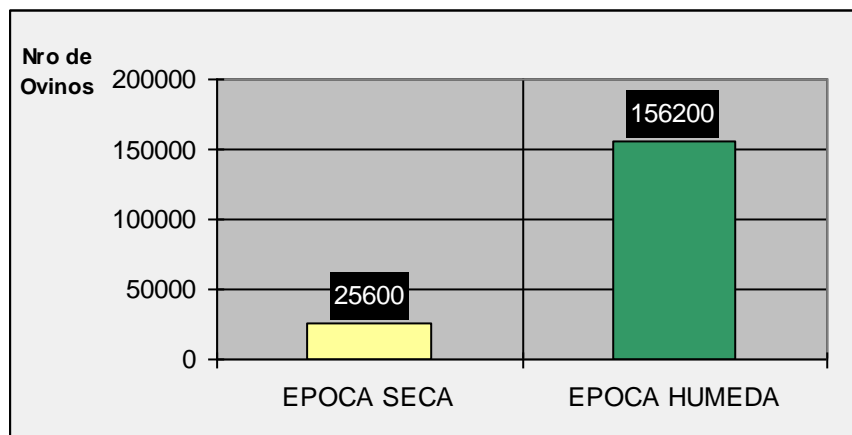


Figura 13. Carga animal vs época del año A. V. Tipo Kauchal



Fotografía 13. Kauchal característico en cercanías de Iswaya

5.3.1.4. ASOCIACIÓN TIPO KAILLAR

Este tipo de asociación se encuentra localizado en unidades de paisaje como ser los pie de monte inferiores, ocupando 108,93 Km² de toda la superficie en estudio, en el cuadro 8 y figura 14 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



**Fotografía 14. Kaillar Tholar pajonal
característico en cercanías de Mina Bolívar**

Cuadro 8. Caracterización de la asociación vegetal tipo kaillar en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA | | CARGA ANIMAL | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Tetraglochin cristatum</i> | Kailla | 22 | 28 | 44 | 64 | 56 | 36 | 450 | 820 | 0.5 | 3 | 5900 | 32100 | Poco palatable en época húmeda pero buena en época seca |
| <i>Bacharis incana</i> | Ñaca thola | 8 | 12 | | | | | | | | | | | |
| <i>Stipa ichu</i> | Sicuya | 6 | 8 | | | | | | | | | | | |
| <i>Distichlis humilis</i> | Chiji blanco | 5 | 8 | | | | | | | | | | | |
| Otras especies | | 3 | 8 | | | | | | | | | | | |

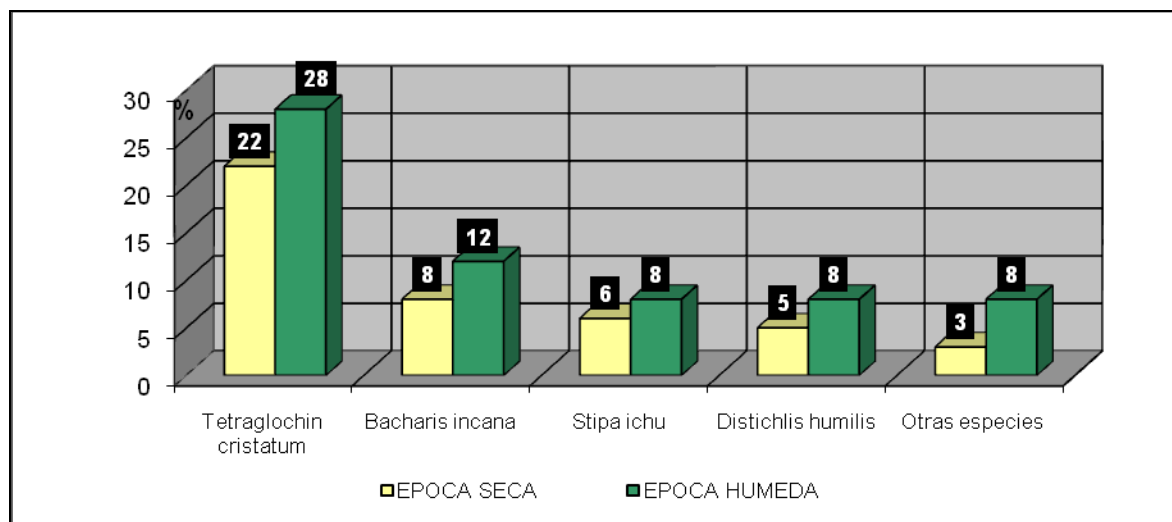


Figura 14. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época A.V. tipo Kaillar

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por la presencia del *Tetraglochin cristatum* (Kailla) con una frecuencia de 22% en época seca el cual incrementa a 28 % en época húmeda; seguida por la especie *Bacharis incana* (Ñaca thola), con una frecuencia de 8% en época seca el cual incrementa a 12% en época húmeda; además de otras gramíneas como la *Stipa ichu* (paja amarilla) y *Distichilis humilis* (chiji blanco), entre otras que se presentan con una frecuencia de 14% en época seca y 24% en la seca.

Copa y Espejo (2001) indican que en la Provincia Pantaleón Dalence (Oruro) esta comunidad vegetal es considerada de transición, en algunos casos llegan a dominar a las gramíneas plurianuales, es una combinación de arbustos y gramíneas, dominadas por el arbusto *Tetraglochin cristatum* (Kailla), combinada con los géneros *stipa* y otras hierbas anuales, en Caquiaviri, Provincia Pacajes (La Paz), según Vargas (2002), menciona que el *Tetraglochin cristatum* (Kailla), se encuentra asociada en diferentes niveles, generalmente con la *Stipa sp*, *Stipa ichu*, además de la *Baccharis incana* además de otras gramíneas de porte bajo.

Es importante mencionar la buena cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación con un 44% en época seca y 64% en época húmeda, indicando regulares condiciones de protección al suelo con 56 a 36% de suelo desnudo. Según Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal posee un rango de 10-50 % de cobertura indicando baja protección del suelo con un 65 - 85% de suelo descubierto, esto debido a la presencia de mayor de la gramínea *Mulenbergia fastigiata*. Copa y Espejo (2001), obtuvieron una cobertura vegetal de 55% para esta misma asociación.

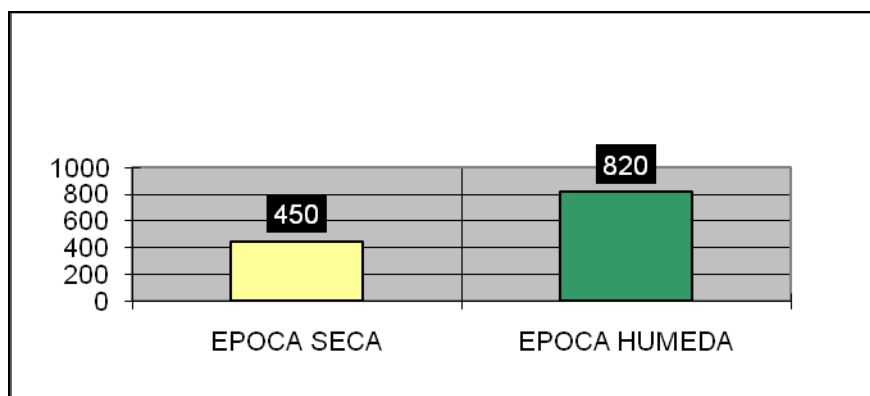


Figura 15. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tipo Kaillar

El rendimiento de materia seca que alcanza llega a 450 Kg. M.S./ha en época seca y 820 kg M.S./ha en época húmeda. Copa y Espejo (2001), obtuvieron rendimientos de 64 kg MS/ha, cuyos resultados son inferiores al obtenido en el presente estudio.

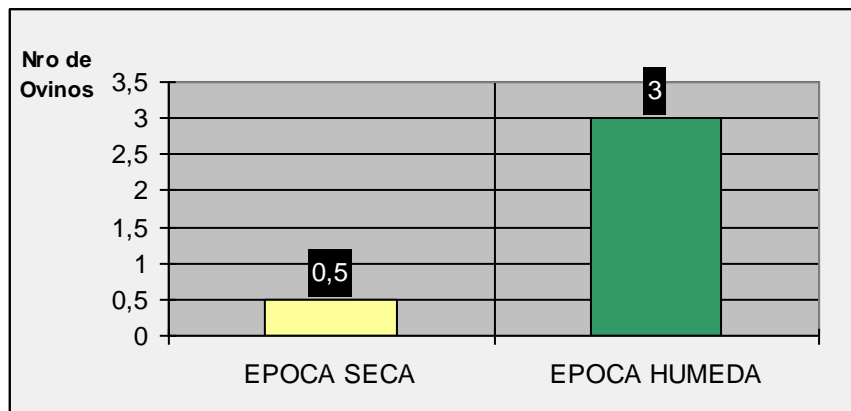


Figura 16. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tipo Kaillar

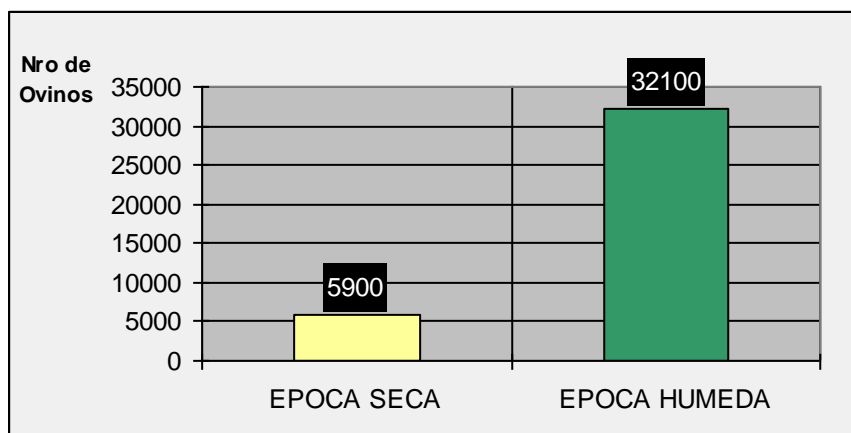


Figura 17. Carga animal vs época del año A.V. tipo Kaillar

En relación a la capacidad de carga animal ovina para esta asociación debemos indicar que la misma llega a 0,5 UO/ha en época seca y 3UO/ha en época húmeda de acuerdo a lo indicado en la figura 16; valores mayores a los obtenidos por Copa y Espejo (2001), que alcanza a 0,25 UO/ha, en tanto que la carga animal para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste alcanza a 5900 UO en época seca y 32100 UO en época húmeda, Este tipo de asociación es considerada importante por los productores ganaderos por que proporciona alimento durante la época seca, ello debido a la presencia del *Tetraglochin cristatum* (Kailla).

5.3.1.5. ASOCIACION VEGETAL PAJONAL DE PAJA BRAVA

El pajonal de paja brava, ocupa una extensión de 64,99 Km², se encuentra desarrollado principalmente en paisajes fisiográficos como pie de monte inferiores y los abanicos aluviales. En el cuadro 9 y figura 18 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 15. Pajonal de Festuca orthophylla característico en cercanías de la comunidad Copavinto

Cuadro 9. Caracterización de la asociación vegetal tipo pajonal de paja brava en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/Ha | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------|--------------|--------------------|--------------|--|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA A SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Festuca orthophylla</i> | Paja brava | 28 | 35 | 58 | 75 | 42 | 25 | 340 | 950 | 0,5 | 5,7 | 3300 | 37000 | Menor palatabilidad en época seca a comparación de la húmeda |
| Otras de porte bajo | - | 15 | 28 | | | | | | | | | | | |
| Mantillo | - | 15 | 12 | | | | | | | | | | | |

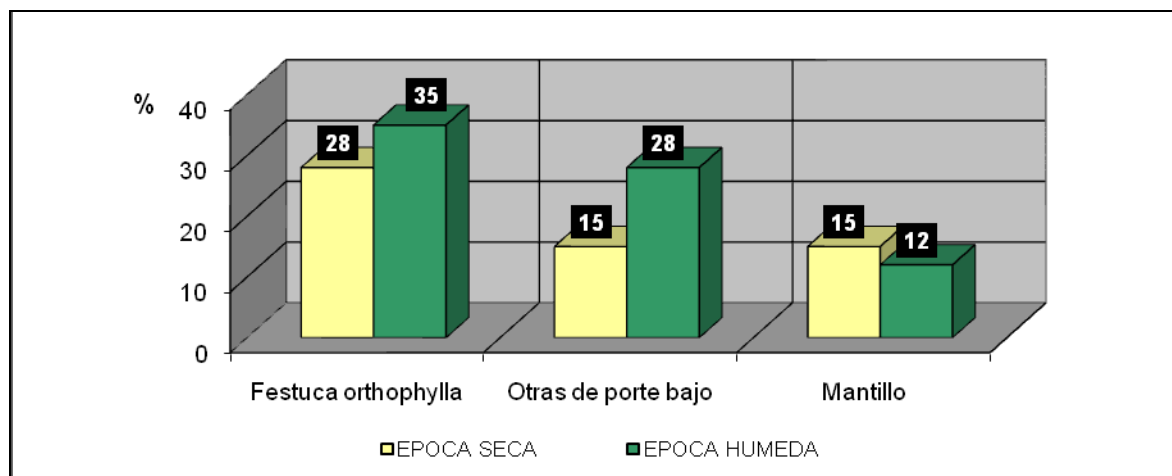


Figura 18. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs época del año A.V. tipo Pajonal de Paja Brava

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por la presencia de la gramínea *Festuca orthophylla* (paja brava), con una frecuencia de 28% en época seca el cual incrementa a 35% en época húmeda; seguida por otras especies de porte bajo con una frecuencia de 15% en época seca y 28% en época húmeda.

Alzerreca (1997), menciona que estos gramíneas abiertos dominados por *Festuca orthophylla* “Iru ichu”, “Paja Brava”, pasto macollador, tufoso, hojas involutas duras de escaso valor forrajero, pero importante para llamas y vacunos, praderas frecuentemente quemadas para inducir el rebrote y consiguiente pastoreo, otras plantas de este tipo de pradera son: la gramínea anual *Bouteola simplex* “Llapa”, *Muhlenbergia peruviana* “Llapa orko”, *Malvastrum sp.* “Kora” y en menor cantidad *Stipas* y *Calamagrostis*. Al mismo tiempo Copa y Espejo (2001) indican que en la Provincia Pantaleón Dalence (Oruro) esta comunidad vegetal es dominada por la gramínea *Festuca orthophylla* “Iru ichu” como también indica Vargas (2002), para el Municipio de Caquiaviri.

La cobertura vegetal que caracteriza esta pradera esta comprendida en el rango de 58% en época seca y 75% en época húmeda, indicando regulares condiciones de protección al suelo. Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal posee un rango de 25 – 75% de cobertura indicando regulares a buenas condiciones de protección del suelo con un 49 - 64% de suelo descubierto; además Copa y Espejo (2001), obtuvieron una cobertura vegetal de 86% para esta misma asociación.

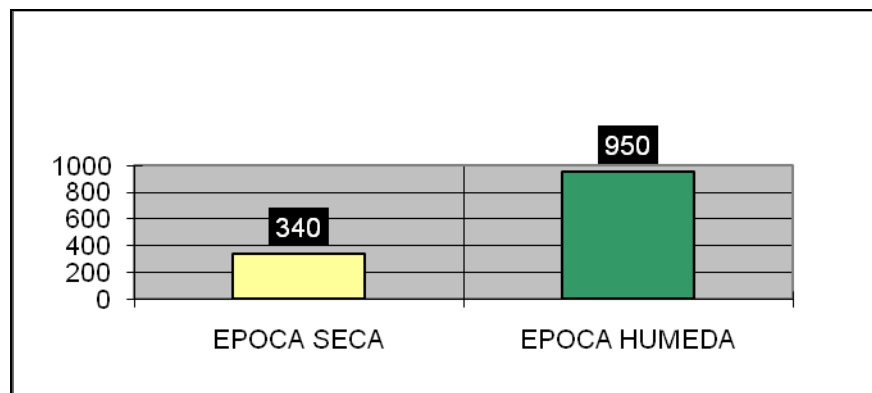


Figura 19. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tipo Pajonal de Paja Brava

En la figura 19 se presenta el rendimiento de materia seca que alcanza esta asociación llega a 340 Kg. M.S/Ha en época seca y 950 kg M.S./ha en época húmeda, los cuales son menores a los encontrados por Massy (1993) en San José de Llanga, alcanzando 1812.25 Kg de M.S/ha en época seca y 2297.05 Kg de M.S/ha. Vargas (2007), determinó en la época seca en el municipio de Caquiaviri, la asociación "iru ichu", es una de las de menor producción con solo 1000 kg M.S./ha para la asociación "iru ichu".

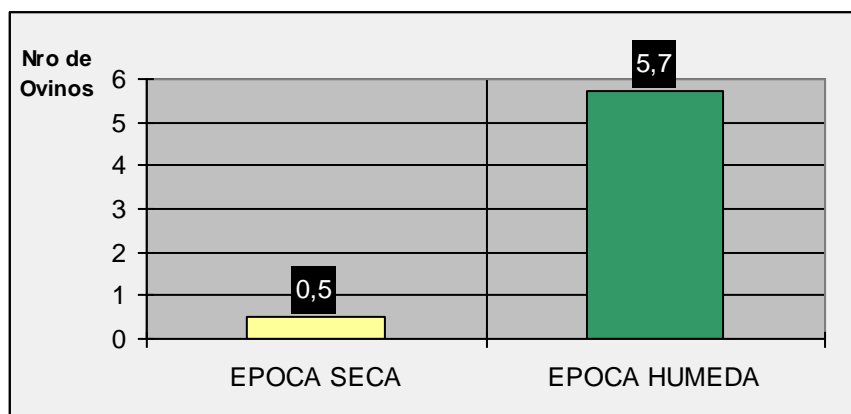


Figura 20. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tipo Pajonal de Paja Brava

En relación a la capacidad de carga animal ovina (figura 20) para esta asociación debemos indicar que la misma llega a 0,5 UO/ha para época seca y 5,7 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días; aunque Copa y Espejo (2001), solamente obtuvieron 0,52 UO/ha, al respecto Vargas (2007), menciona que esta asociación puede soportar hasta 2,4 UO/ha. En la figura 21 se presenta la carga animal para ovinos.

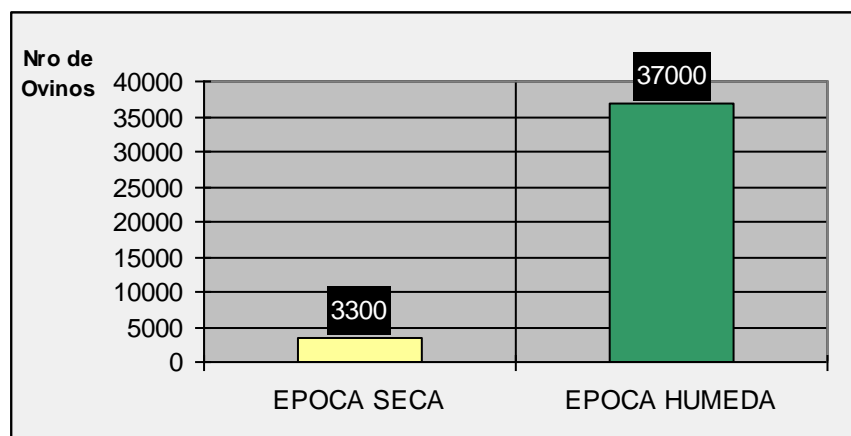


Figura 21. Carga animal vs época del año A.V. tipo Pajonal de Paja Brava

La carga animal para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste alcanza a 3300 UO en época seca y 37000 UO en época húmeda, por lo que se considera un recurso forrajero importante en la época húmeda, debido al incremento considerable de forrajes muy palatables de porte bajo como son: *Bouteloua simplex*, *Muhlenbergia peruviana* y el *Trifolium amabile*, además del rebrote de la *Festuca orthophylla*; pero dicha importancia disminuye a medida que avanza la época seca; lo indicado anteriormente es corroborado por Vargas (2007), quien indica que este tipo de asociación incrementa su valor forrajero en la época lluviosa donde existe la presencia de especies palatables como la *Muhlenbergia fastigiata* (chiji negro) y el *Trifolium amabile* (layu layu).



Fotografía 16. Pajonal de *Festuca orthophylla* característico en cercanías de la comunidad de Tolapampa

5.3.1.6. ASOCIACIÓN VEGETAL KOTAL

La asociación vegetal tipo Kotal, ocupa una extensión de 55,98 Km², se encuentra desarrollado principalmente en paisajes fisiográficos como llanura fluvio lacustre y los abanicos aluviales. En el cuadro 10 y figura 22 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 17. Kotal característico en cercanías de Puñaca

Cuadro 10. Caracterización de la asociación vegetal tipo kotal en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (% ⁹) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/Ha | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------|--------------|--|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Anthobrium sp.</i> | Kota | 39 | 45 | 62 | 78 | 38 | 22 | 1910 | 3120 | 1 | 7,5 | 6400 | 41800 | Es palatable solamente en caso de sequía |
| Otras especies | - | 5 | 10 | | | | | | | | | | | |
| <i>Festuca orthophila</i> | Paja brava | 5 | 8 | | | | | | | | | | | |
| <i>Mulenbergia fastigiata</i> | Chiji negro | 5 | 10 | | | | | | | | | | | |
| Mantillo | - | 8 | 5 | | | | | | | | | | | |

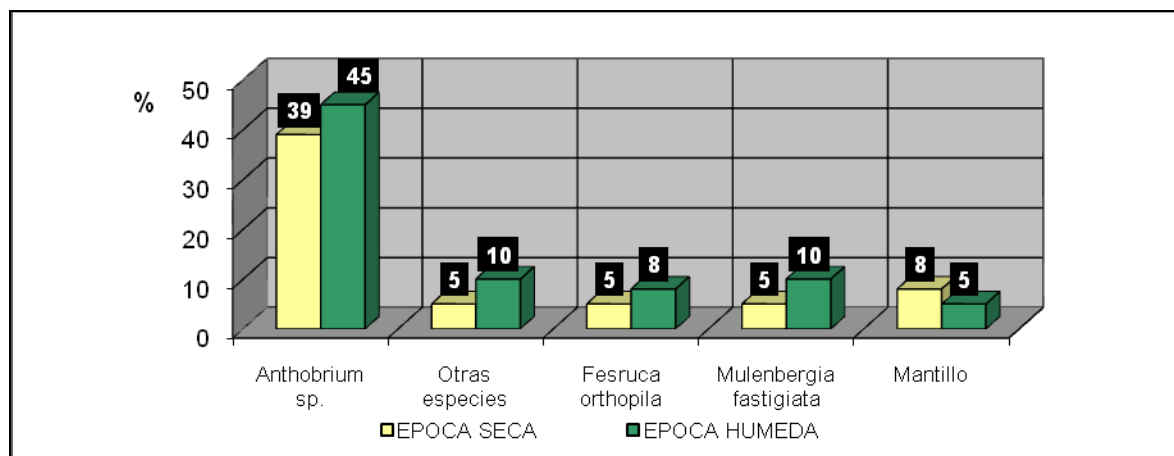


Figura 22. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época del año A.V. tipo Kotal

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por la presencia de la especie *Anthobrium* sp.(Kota), con una frecuencia de 39% en la época seca el cual incrementa a 45% en época húmeda; seguida por la *Festuca orthóphilla* (paja brava), con una frecuencia de 5% en época seca el cual incrementa a 8% en la húmeda, también la especie *Muhlenbergia fastigiata* con una frecuencia de 5% en época seca y 10% en época húmeda; además de otras gramíneas de porte bajo con 5 a 10% de frecuencia y por último un mantillo que se presenta con un 8 a 5%.

Es importante mencionar la regular cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación que va de 62% en época seca y 78% en época húmeda, indicando regulares condiciones de protección al suelo con 38% a 22% de suelo desnudo.

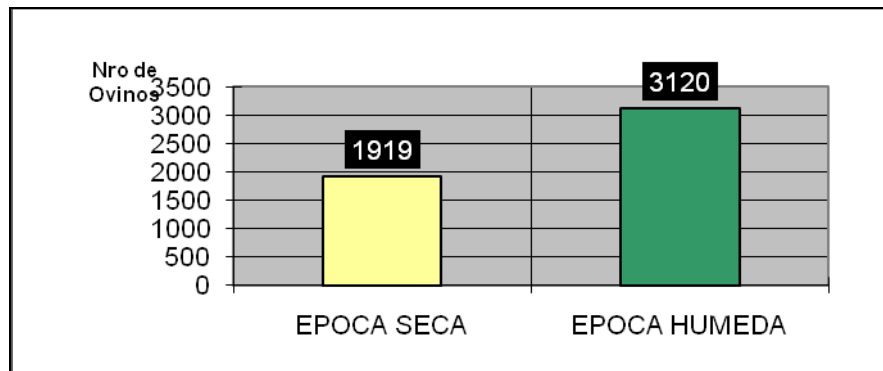


Figura 23. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tipo Kotal

El rendimiento de materia seca alcanza 1910 Kg. M.S./ha en época seca y 3120 kg M.S. /ha en época húmeda (Figura 23), datos muy elevados en comparación de otras asociaciones vegetales, sin embargo es importante indicar que no posee muchas cualidades en cuanto a su palatabilidad.

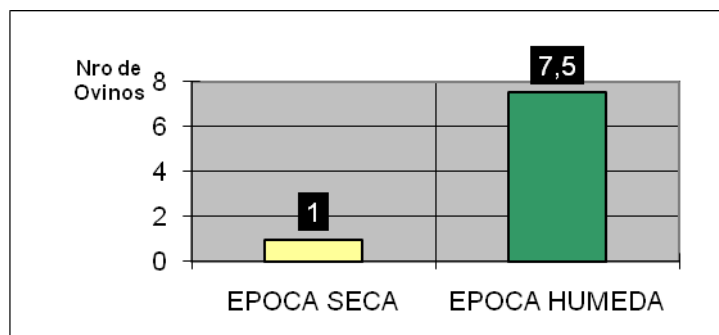


Figura 24. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tipo Kotal

En relación a la capacidad de carga animal ovina debemos indicar que llega a 1 UO/Ha para época seca y 7,5 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días.

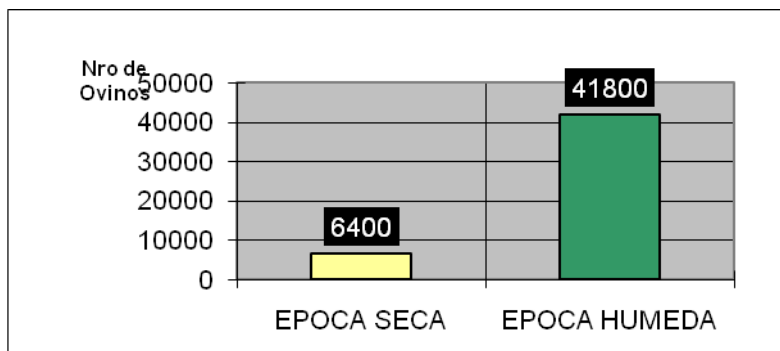


Figura 25. Carga animal vs época del año A.V. tipo Kotal

La carga animal o capacidad de sostenimiento para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste es de 6400 UO en época seca y 41800 UO en época húmeda, según la figura 25, se considera como una asociación disponible para las épocas secas, debido a la presencia del *Anthobrium sp.* (Kotal). Por último es importante mencionar que este tipo de asociación vegetal es propio de zonas áridas, de las cuales se tiene poco conocimiento.



Fotografía 18. Kotal característico en cercanías

5.3.1.7. ASOCIACIÓN THOLAR PAJONAL DE SICUYA

La asociación vegetal tipo thólar pajonal de sicuya ocupa una extensión de 41.92 Km², se encuentra desarrollado principalmente en paisajes fisiográficos como pie de monte superiores y las colinas bajas. En el cuadro 11 y figura 26 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 19. Tholar pajonal de sicuya característico en cercanías de villa Poopo

Cuadro 11. Caracterización de la asociación vegetal tipo tholar pajonal de sicuya, en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/Ha | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------|--------------|---|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Bacharis incana</i> | Ñaca thola | 21 | 28 | 52 | 75 | 48 | 25 | 490 | 1210 | 1 | 7 | 3700 | 30400 | Poco palatable en época seca pero buena en época húmeda |
| <i>Stipa ichu</i> | Sicuya | 15 | 20 | | | | | | | | | | | |
| <i>Tetraglochin cristatum</i> | Kailla | 7 | 10 | | | | | | | | | | | |
| <i>Distichlis humilis</i> | Chiji blanco | 4 | 7 | | | | | | | | | | | |
| Otras | - | 5 | 10 | | | | | | | | | | | |

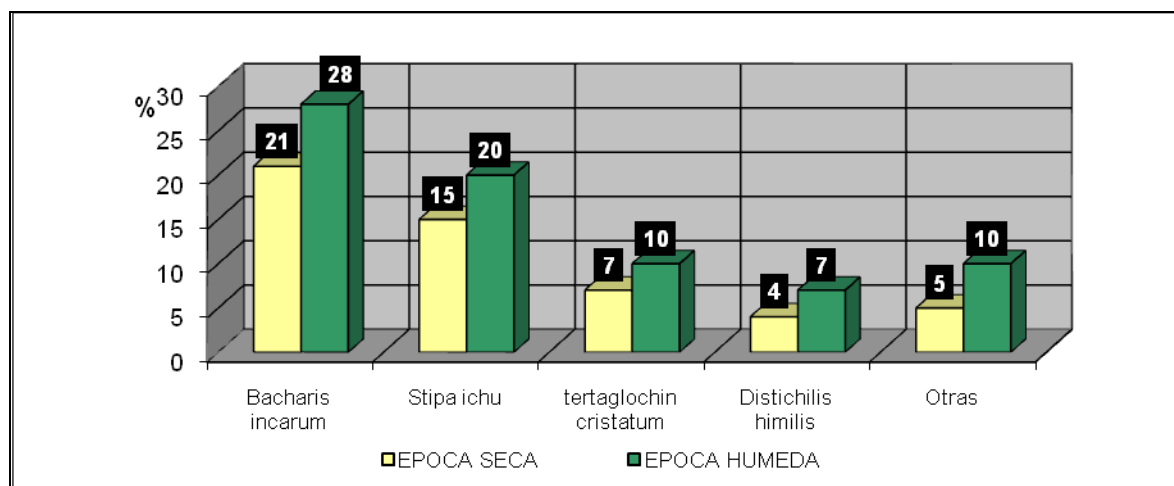


Figura 26. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época A.V. tholar pajonal de sicuya

La asociación tholar pajonal de sicuya se caracteriza por presentar una composición florística particular de *Bacharis incana* (Ñaca thola) con una frecuencia de 21% en época seca el cual incrementa a 28 % en época húmeda; seguida por la *Stipa ichu*, con una frecuencia de 15% en época seca el cual incrementa a 20% en época húmeda; además de otras especies como *Tetraglochin cristatum* (Kailla) y la *Distichlis humilis* (Chiji blanco), con una presencia de 9 a 17%.

Alzerreca, (1997) menciona que los tholares, forman varias clases de campos nativos, con cambios relativos en su composición florística, donde la *Parastrephia lepidophylla*, es considerada la más importante, asociada con *Baccharis*, *Asdemias*, *Stipas*, *Festucas*, además de algunas hierbas anuales y cactáceas. Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal se encuentra dominada por la *Stipa ichu* (sicuya), arbustos de *Bacharis incana* (Ñaca thola) y *Tetraglochin cristatum* (Kailla), además de *Distichlis humilis* (Chiji blanco), *Muhlebergia fastigiata* (Chiji negro), *calamagrostis vinacunarum* y *Trifolium amabile*.

La cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación alcanza a un 52% en época seca y 75% en época húmeda, indicando regulares condiciones de protección al suelo con 48 a 25% de suelo, al respecto Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal posee un rango de 5 – 25% de cobertura indicando malas condiciones de protección del suelo con un 77- 91% de suelo descubierto.

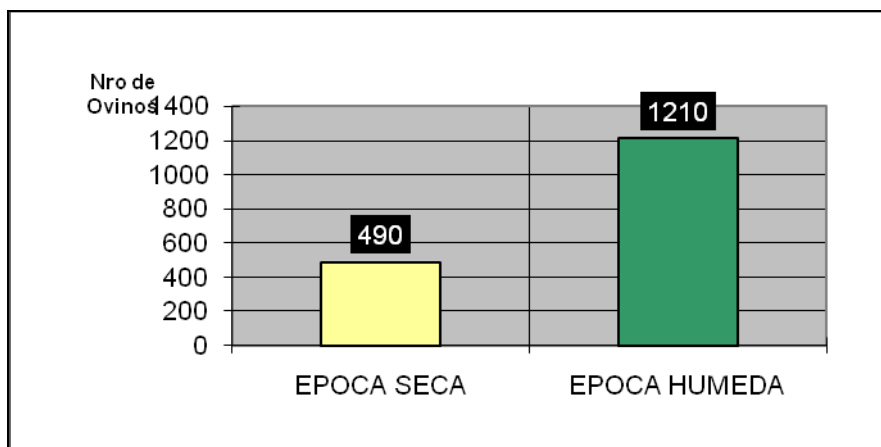


Figura 27. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. tholar pajonal de sicuya

El rendimiento de materia seca que alcanza es de 490 Kg. M.S./Ha en época seca y 1210 kg M.S./Ha en época húmeda, datos menores a los obtenidos por Vargas (2007), quien obtuvo para época seca 2611Kg M.S./Ha para el municipio de Caquiaviri.

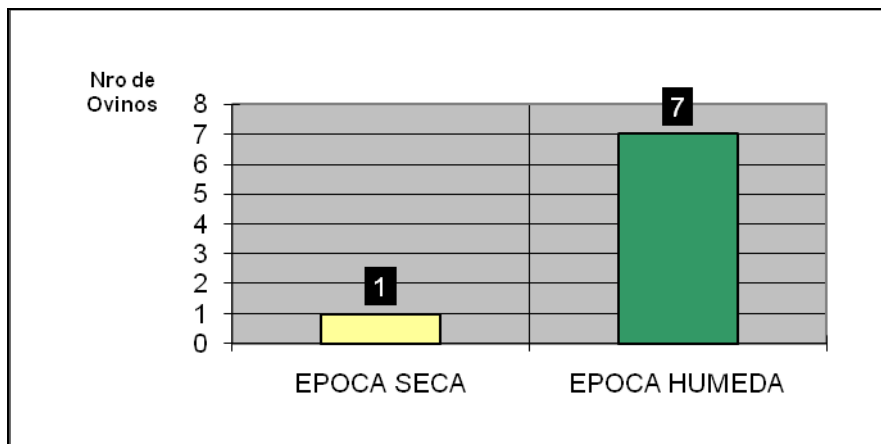


Figura 28. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. tholar pajonal de sicuya

En relación a la capacidad de carga animal ovina (Figura 28) para esta asociación debemos indicar que la misma llega a 1 UO/Ha para época seca y 7 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días, datos cercanos a los encontrados por Vargas (2007) quien para época seca obtuvo 1,6 UO/Ha.

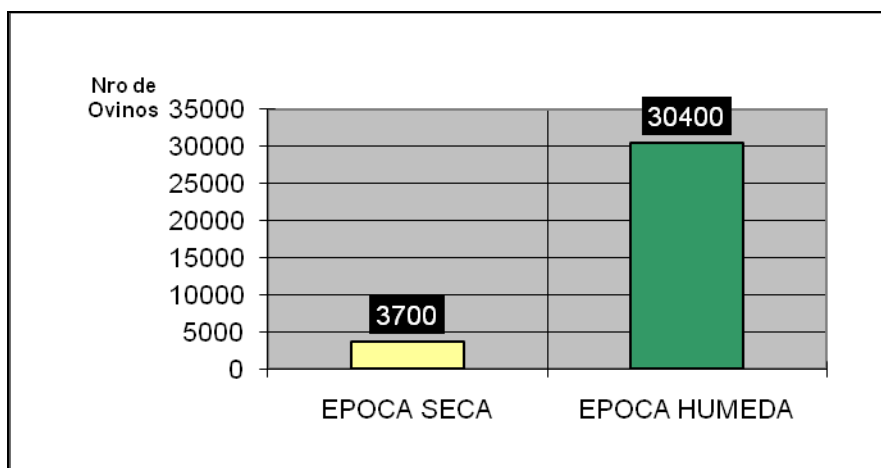


Figura 29. Carga animal vs época del año A.V. tholar pajonal de sicuya

La carga animal o capacidad de sostenimiento para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste es de acuerdo a la figura 29 es de 3700 UO en época seca y 30400 UO en época húmeda, por lo que se considera un recurso forrajero importante debido a la presencia de especies muy palatables de porte mediano desde 0 a 100 cm de alto, Vargas (2007), menciona que en Caquiaviri esta asociación es utilizada por los productores, para pastorear el ganado en época húmeda, de esta manera aprovechar la mayor cantidad de especies herbáceas blandas, que rebrotan en esta asociación, sin desmerecer la presencia de la thola.

5.3.1.8. ASOCIACION VEGETAL CHILLIWAR

La asociación vegetal tipo chilliwar ocupa una extensión de 35 Km², se encuentra desarrollado principalmente en paisajes fisiográficos como pie de monte inferior y las colinas bajas. En el cuadro 12 y figura 30 describimos las principales características de esta asociación en dos épocas del año (seca y húmeda).



Fotografía 20. Ciliar característico en cercanías de Tolapampa

Cuadro 22. Caracterización de la asociación vegetal tipo Chillihuar, en dos épocas del año (seca y húmeda) en el sector oeste del Municipio de Poopo.

| COMPOSICIÓN Y NOMBRE CIENTÍFICO DE ESPECIES PREDOMINANTES | NOMBRE COMÚN | FRECUENCIA (%) | | COBERTURA (%) | | SUELO DESCUBIERTO (%) | | RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg. M.S./Ha) | | CAPACIDAD DE CARGA OVINA UO/Ha | | CARGA ANIMAL UO/Ha | | PALATABILIDAD |
|---|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|--------------|---|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------------------------|
| | | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | EPOCA SECA | EPOCA HUMEDA | |
| <i>Festuca dolichophylla</i> | Chilliwa | 30 | 38 | 58 | 80 | 42 | 20 | 990 | 2210 | 2 | 16 | 8300 | 55600 | Palatable durante todo el año |
| <i>Calamagrostis vinacunarum</i> | Crespillo | 15 | 20 | | | | | | | | | | | |
| <i>Mulenbergia fastigiata</i> | Chiji negro | 8 | 12 | | | | | | | | | | | |
| <i>Lachemilla pinnata</i> | Sillu-sillu | 5 | 10 | | | | | | | | | | | |

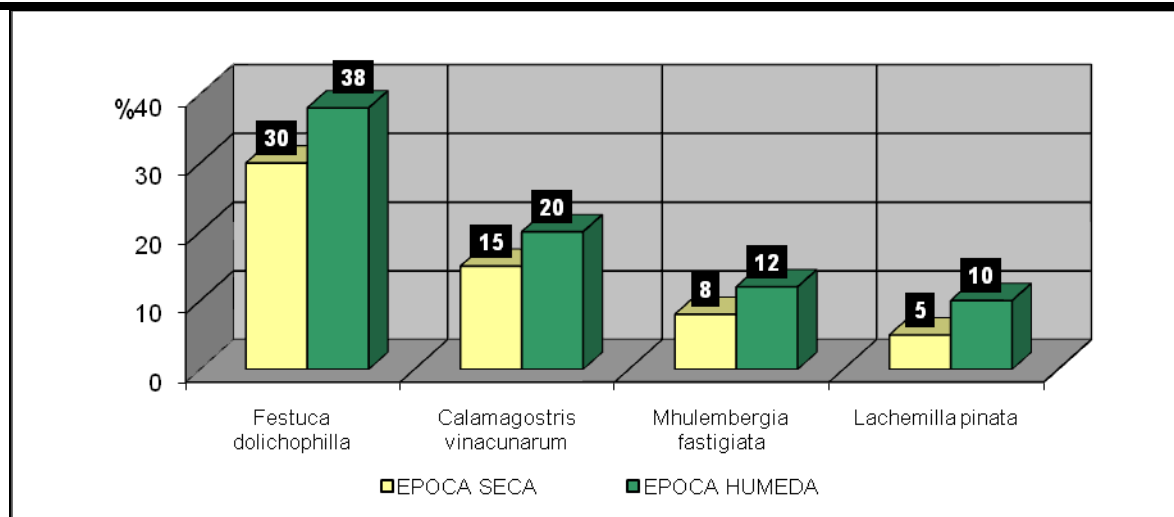


Figura 28. Frecuencia (%) de cada una de las especies vs la época A.V. Chillihuar

Este tipo de asociación vegetal se caracteriza por la presencia de la *Festuca dolichophylla* (chillihua), con una frecuencia de 30% durante la época seca el cual incrementa a 38 % en época húmeda; seguida por el *Calamagrostis vinacunarum* (crespillo), con una frecuencia de 15% en época seca el cual incrementa a 20% en época húmeda; además de otras sp como la *Mulenbergia fastigiata* (chiji negro) y la *Lachemilla pinnata* (silla - silla) con 13% de presencia en época seca y 22% en la húmeda.

Alzerreca, (1997) menciona que este tipo de asociación es dominada por la gramínea *Festuca dolichophylla* (chillihua), además de otras especies de porte bajo como *Mulenbergia fastigiata* (chiji negro), *Lachemilla pinnata* (sillu - sillu) y ocasionalmente el *Trifolium amabile* (layu –layu). Al mismo tiempo Copa y Espejo (2001) indican que en la Provincia Pantaleón Dalence (Oruro) esta comunidad vegetal es dominada por la gramínea *Festuca dolichophylla* (chillihua), seguida por la *Festuca incospicua* y la *Muhlenbergia peruviana*.

Es importante destacar la buena cobertura vegetal que caracteriza a esta asociación comprendida en un 58% en época seca y 80% en época húmeda, indicando buenas condiciones de protección al suelo con 42% a 20% de suelo desnudo. Vargas (2002), menciona que esta comunidad vegetal posee un rango de 50 – 75% de cobertura indicando buenas condiciones de protección del suelo contra efectos erosivos con un 35% de suelo descubierto, Copa y Espejo (2001), obtuvieron una cobertura vegetal de 66,2% para esta misma asociación.

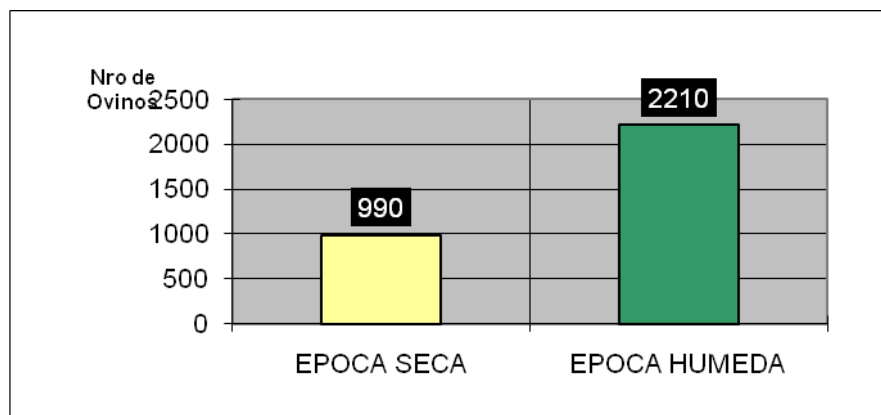


Figura 29. Rendimiento de Materia seca/ha vs la época A.V. Chillihuar

El rendimiento de materia seca que alcanza a 990 Kg. M.S./Ha en época seca y 2210 kg M.S./ha en época húmeda (Figura 31), datos menores a los obtenidos por Anagua (2002), en la provincia Aroma de La Paz, que llegó a obtener hasta los 2200 kg M.S. /ha en época seca y 3200 kg M.S./ha en la húmeda, también Vargas (2007), obtuvo para la época seca 2808 a 3617 Kg M.S. /ha en el municipio de Caquiaviri.

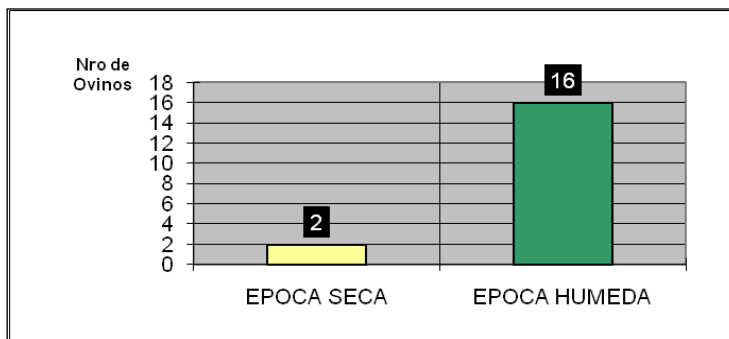


Figura 30. Capacidad de carga ovina vs época del año A.V. Chillihuar

En relación a la capacidad de carga animal ovina para esta asociación debemos indicar que la misma llega a 2 UO/ha para época seca y 16 en la húmeda, considerando que la primera época dura 240 días y la segunda 120 días, datos cercanos a los valores estimados por Vargas (2007) quien para la época seca obtuvo de 10 a 13 UO/ha.

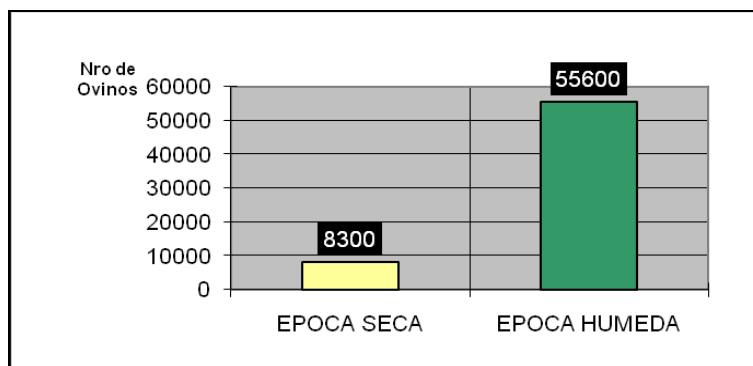


Figura 31. Carga animal vs época del año A.V. Chillihuar

Respecto a la carga animal (figura 33) para esta asociación vegetal en el municipio de Poopo sector Oeste es de 8300 UO en época seca y 55600 UO en época húmeda, por lo que se considera un recurso forrajero importante debido a la presencia de especies muy palatables de porte mediano que va de 0 a 50 cm de alto, Vargas (2007), menciona que esta asociación considerada la mas importante para la alimentación del ganado en el municipio de Caquiaviri, debido a su palatabilidad además de su disponibilidad como forraje en época seca.

5.4. DESCRIPCIÓN EDAFOLÓGICA

5.4.1. Características edafológicas de la asociación vegetal tipo pajonal de sicuya

Como se observa en el A1, la denominación a la que corresponde es de *Atorren lítica*, clasificada dentro de la generalización amplia como **Entiso**, característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3850 m.s.n.m., muy escarpados é inclinados ubicados fisiográficamente en serranías bajas, medias y altas con pendientes arriba de 30%, caracterizada por la presencia de pajonales de tipo sicuya además de ser suelos recientes, de climas secos usualmente calientes en verano.

Existe la presencia de Areniscas y rutitas intemperizadas, con drenaje malo, seco y excesivamente pedregoso con signos de erosión fuerte en surcos y cárcavas sin presencia de sales y álcalis además de una baja influencia humana. La descripción de las propiedades físicas del se presenta en el cuadro 13.



Fotografía 21. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo pajonal de sicuya

Cuadro 13. Descripción de propiedades físicas (I) de suelos A.V. tipo pajonal de sicuya

| HORIZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|-----------|-----------|----------------------------------|-------------------------------|-------|---------------------------|-------------------|------|---------|----------------|-----------|
| | | seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| | | | | | | | | | | |
| A1 | 0 -26 | 10 YR 7/4 Naranja amarillento | 10 YR 5/6 Café amarillento | 5 | 10 YR 8/1 Beige pálido | 78,40 | 4,00 | 17,60 | FA | 54,93 |
| A2 | 26 – 40 | 10 YR 5/4 Café amarillento | 10 YR 4/6 Café amarillento | - | - | 72,80 | 9,60 | 17,60 | FA | 56,40 |
| B | 40 -63 | 10 YR 7/4 Naranja amarillento | 10 YR 5/6 Café amarillento | - | - | 80,80 | 0,00 | 19,20 | FA | 79,29 |
| C | >63 | 10 YR 5/3 Café parduzco | 10 YR 3/4 Café parduzco | - | - | 78,80 | 2,00 | 19,20 | FA | 87,38 |

Como se observa en el cuadro 13, este suelo posee cuatro horizontes bien diferenciados, los cuales van de naranja amarillento (10 YR 7/4) a café parduzco (10 YR 5/3) en seco y de café amarillento (10 YR 5/6) a café parduzco (10 YR 3/4) en húmedo, además de presentarse moteos del 5% color beige pálido (10 YR 8/1) en el primer horizonte, lo cual indica una leve reducción debido a la rápida pérdida de humedad retenida en el suelo.

La textura característica de este suelo es la franco arenosa (FA), la misma que se encuentra presente en la totalidad de los horizontes con una variación leve de limo que va de 0 a 9,6%; al mismo tiempo es importante mencionar el elevado porcentaje de grava que se incrementa a medida que el suelo es más profundo de 54, 93% a 87,38%, dando como resultado suelos muy pedregosos.

Al respecto Oroz, (2001) menciona que las serranías se hallan formados por suelos in situ, a partir de areniscas y lutitas, son superficiales y excesivamente drenados, con moderada erosión en surcos y cárcavas, con afloramientos rocosos, de color pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/4), textura arenosa y sin estructura, clasificadas como *Litic Ustorthents* (Entisol).

Cuadro 14. Descripción de propiedades físicas (II) de suelos A.V. tipo pajonal de sicuya

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | Porosidad | Raíces | Pedregosidad |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|----------|---------|-----------------------------------|---------|--------|---------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,47 | 2,63 | Bloque sub angular | moderado | mediano | Ligerament e plástico y adherente | friable | duro | Frecuent es y finos | Poca presenc ia de finas y gruesas | Abundantes rocas y piedras |
| 1,56 | 2,50 | - | - | - | No adherente y plástico | suelto | blando | - | - | Abundantes rocas y piedras |
| 1,61 | 2,63 | - | - | - | Ligerament e adherente y plástico | suelto | blando | - | - | Abundantes rocas y piedras |
| 1,67 | 2,63 | - | - | - | No adherente y plástico | suelto | blando | - | - | Abundantes rocas y piedras |

De acuerdo a resultados indicados en el cuadro 14, la estructuración se encuentra presente solamente en el horizonte más superficial A1, el cual es de tipo bloque sub angular, moderado y mediano, con una densidad aparente de 1,47 gr/cm³ y una real de 2,65 g/cm³, además de una consistencia ligeramente plástica y adherente, friable y dura, lo anterior indica que este horizonte se caracteriza por ser poco resistente a las labores culturales o pisoteo de animales; con respecto a los otros horizontes presentan ausencia de estructuración lo cual es una gran limitante. Con respecto a la porosidad y a la presencia de raíces éstas son frecuentes y van de finas a gruesas además de estar presentes solamente en el primer horizonte A1.

Vargas (2002), indica que esta comunidad vegetal en Caquiaviri (La Paz), se desarrolla en planicies suavemente inclinadas (1-2%), además Orsag (1993), indica que los suelos poseen una textura franco arcillosa, considerándose como suelos buenos, pero con presencia de erosión hídrica y eólica.

Cuadro 15. Descripción de las propiedades químicas de suelos A.V. tipo pajonal de sicuya

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/1 00gS ^a | CIC Meq/ 100g S ^a | Sat. Bas % | Mat.Or g. % | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|-------------|----------------|------------------|-----------------------------|------------------------------|------------|-------------|-----------|---------------|
| | | | En agua 1:5 | En CIK 1N 1:05 | | | | | | | |
| A1 | 0 -26 | A | 6,19 | 5,53 | 0,165 | 3.83 | 4.12 | 93.0 | 0,67 | 0,06 | 7.25 |
| A2 | 26 – 40 | A | 6,60 | 6,35 | 0,197 | 5.20 | 5.51 | 94.4 | 0,38 | 0,03 | 7.70 |
| B | 40 -63 | A | 6,36 | 6,29 | 0,245 | 2.75 | 2.87 | 95.8 | 0,51 | 0,04 | 10.98 |
| C | >63 | P | 7,14 | 6,96 | 0,15 | 2.01 | 2.31 | 96.2 | 0.22 | 0.02 | 11.15 |

Como muestra el cuadro 15, este suelo no presenta carbonatos a excepción del horizonte más inferior (C), lo cual indica un constante lavado de nutrientes provenientes del material parental; los valores de pH son descritos con la siguiente grafica:

Como se observa en el cuadro 15 y la figura 32, el suelo posee un pH tanto en agua como en CIK que van de ligeramente básico a básico (7.18 – 8.18). Es importante mencionar que el pH, incrementa su valor a medida que desciende la profundidad, por lo que los horizontes inferiores son los que poseen pH más básicos, debido al escurrimiento y la erosión eólica superficial.

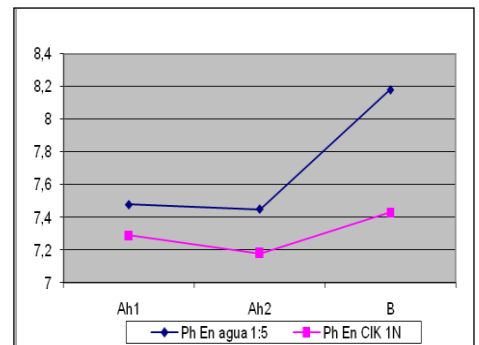


Figura 32. Ph en A.V. Pajonal de Sicuya

La conductividad eléctrica según muestra el Figura 33, disminuye de acuerdo a la profundidad, con mayor presencia de sales en el horizonte Ah1 con un valor de 7.79 ds/m 25°C, lo cual indica una elevada eluviación queda como resultado la formación de capas salinas debido a la rápida pérdida de humedad en época seca, dando como resultado suelos salinos.

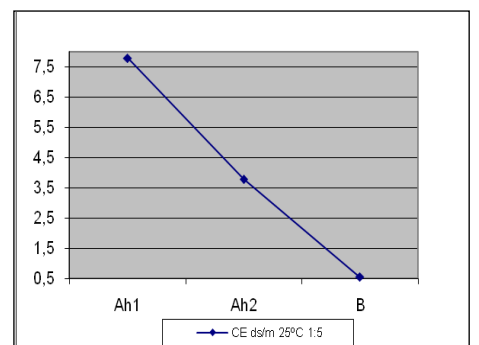


Figura 33. Ce en A.V. Pajonal de Sicuya

La capacidad de intercambio cationico (CIC), tiene valores según muestra la figura 36, siendo un máximo de 5.51 meq/ 100 gr suelo en el horizonte A2 a un mínimo de 1.49 meq/ 100 gr. De suelo, que indica a mayor profundidad, menor capacidad de cationes intercambiables, por tanto menor fertilidad, en general este suelo tiene un elevado porcentaje de saturación de bases con un 93%, al mismo tiempo los valores de CIC son relativamente bajos dando como resultado un suelo pobre en cationes.

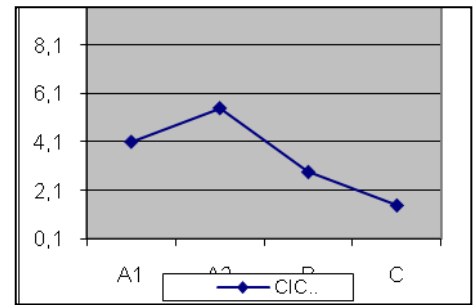


Figura 34. Cic en A.V. Pajonal de Sicuya

Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes presentando un porcentaje mayor en el primer horizonte A1 con un valor de 0.67, lo cual indica un suelo con deficiente contenido orgánico corroborado por los colores claros que presentan y su débil estructuración.

El contenido de nitrógeno disminuye de acuerdo a la profundidad de cada horizonte, teniendo variaciones desde 0.06% hasta 0.02%, lo cual indica que la presencia de este elemento es deficiente. Al contrario de lo anterior, la cantidad de fósforo asimilable se incrementa con la profundidad con valores que fluctúan de 7.25 a 11.15 ppm, lo cual nos indica que el material parental posee elevado contenido de potasio que disminuye con la intemperización.

Por lo anteriormente mencionado este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase VI v, c, e, t, s**, por presentar severas limitaciones para el pastoreo con limitaciones específicas de un clima con deficiencia de agua y bajas temperaturas; erosión en surcos y cárcavas; topografía con pendientes muy pronunciadas, además de un relieve accidentado y un suelo escasamente desarrollado.

Orsag (1993), citado por Vargas (2002), indica que este suelo posee un pH de 7,19 clasificada dentro del rango de neutro a ligeramente alcalino, debido a la presencia de la *Distichlis humilis* que es considerada como indicadora de suelos salinos y secos, además de la *Muhlenbergia fastigiata*, que es indicadora de suelos de zonas planas, profundos, semi-secas y semi- frías.

5.4.2. Descripción de suelo de la asociación vegetal tipo gramadal

Como se observa en el A2, este suelo se clasifica taxonómicamente como *Halplagept limnic*, dentro de la generalización amplia como **Inceptisol**, característico de zonas con una altitud de 3594 m.s.n.m., ubicado fisiográficamente en depresiones fluviolacustres casi planas con pendientes de 1 -2%, con evidencias de la presencia de capas limnicas, con depósitos salinos y presencia de epipedón césped, en general son suelos jóvenes caracterizados por la presencia de gramíneas de porte bajo como el chiji blanco (*Distichlis humilis*) y el chiji negro (*Muhlenbergia fastigiata*), existe la presencia de sedimentos fluviolacustres, es moderadamente bien drenada y húmeda a partir de los 30 cm de profundidad, sin presencia de piedras ni erosión.



Fotografía 22. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo gramadal

Cuadro 16. Descripción de las propiedades físicas (I) de suelos A.V. tipo gramadal

| HORIZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|-----------|-----------|----------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------------------|-------|---------|----------------|-----------|
| | | Seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| Ah1 | 0-15 cm | 7.5 YR 4/2 Café pardo | 7.5 YR 2/3 Café parduzco fuerte | 0 | - | 33,20 | 34,40 | 32,40 | FY | 0 |
| Ah2 | 15-30 cm | 10 YR 6/2 beige | 7.5 YR 3/4 Café amarillento oscuro | 0 | - | 24,80 | 36,00 | 39,20 | FY | 0 |
| B | > 30 cm | 7.5 YR 8/2 beige pálido | 7.5 YR 6/2 beige | 0 | - | 26,80 | 42,00 | 31,20 | FY | 0 |

Como se observa en el cuadro 16, este suelo posee tres horizontes bien diferenciados, los cuales van de café pardo (7.5 YR 4/2) a beige pálido (7.5 YR 8/2) en seco y de café parduzco (7.5 YR 2/3) a café amarillento (7.5 YR 3/4) y beige (7.5 YR 6/2) en húmedo, sin presencia de moteos, lo cual indica un buen a moderado drenaje.

La textura característica de este suelo es franco arcillosa (FY), la misma que se encuentra presente en la totalidad de los horizontes con una variación leve de arena que disminuye en horizontes con mayor profundidad, además no se evidencia la presencia de grava; por los datos obtenidos, este suelo posee adecuadas características físicas en cuanto a fertilidad y retención de humedad se refiere.

Oros,(2001), determinó que los suelos de esta asociación tienen buen almacenamiento de nutrientes, alta retención de humedad y son profundos, también Vargas (2002), indica que esta comunidad vegetal en Caquiaviri La Paz, se desarrolla en planicies, además menciona que Orsag (1993), establece a estos en suelos poco profundos, donde existe mucho sedimento, con alto contenido de materia orgánica en las partes superiores, se caracteriza por tener una textura pesada (arcilloso) con pendientes de 1-3% y puede presentar problemas de drenaje.

Cuadro 17. Descripción de las propiedades físicas (II) de suelos A.V. tipo gramadal

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | Porosidad | Raíces | pedregosidad |
|-----------------------|----------------------|-------------------|----------|-------|--------------------------|-----------|------|--|------------------------|-----------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,25 | 2,27 | Bloque subangular | moderada | media | Adherente y plástico | firme | duro | Frecuentes muy finos, caóticos y discontinuo | Abundantes y muy finas | No evidenciable |
| 1,28 | 2,22 | Bloque subangular | moderada | media | Adherente y plástico | firme | duro | Frecuentes muy finos, caóticos y discontinuo | Abundantes y muy finas | No evidenciable |
| 1,32 | 2,27 | Bloque subangular | moderada | media | Muy adherente y plástico | Muy firme | duro | Frecuentes muy finos, caóticos. | Sin raíces | No evidenciable |

La estructuración es de tipo bloque subangular, con grado moderado y clase media; característico de todos los horizontes, al igual que la consistencia la misma que es adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y duro en seco; con poros frecuentes muy finos, caóticos y discontinuos con raíces abundantes muy finas excepto en el horizonte B, donde desaparece la presencia de raíces; la pedregosidad en todos los horizontes es nula; por último los valores de densidad aparente aumenta levemente a medida que incrementa la profundidad de 1,25 a 1,32 g/cc; por otro lado, la densidad aparente se mantiene constante con 2.27 g/cc.

El incremento de la densidad adherente se debe principalmente a la mayor presencia de arena en los horizontes más profundos; es importante mencionar que son suelos poco profundos donde la profundidad radicular de las especies establecidas apenas llegan a 30 cm, lo cual nos demuestra una excelente retención de humedad que permite su desarrollo.

Alzerreca (1997), menciona que estas praderas se forman sobre suelos sedimentarios o lechos lacustres antiguos, al igual que Copa y Espejo (2001), quienes en la Provincia Pantaleón Dalence (Oruro), encontraron que este tipo de vegetación es característica de zonas planas y/o onduladas y se desarrollan en suelos sedimentarios o lechos lacustres.

Oros, 2001), determinó que los suelos de esta asociación presentan buen almacenamiento de nutrientes, alta retención de humedad y son profundos; también Vargas (2002), indica que esta comunidad vegetal en Caquiaviri (La Paz), se desarrolla en planicies

suavemente inclinadas (1-2%), así mismo Orsag (1993), indica que los suelos poseen una textura franco arcillosa, considerándose como suelos buenos, pero con presencia de erosión hídrica y eólica.

Cuadro 18. Descripción de las propiedades químicas de suelos A.V. tipo gramadal

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/100gS ^a | CIC Meq/100gS ^a | Sat. Bas % | Mat.Org. % | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|------|------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------|------------|-----------|---------------|
| Ah1 | 0-15 cm | A | 7,48 | 7,29 | 11.73 | 45.78 | 46.19 | 99.1 | 4.75 | 0.28 | 22.52 |
| Ah2 | 15-30 cm | A | 7,45 | 7,18 | 3.86 | 28.42 | 28.76 | 98.8 | 5.27 | 0.20 | 10.89 |
| B | > 30 cm | p | 8,18 | 7,43 | 0,55 | 23.18 | 23.43 | 98.9 | 2.56 | 0.12 | 6.24 |

Como muestra el cuadro 18, este suelo no presenta carbonatos a excepción del horizonte más inferior (BC), lo cual indica un constante lavado de nutrientes provenientes del material parental.

Como se observa en el cuadro 18 y la figura 35, el presente un suelo que posee un pH que van de neutro a básico (7,18 – 8,18). es importante mencionar que el pH, incrementa su valor a medida que desciende la profundidad, por lo que los horizontes inferiores son los que poseen pH más básicos, y este indica que existe una pérdida de bases intercambiables debido a la erosión laminar leve que existe en la zona, en época de lluvia.

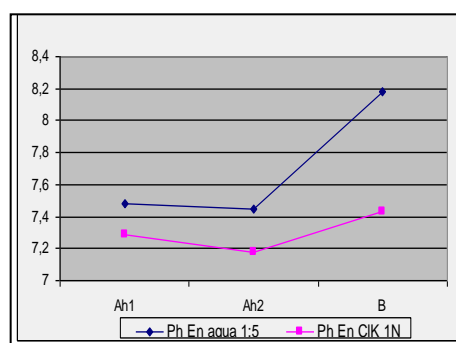


Figura 35. Ph en A.V. tipo gramadal

La conductividad eléctrica, según muestra el gráfico 38, disminuye con la profundidad, los cuales presentan valores de 11,73 ds/m 25°C en el horizonte Ah1 y 3,86 ds/m 25°C en el horizonte inferior, estos datos indican el deficiente drenaje existente además de la pérdida excesiva de humedad en época seca, lo cual trae consigo la fácil eluviación de sales a horizontes más superiores, incluso con deposición blanquecina en la superficie del suelo se concluye que este tipo de suelo es clasificado como un suelo salino.

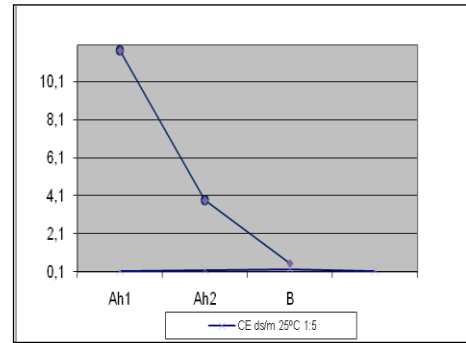


Figura 36. CE en A.V. tipo gramadal

Por último mencionaremos la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de acuerdo a la figura 39, presenta valores que disminuyen con la profundidad del suelo, de 46,19 meq/100 gr suelo en el horizonte superior y 23,43 meq/100 gr suelo en el horizonte inferior, estos datos son considerados como regulares en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, sobre todo en los primeros 15 cm de profundidad donde existe la mayor concentración de raíces y de materia orgánica en descomposición.

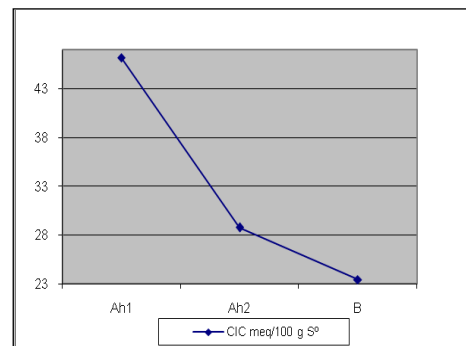


Figura 37. CIC en A.V. tipo gramadal

Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes presentando un porcentaje mayor en el segundo horizonte Ah2 con un valor de 5.27%, seguido del horizonte Ah1 con 4.75%, por último el horizonte más profundo con un menor valor de 2,56% lo cual indica un suelo de buen contenido orgánico y con una adecuada retención de humedad y estructuración.

El contenido de nitrógeno disminuye de acuerdo a la profundidad de cada horizonte, teniendo variaciones desde 0.28% hasta 0.12%, lo cual indica que la presencia de este elemento es regular, en tanto la cantidad de fósforo asimilable también disminuye con la profundidad con valores que fluctúan de 22,52 a 6,24 ppm, lo cual nos indica que existe

adecuada cantidad de este elemento el cual es asimilable sobre todo en los horizontes más superiores donde existe mayor cantidad de raíces.

Por lo anteriormente mencionado este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase V c,s**, por registrar severas limitaciones con inundaciones o exceso de agua en época de lluvia además de presencia de sales, por lo que es restringido su uso al pastoreo.

Oros S, (2001), menciona que las características químicas de este tipo de suelo en Tambillo, tienen bajos contenidos de nitrógeno y fósforo y alta cantidad de potasio; el pH es moderadamente alcalino y las bases intercambiables son altas llegando a 32,12 cmol (+)/kg-1; además indica que estos suelos poseen drenaje imperfecto con poca aireación e inundación, evitando el desarrollo de cultivos, por lo que son utilizadas exclusivamente para pastoreo.

Orsag (1993) citado por Vargas (2002), indica que esta clase de suelo posee un pH de 7,19 clasificada dentro del rango de neutro a ligeramente alcalino, debido a la presencia de la *Distichlis humilis* que es considerada como indicadora de suelos salinos y secos, además de la *Muhlenbergia fastigiata*, que es indicadora de suelos de zonas planas, profundos, semi-secas y semi- frías.

5.4.3. Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo kauchal



Fotografía 23. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo kauchal

Como se observa en el A3, este suelo se clasifica taxonómicamente como *Halochrept limnic*, dentro de la generalización amplia como **Inceptisol**, característico de zonas con una altitud de 3575m.s.n.m., ubicados fisiográficamente en depresiones fluviolacustres casi planas con pendientes de 1 -2 %, con evidencias de la presencia de capas limnicas, con depósitos salinos y presencia de epipedón ócrico (capas superficiales claras), en general son suelos jóvenes caracterizados por la presencia de kauchi (*Suaeda foliosa*).

Existe la presencia de sedimentos fluvio-lacustres, es imperfectamente drenada y húmeda a partir de los 20 cm de profundidad, con presencia de erosión eólica é hídrica laminar, con una notoria presencia de sales depositadas en la superficie, además de estar influenciada por el pastoreo.

Cuadro 19. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelo de la A.V. tipo Kauchal

| HORI ZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|------------|-----------|--------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------|-------------------|-------|---------|----------------|-----------|
| | | seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| | | | | | | | | | | |
| A1 | 0-11 cm | 10 YR 7/2 beige | 10 YR 4/3 Pardo grisáceo | 20 | 10 YR 8/1 beige claro | 31,20 | 57,20 | 11,60 | F | 0 |
| Bt | 11-19 cm | 10 YR 6/2 beige | 10 YR 4/3 Pardo grisáceo | 5 | 10 YR 8/1 beige claro | 25,40 | 21,00 | 53,60 | Y | 0 |
| B2 | 19 -55 cm | 10 YR 6/2 beige | 10 YR 4/3 Pardo grisáceo | 25 | 10 YR 8/1 beige claro | 28,94 | 64,00 | 7,06 | FL | 0 |
| C1 | >55 cm | 10 YR 7/1 beige | 10 YR 5/3 Pardo grisáceo | 1 | 10 YR 7/1 Pardo grisáceo | 39,20 | 53,20 | 7,0 | FL | 1 |

Como se observa en el cuadro 19, este suelo posee cuatro horizontes bien diferenciados, los cuales son de color beige (10 YR 7/2) en seco y de pardo grisáceo (10 YR 4/3) húmedo, con presencia de moteos, altamente significativos, con una variación en porcentaje en cada uno de los horizontes, donde los valores más altos se encuentra en el horizonte B2 con un 25% de color beige claro (10 YR 8/1), seguido por el horizonte A1 con 20% de igual color que el anterior, por último están los horizontes Bt y C1 con 5% y 1% cada uno, el primero de igual color que los anteriores y el segundo de color pardo grisáceo (10 YR 7/1), estos datos indican que existe una elevada reducción del suelo en los tres primeros horizontes y una leve oxidación en el horizonte inferior, debida al mal drenaje y la elevada pérdida de humedad existente.

Las texturas presentes en este suelo van desde francos (F), en el horizonte superior A1, seguido por un arcilloso Bt, que indica una iluviación de arcilla que se debe a la inundación de estos suelos en época de lluvia, los otros horizontes más inferiores son franco limosos (FL), que impiden la rápida pérdida de humedad de horizontes inferiores; no se observa la presencia de grava.

Cuadro 20. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelo de la A.V. tipo Kauchal

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | porosidad | Raíces | pedregosidad |
|-----------------------|----------------------|----------------|----------|--------|--------------------------|--------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,25 | 2,27 | laminar | moderada | media | Adherente y plástico | firme | duro | Frecuentes muy finos | Comunes finas | No evidenciable |
| 1,12 | 2,22 | Bloque angular | moderada | media | Muy adherente y plástico | firme | Muy a extremadamente duro | Pocos y finos | Comunes finas y muy finas | No evidenciable |
| 1,25 | 2,27 | Bloque angular | Moderada | media | Muy adherente y plástico | firme | duro | Frecuentes, finos y discontinuos | Sin raíces | No evidenciable |
| 1,27 | 2,27 | Bloque angular | débil | gruesa | Muy adherente y plástico | firme | duro | Frecuentes, finos y discontinuos | Sin raíces | Escasa cantidad de grava |

Los valores de densidad aparente son similares en casi todos los horizontes con una media de 1,25 g/cc excepto el horizonte Bt el cual tiene un valor menor de 1,12, presencia

de arcilla, por otro lado la densidad aparente se mantiene constante con 2.27 g/cc. Es importante mencionar que son suelos medianamente profundos donde la profundidad radicular de las especies establecidas apenas llegan hasta los 19 cm, lo cual nos demuestra una retención de humedad que permite su desarrollo.

La estructuración del horizonte superior A1, es de tipo laminar, con grado moderado y clase media, los horizontes inferiores Bt y B2, poseen una estructuración de tipo bloque angular, con grado moderado y de clase media, por último se tiene el C1 que es de tipo bloque angular de grado débil y clase gruesa; los datos indican que existe una leve compactación en el primer horizonte, lo cual puede deberse a una sobrecarga animal, la cual es soportada de manera eficiente por los demás horizontes. La consistencia va de adherente y plástica a muy adherente y muy plástica en mojado, firme en húmedo y duro a extremadamente duro en el horizonte Bt en seco, debido a la presencia de arcilla; con poros Frecuentes muy finos en los horizontes A1 y B2, además de pocos y discontinuos en los horizontes Bt y C1; con raíces comunes que van de finas a muy finas excepto en los dos horizontes más profundos B2 y C1, donde no se observa su existencia; la pedregosidad en todos los horizontes es nula, con escasa presencia de grava en el C1

Cuadro 21. Descripción de las propiedades químicas en suelo de la A.V. tipo Kauchal

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/100gS ^a | CIC Meq/100gS ^a | Sat. Bas % | Mat.Org. % | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|------|------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------|------------|-----------|---------------|
| A1 | 0-11 cm | A | 6,73 | 6,39 | 18.84 | 48.80 | 49.24 | 99.1 | 0.91 | 0.06 | 23.28 |
| Bt | 11-19 cm | A | 6,83 | 6,65 | 7.75 | 29.50 | 29.72 | 99.3 | 1.86 | 0.11 | 15.31 |
| B2 | 19 -55 cm | P | 7,18 | 6,87 | 4.78 | 26.94 | 27.17 | 99.1 | 1.27 | 0.08 | 6.04 |
| C1 | >55 cm | P | 7,5 | 7,1 | 4.59 | 34.20 | 34.36 | 99.5 | 0.25 | 0.05 | 3.80 |

El presente suelo, como muestra el cuadro 21, presenta una ausencia de carbonatos en los 2 primeros horizontes A1 y Bt y una presencia moderada en los dos últimos horizontes B2 y C1 lo cual indica una presencia de material parental de piedra caliza; las siguientes propiedades son descritas a continuación con las siguientes graficas:

Como se observa en el cuadro 21 y la figura 38, el presente suelo posee un pH tanto en agua como en CIK, que van de ligeramente ácido a ligeramente básico (6,39 – 7,5) es importante mencionar que el pH, disminuye su valor a medida que desciende la profundidad, por lo que los horizontes inferiores son los que poseen pH ligeramente básicos, lo cual indica que existe una pérdida de bases intercambiables debido a la erosión laminar leve que existe en la zona, en época de lluvia.

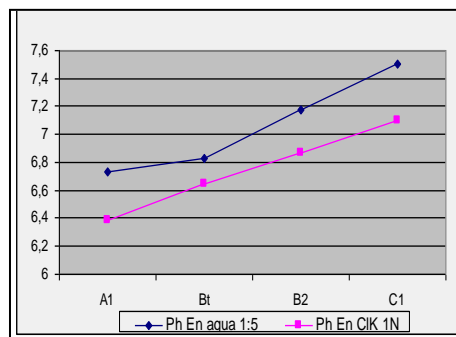


Figura 38. Ph en A.V. tipo Kauchal

La conductividad eléctrica, según muestra el figura 39, disminuye con la profundidad, los cuales presentan valores de 18,84 ds/m 25°C en el horizonte A1 y 4,59 ds/m 25°C en el horizonte inferior C1, estos datos indican la pérdida excesiva de humedad en época seca, lo cual trae consigo la fácil eluviación de sales a horizontes más superiores, incluso con deposición blanquecina en la superficie del suelo, concluyendo que este es clasificado como un suelo extremadamente salino.

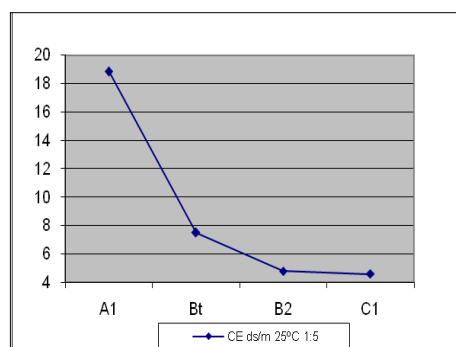


Figura 39. CE en A.V. tipo Kauchal

Por último mencionaremos la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el cual presenta valores que disminuyen con la profundidad del suelo, de 49,24 meq/ 100 gr suelo en el horizonte superior y 27,17 meq/ 100 gr suelo en el horizonte inferior B2, con una leve elevación en el horizonte C1 de 34,36 meq/ 100 gr suelo; estos datos son considerados como regulares en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, sobre todo en los primeros 19 cm de profundidad donde existe la mayor concentración de raíces, al mismo tiempo es importante mencionar que el horizonte C1 muestra que el material parental posee una buena disponibilidad de cationes no aprovechados por la especies vegetales, debido a la elevada salinidad que posee y la formación de un horizonte con arcilla iluviada.

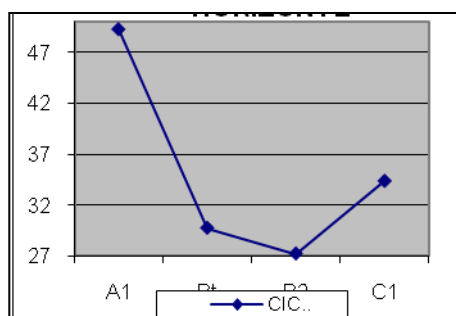


Figura 40. CIC en A.V. tipo Kauchal

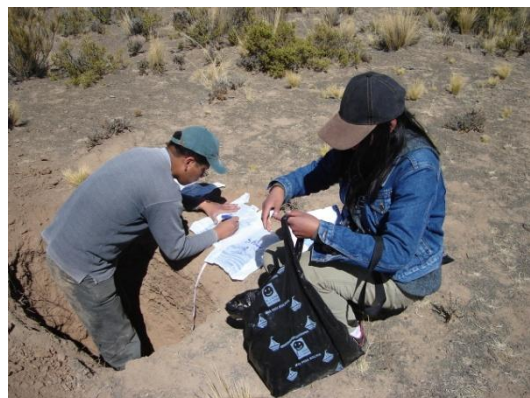
Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes presentando un porcentaje mayor en el segundo horizonte Bt con un valor de 1,86%, seguido del horizonte B2 con 1,27%, por último los horizontes A1 y B2 con valores de 0.91 y 0.25 % respectivamente. Los datos mencionados indican que es un suelo con bajo contenido orgánico debiéndose a esto el color beige característico de este.

El contenido de nitrógeno se mantiene relativamente constante en todos los horizontes con valores de 0,06% y 0,08% a excepción del horizonte Bt el cual presenta una moderada elevación de 0,11% debido a la acumulación de arcilla, en general la presencia de Nitrógeno es deficiente relacionada con el contenido de materia orgánica. La cantidad de fósforo asimilable también disminuye con la profundidad con valores que fluctúan de 23,28 a 3,80 ppm, lo cual nos indica que existe adecuada cantidad de este elemento el cual es asimilable sobre todo en los horizontes más superiores donde existe mayor cantidad de raíces.

Por lo anteriormente mencionado este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase VII s, c**, por presentar severas limitaciones de suelo por la presencia elevada de sales, además de las bajas temperaturas, heladas y sequías propias de la región. Este suelo es limitado para el pastoreo y no así para cultivos u otro tipo de actividad.

5.4.4. Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo kaillar

Como se observa en el A4, este suelo se clasifica taxonómicamente como *antrust litic*, dentro de la generalización amplia como **Entisol**, característico de zonas con una altitud de 3610 m.s.n.m., ubicado fisiográficamente en pie de monte con inclinación leve de 2 a 5% de pendiente, con evidencia de la presencia de contacto lítico, característico de climas secos usualmente calientes en verano y presencia de epipedón antropico (capas superficiales con influencia humana), en general son suelos recientes caracterizados por la presencia de Kailla (*Tetraglochin cristatum*), arbusto de porte medio.



Fotografía 24. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo kaillar tolar pajonal

Se observa la presencia de sedimentos coluvio aluviales de arenisca y gravilla, imperfectamente drenada y seco en los primeros 20 cm, con una profundidad de la capa freática no evidenciable, además de pocas piedras en la superficie, presencia de erosión hídrica laminar y en surcos, sin presencia de deposición de sales y con elevada influencia humana considerándose como campos (CADES), utilizadas como áreas de pastoreo.

Cuadro 22. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos A.V. tipo kaillar

| HORI ZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|------------|-------------|----------------------------------|--|-------|-------|-------------------|-------|---------|----------------|-----------|
| | | seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| | | | | | | | | | | |
| A | 0-20 cm | 10 YR 6/3 beige | 10 YR 3/4 Café amarillento | 0 | - | 44,07 | 23,40 | 32,53 | FA | 24,29 |
| B | 20 – 100 cm | 10 YR 5/2 Café parduzco | 10 YR 3/3 Café amarillento oscuro | 0 | - | 66,80 | 12,00 | 21,20 | FA | 29,40 |
| C | >100 cm | 10 YR 6/2 Café amarillento | 10 YR 4/4 Café amarillento | 0 | - | 70,00 | 10,80 | 19,20 | FA | 47,60 |

Como se observa en el cuadro 22, este suelo posee tres horizontes bien diferenciados, los cuales varían desde color beige (10 YR 6/3) a café pardusco (10 YR 5/2) en el horizonte B y café amarillento claro (10 YR 6/2) en el horizonte C, todos estos en seco; y en húmedo presentan colores de café amarillento (10 YR 3/4) a café amarillento oscuro en el horizonte B (10 YR 3/3) sin presencia de moteos.

Las texturas presentes son por lo general del tipo franco arenoso (FA) en todos sus horizontes, lo cual indica que existe una moderada pérdida de humedad de los horizontes que lo componen, la presencia de grava incrementa con la profundidad permitiendo un adecuado drenaje.

Cuadro 23. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos A.V. tipo kaillar

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | porosidad | Raíces | pedregosidad |
|--------------------------|-------------------------|----------------|----------|-------|----------------------------------|--------|--------|------------------|--------|-------------------------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,47 | 2,50 | Bloque angular | moderado | fino | Ligeramente plástico y adherente | firme | duro | Frecuente y fina | Pocas | Frecuentes fragmentos rocosos |
| 1,35 | 2,63 | - | - | - | No adherente y plástico | suelto | blando | - | - | Abundante |
| 1,28 | 2,63 | - | - | - | Ligeramente adherente y plástico | suelto | blando | - | - | Abundante |

Los valores de densidad aparente varían en los tres horizontes, disminuyendo con la profundidad desde 1,47 g/cm³ hasta 1,28 g/cm³, esto debido al incremento de arcilla de horizontes profundos, por otro lado la densidad aparente presenta una leve variación de 2.50 g/cm³ en el horizonte A y 2,63 gr/cm³ en el horizonte B y C es importante mencionar que son suelos profundos donde la profundidad radicular de las especies establecidas apenas llegan hasta los 20 cm, lo cual nos demuestra una excesiva perdida de humedad.

La estructuración del horizonte superior A, es de tipo bloque angular, con grado moderado y clase fina, los horizontes inferiores B y C, no poseen estructuración por lo que son considerados suelos de mala calidad. La consistencia va de ligeramente plástico y adherente a no adherente ni plástico en mojado, firme en húmedo y duro en el primer horizonte A debido a la presencia de escasa materia orgánica; con poros frecuentes y

finos además de poca presencia de raíces en primer horizontes A y sin presencia de las demás anteriores en los horizontes B y C debido a la falta de estructuración; la pedregosidad es abundante en los dos últimos horizontes B y C y frecuente en el primer horizonte A, lo cual provoca la rápida pérdida de humedad.

Oros,(2001), caracteriza este suelo con una profundidad de 30 centímetros de textura franco arenosa y franco arcillosa sin presencia de fragmentos rocosos, pero con elevada cantidad de grava y gravilla de color ardo fuerte a pardo oscuro y estructura de bloques sub angulares.

Cuadro 24. Descripción de las propiedades químicas en suelos A.V. tipo kaillar

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/100gS ^a | CIC Meq/100gS ^a | Sat. Bas % | Mat.Org.% | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|------|------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| A | 0-20 cm | A | 7,15 | 6,99 | 0,043 | 5,65 | 6,02 | 93,9 | 0,29 | 0,05 | 4,69 |
| B | 20-100 cm | A | 7,04 | 6,60 | 0,040 | 6,61 | 6,80 | 97,2 | 0,37 | 0,06 | 3,98 |
| C | >100 cm | A | 6,92 | 6,50 | 0,043 | 5,10 | 5,35 | 95,3 | 0,17 | 0,02 | 2,31 |

En el anterior cuadro (24) se presenta un suelo con ausencia de carbonatos en todos los horizontes ello debido básicamente la formación por acumulación de arrastre de suelos coluviales y aluviales, a continuación se describen las siguientes propiedades:

Como se observa en el cuadro 24 y en la figura 41, el presente suelo posee un pH básico tanto en agua como en ClK, con una ligera diferencia entre el primer y ultimo horizonte de 7,15 a 6, 92, es importante mencionar que el pH, disminuye su valor a medida que desciende la profundidad, pero esta diferencia no es muy notable, por lo que este suelo se considera adecuado para la mayoría de los cultivos.

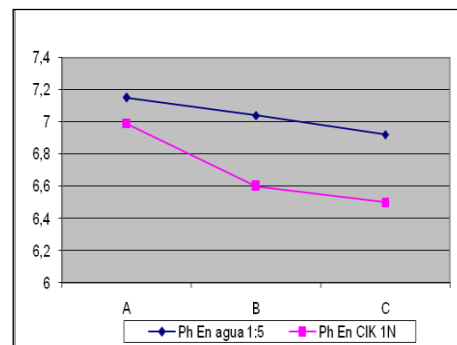


Figura 41. Ph en A.V. tipo kaillar

La conductividad eléctrica, según muestra la figura 42, se mantiene constante en todos los horizontes con un valor de 0,043ds/m 25°C lo que indica que es un suelo sin presencia de sales.

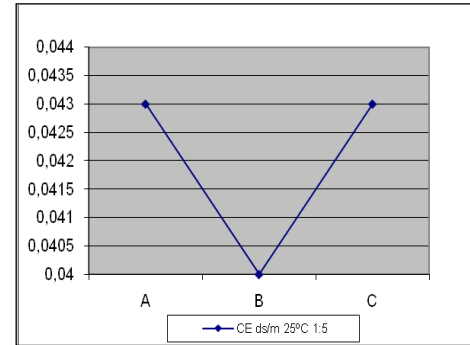


Figura 42. CE en A.V. tipo kaillar

Por último mencionaremos la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el cual presenta valores que varían en todos los horizontes, pero esta variación no es significativa ya que fluctúan entre 6,8 meq/ 100 gr suelo en el horizonte B a 5,35 meq/ 100 gr suelo en el horizonte C.; estos datos son considerados como bajos en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, probablemente causados por la excesiva extracción de nutrientes por los cultivos anteriormente introducidos, no permitiendo una adecuada regeneración de especies.

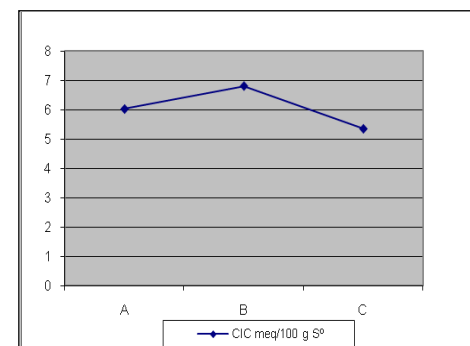


Figura 43. CIC en A.V. tipo kaillar

Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes presentando un porcentaje mayor en el segundo horizonte B con un valor de 0,37%, seguido del horizonte A con 0.29 % por último los horizonte C con 0.17%, en general este suelo se considera como muy pobre en materia orgánica, corroborada por la escasa cobertura vegetal.

El contenido de nitrógeno se mantiene relativamente constante en todos los horizontes con valores de 0,06% y 0,02%., en general la presencia de Nitrógeno es deficiente relacionada con el contenido de materia orgánica. La cantidad de fósforo asimilable también disminuye con la profundidad con valores que fluctúan de 4,69 a 2,31 ppm, lo cual nos indica que existe baja cantidad de este elemento asimilable.

Por lo anteriormente mencionado este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase VI s,c**, por presentar severas limitaciones de suelo debido a la deficiente fertilidad, además de otras propiedades químicas y físicas, además de las bajas temperaturas, heladas y sequías propias de la región. Este suelo es moderadamente apto para el pastoreo y no así para cultivos u otro tipo de actividad agrícola.

Oros, (2001), menciona que este suelo posee un pH promedio de 6,62, una TBI de 13,1 cmol (+) kg⁻¹, 0,19 % de nitrógeno y 39,7 ppm de fósforo, clasificado como *Tipic ustropept (inceptisol)*.

5.4.5. Descripción de suelo: asociación vegetal tipo pajonal de paja brava



Fotografía 25. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo pajona de *Festuca orthophila*.

Como se observa en el A5, la denominación a la que corresponde es de *Ustargept tipic*, clasificada dentro de la generalización amplia como **Inceptisol**, característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3720 m.s.n.m. ligeramente escarpados ubicados geográficamente en pie de monte con pendientes entre 0 a 15 %, con evidencias de la presencia de climas secos usualmente calientes en verano con presencia de horizonte argílico (horizonte con arcilla iluvial), en general son suelos jóvenes caracterizados por la presencia de gramíneas de porte medio como la paja brava (*Festuca orthophila*).

Existe la presencia de deposiciones fluviolacustres, es excesivamente bien drenado y húmeda a partir de los 50 cm de profundidad, ligeramente pedregosos con evidencia de erosión hídrica (laminar, surco y cárcavas). Además de erosión eólica en época seca, libre de sales y álcalis con influencia de actividades mineras ganadería y agricultura.

Cuadro 25. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la A.V. tipo pajonal de paja Brava

| HORI ZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTUR AL | GRAVA (%) |
|---------------|--------------|---------------------------------|--------------------------|---------|--|-------------------|-------|---------|-----------------------|--------------|
| | | seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| | | | | | | | | | | |
| A1 | 0- 60 cm | 7,5 YR 6/2 beige | 7,5 YR 5/2 Café pardo | 50 5 | 7,5 YR 8/1 Beige claro 7,5 YR 6/8 naranja fuerte | 63,20 | 23,20 | 13,60 | FA | 5 |
| A2 | 60 – 90 cm | 7,5 YR 5/2 Naranja fuerte | 7,5 YR 5/2 Café pardo | 1 5 | 7,5 YR 6/2 beige claro 7,5 YR 6/8 naranja fuerte | 38,80 | 28,00 | 33,20 | FY | 4 |
| Bt | >90 cm | 10 YR 7/3 Beige | 10 YR 5/4 Café pardo | 20 | 7,5 YR 7/8 Naranja suave | 34,80 | 22,00 | 43,20 | Y | 9 |

Como se observa en el cuadro 25, este suelo posee tres horizontes bien diferenciados, los cuales van de beige (7.5 YR 6/2) a naranja fuerte (7.5 YR 5/2) en seco y café pardo (7.5 YR 5/2 – 10 YR 5/4) en húmedo, con presencia de moteos, que incrementan en porcentaje con respecto a la profundidad desde 5 hasta 20% con variaciones de color que van desde beige (7.5 YR 8/1) en el primer horizonte, beige claro (7,5 YR 6/2) y naranja fuerte 7.5 YR 6/8 en el horizonte A2; finalmente naranja suave (7.5 YR 7/8) en el horizonte Bt. La variación en el color del moteo indica que existe una leve reducción del suelo en el primer horizonte debido a la pérdida de humedad, seguida por una combinación de reducción y oxidación en el horizonte A2 causada por la elevación de humedad retenida por efecto de la presencia del horizonte inferior Bt (con presencia de arcilla) lo cual es confirmada con la presencia de leve oxidación.

La textura es diferente en cada uno de los horizontes desde franco arenosa (FA) seguida de un horizonte franco arcilloso (FY) finalizando con un horizonte arcilloso (Y) observándose que la cantidad de arcilla incrementa con la profundidad. Dando lugar a un horizonte Bt (arcilla iluvial), causa por la cual existe un mal drenaje a partir de este horizonte, además la presencia de grava es de reducida influencia en la textura con porcentajes bajos (5 – 9 %)

Alzerreca, (1997), menciona que estas praderas se forman sobre suelos pobres, sueltos y con alto contenido de arena. También Oros, (2001), describe a estos suelos como moderadamente bien drenados y con presencia de erosión laminar y en surcos; con

texturas franco arenosas e los horizontes superiores y franco arcillosos en el horizonte inferior además de la inexistencia de fragmentos rocosos. . El cuadro 26 presenta las propiedades físicas del suelo tipo pajonal.

Cuadro 26. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la A.V. tipo pajonal de paja Brava

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | porosidad | Raíces | pedregosidad |
|--------------|-------------|-------------------|----------|---------|----------------------|--------|------|-------------------------------|-----------------------|--------------|
| Dap g/cm3 | Dr g/cm3 | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,43 | 2,50 | Bloque subangular | Fuerte | Mediano | Adherente y plástico | Firme | Duro | Finos, caóticos y frecuentes | Medianas y abundantes | Escasa |
| 1,25 | 2,50 | Bloque subangular | Moderado | Mediano | Adherente y plástico | Firme | Duro | Pocos | Finas y escasas | Frecuente |
| 1,32 | 2,38 | Bloque angular | moderado | mediano | Adherente y plástico | firme | duro | Pocos muy finos y discontinuo | No evidenciable | Frecuente |

La estructuración es de tipo bloque subangular en los dos primeros horizontes seguido de un bloque angular en el horizonte Bt con grado moderado y clase media característico de todos los horizontes, al igual que la consistencia es adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y duro en seco; con poros frecuentes finos y caóticos, con raíces finas y abundantes en el primer horizonte seguida de finas y escasa en el horizonte A2 y finalmente inexistente en el horizonte Bt abundantes muy finas excepto en el horizonte B, donde desaparece la presencia de raíces; la pedregosidad en el primer horizonte es escasa y frecuente en los dos siguientes.

Por ultimo la densidad aparente disminuye levemente con la profundidad de 1.43 a 1.32 g/cm3 siendo el menor el horizonte A2 con 1.25 gr/cm3, esta disminución se ve influenciada por la presencia de arcilla en horizontes inferiores, por otro lado la densidad real se mantiene casi constante con 2.50 g/cm3.

Oros (2001), encontró que este suelo posee una estructura granular media en el horizonte superior y bloque sub angulares medianos y gruesos en los horizontes inferiores además de un color pardo oscuro a un pardo amarillento oscuro. Respecto a las propiedades químicas del suelo tipo pajonal el cuadro 27 registra los valores de cada una de ellas.

Cuadro 27. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la A.V. tipo pajonal de paja Brava

| HORIZONT E | PROFUNDIDA D (cm) | CaCO 3 | Ph | | CE ds/ m 25°C 1:5 | TBI Meq/100g S ^a | CIC Meq/100g S ^a | Sat. Bas % | Mat.Org. % | NTotal % | P asimil. ppm |
|------------|-------------------|--------|----------|----------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|------------|----------|---------------|
| A1 | 0-60 cm | A | 7.7 2 | 7.7 3 | 0,11 9 | 12.27 | 12.43 | 98.7 | 0,71 | 0.04 | 6.31 |
| A2 | 60-90 cm | A | 8.0 2 | 8.0 3 | 0,29 7 | 22.97 | 23.03 | 99.7 | 0,38 | 0.03 | 2.09 |
| Bt | >90 cm | A | 8.1 5 | 7.8 3 | 0,22 8 | 13.61 | 13.73 | 99.1 | 0.68 | 0.05 | 11.20 |

El suelo presenta ausencia de carbonatos en todos los horizontes, debido a la formación por acumulación de arrastre de suelos coluviales y aluviales, a continuación se describen las siguientes propiedades:

Como se observa en el cuadro 27 y la figura 44, el presente suelo posee un pH de ligeramente básico a básico tanto en agua como en CIK, incrementando su valor con la profundidad de 7.72 a 8.15, por lo que este suelo presenta restricciones para el desarrollo de algunas especies forrajeras.

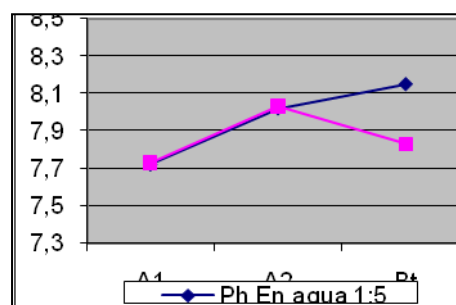


Figura 44. Ph en A.V. tipo pajonal de paja Brava

La conductividad eléctrica, según muestra la figura 45, se incrementa con la profundidad presentando valores de 0.119 ds/m 25°C a 0.228 ds/m 25°C, con un valor máximo en el horizonte A2 con un valor de 0.297 ds/m 25°C, lo que indica que es un suelo sin presencia significativa de sales.

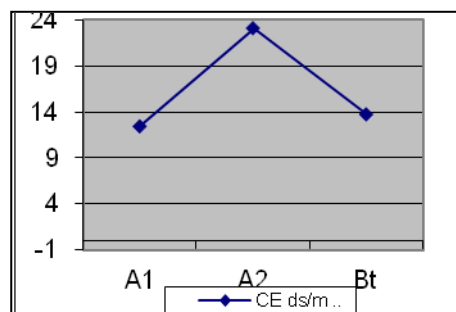


Figura 45. CE en A.V. tipo pajonal de paja Brava

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), de acuerdo al figura 46, presenta valores que varían en todos los horizontes y fluctúan entre 12.27 meq/ 100 gr suelo en el horizonte A1, 22.97 meq/ 100 gr suelo en el horizonte A2 y 13.73 meq/ 100 gr suelo en el horizonte Bt; estos datos son considerados como bajos en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, probablemente causados por la excesiva perdida de humedad y erosión al cual esta expuesto.

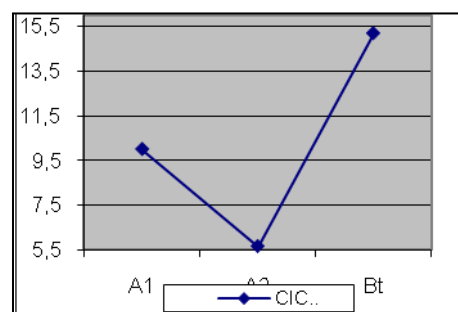


Figura 46. CIC en A.V. tipo pajonal de paja Brava

Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes presentando un porcentaje mayor en el primer horizonte A1 con un valor de 0,71%, seguido del tercer horizonte Bt con 0.68% por último el segundo horizonte con 0.38%, en general este suelo se considera como muy pobre en materia orgánica.

El contenido de nitrógeno se mantiene relativamente constante en todos los horizontes con valores de 0,03% y 0,05%., en general la presencia de Nitrógeno es deficiente relacionada con el contenido de materia orgánica. La cantidad de fosforo asimilable incrementa con la profundidad con valores que fluctúan de 6.31 a 11.20 ppm, lo cual nos indica que existe baja cantidad de este elemento asimilable. Al mismo tiempo es importante detallar que el incremento en el último horizonte puede tener su origen en el material parental.

Tomando en cuenta las características físico químicas este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase IV s,c,h** por presentar severas limitaciones para la agricultura además de una deficiencia en la retención de agua, además de muy profunda presencia de napa freática.

Orsag (1993) citado por Vargas (2002), indica que este suelo presenta un pH promedio de 6,15 clasificada dentro del rango de ligeramente ácido (dato menor al encontrado en la presente investigación), al mismo tiempo menciona que la *Festuca ortophila* (iru ichu) es indicadora de suelos arenosos, gravosos de resistente deposición y terrazas bajas inundables.

5.4.6. Descripción de suelo: asociación vegetal tipo Kotal



Fotografía 26. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo Kotal.

Como se observa en el A6, la denominación a la que corresponde es de *Ustargept typic*, clasificada dentro de la generalización amplia como **Inceptisol**, característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3720 m.s.n.m. ligeramente escarpados ubicados geográficamente en pie de monte con pendientes entre 0 a 5 %, con evidencias de la presencia de climas secos usualmente calientes en verano con presencia de horizonte argílico (horizonte con arcilla iluvial), en general son suelos jóvenes caracterizados por la presencia de kota (*Anthobrium sp.*).

Existe la presencia de deposiciones fluviolacustres, es medianamente drenado y húmedo a partir de los 20 cm de profundidad, sin presencia de fragmentos rocosos con evidencia de erosión hídrica, laminar y eólica. Sin presencia de sales y álcalis, con influencia de pastoreo de camélidos y ovinos.

Cuadro 28. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la asociación vegetal tipo Kotal

| HORIZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|-------|---------------|-------------------|-------|---------|----------------|-----------|
| | | seco | Húmedo | | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| A1 | 0-12 cm | 7,5 YR 5/3 Café pardo | 7,5 YR 4/3 Café pardo | | - | 79,00 | 17,20 | 3,60 | FA | 5,57 |
| A2 | 12-27 cm | 7,5 YR 5/4 Café amarillento | 7,5 YR 4/3 café pardo | | 7,5 YR 8/1 | 50,40 | 31,20 | 18,40 | FA | 28,91 |
| Bt | 27-72 cm | 10 YR 6/3 beige | 10 YR 4/3 Café pardo | | - | 62,40 | 17,60 | 20,00 | FYA | 28,80 |
| C | >72 cm | 10 YR 6/3 beige | 10 YR 4/3 Café pardo | | - | 73,20 | 8,40 | 18,40 | FA | 53,93 |

Como se observa en el cuadro 28, este suelo posee cuatro horizontes bien diferenciados, los cuales van de café pardo (7.5 YR 6/2), café amarillento (7.5 YR 5/4) y beige (10 YR 6/3) en seco y café pardo (7.5 YR 4/3 – 10 YR 4/3) en húmedo, con presencia de 1% de moteos en el segundo horizonte A2 con una coloración de café pardo (7.5 YR 5/1), lo cual significa una leve oxidación del horizonte, debido a la rápida pérdida de humedad.

La textura por lo general es franco arenosa en los horizontes A1, A2 y C, siendo únicamente FYA en el horizonte Bt (arcilla iluvial), además existe elevada presencia de grava en todos los horizontes con porcentajes que van de 5.57 a 53.93%.

Cuadro 29. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la asociación vegetal tipo Kotal

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | poro sidad | Raíces | pedregosi dad |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------|-----------------|--|-------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | cla se | Mojado | Húme do | Seco | | | |
| 1,47 | 2,78 | - | - | - | Ligeramente plástico y adherente | - | - | Abundan- tes y medianos | Abunda ntes y finas | No evidenciabl e |
| 1,52 | 2,63 | granul ar | mode rado | gru esa | Adhere nte y plástico | Friabl e | Blando | Abundan- tes y muy finos | Abun- dantes y finas | No evidenciabl e |
| 1,35 | 2,70 | Bloqu e sub angul ar | Mode rado | me dian o | Adhere nte y plástico | firme | Duro | Frecuentes y finas | Muy pocas y finas | Escasa presencia |
| 1,52 | 2,63 | Bloqu e sub angul ar | Débil | fino | Ligeram ente adheren te y plástico | friable | Ligera mente duro | Frecu entes muy finas | Muy pocas y finas | Escasa presencia |

La estructuración en el horizonte A1 es inexistente, el segundo horizonte A2 es del tipo granular, en tanto que los horizontes Bt y C presentan una estructuración del tipo bloque subangular, el grado va de moderado en los horizontes A2 y Bt a débil en el horizonte C. La clase va de gruesa en el horizonte A2, mediano en el horizonte Bt y fino en el horizonte C: tomando en cuenta estos datos se observa que la estructuración mejora con la profundidad debido a la presencia de arcilla en horizontes profundos pero no relevantes debido a la cantidad de grava existente (Cuadro 29).

La consistencia es ligeramente plástico y adherente en el primer horizonte A1, adherente y plástico en los horizontes A2 y Bt y ligeramente adherente y plástico en el horizonte C en mojado, friable en el horizonte A2 y C y firme en el horizontes iluviado Bt en húmedo y blando, duro y ligeramente duro respectivamente en seco; con poros abundantes, medianas y finas en los dos primeros horizontes y frecuentes y finas en los más profundos, las raíces son abundantes y finas en los horizontes A1, A2 y muy pocas en los más profundos, con pedregosidad no evidenciadle o escasa. Pro los datos obtenidos se puede mencionar que las características físicas del presente suelo son deficientes, motivo por el cual la deficiente existencia de vegetación.

Por ultimo la densidad aparente incrementa levemente con la profundidad de 1.47 a 1.52 g/cm³, a excepción del horizonte Bt donde la presencia de arcilla la disminuye a 1,35 g/cm, en general se puede decir que estos suelos son livianos debido a la presencia elevada de arena en casi todos los horizontes, por otro lado la densidad real se mantiene casi entre 2,63 - 2.78 g/cm³, lo cual indica la elevada presencia de cuarzo. En el siguiente cuadro (30) se presenta las propiedades químicas del suelo tipo Kotal.

Cuadro 30. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la asociación vegetal tipo Kotal

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/100gS ^a | CIC Meq/100gS ^a | Sat. Bas % | Mat.Org.% | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|------|------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| A1 | 0-12 cm | A | 6.53 | 5.21 | 0.162 | 4.22 | 4.60 | 94.2 | 0.08 | 0.04 | 7.08 |
| A2 | 12-27 cm | A | 6.81 | 5.14 | 0.135 | 5,24 | 5.40 | 98.7 | 0,70 | 0.06 | 8.06 |
| Bt | 27 - 72 cm | A | 7.81 | 7.04 | 0.197 | 12.01 | 12.12 | 99.7 | 0.06 | 0.07 | 5.49 |
| C | >72 cm | A | 8.44 | 7.31 | 0.677 | 9,91 | 10.00 | 99.1 | 0.08 | 0.03 | 2.24 |

El suelo presenta ausencia de carbonatos en todos los horizontes, debido a la formación por acumulación de arrastre de suelos coluviales y aluviales, a continuación se describen las siguientes propiedades:

Como se observa en el cuadro 30 y el figura 47, el presente suelo posee un pH de ligeramente ácido a ligeramente básico tanto en agua como en CIK, incrementando su valor con la profundidad de 5.21 a 8.44, por lo que este suelo presenta restricciones para el desarrollo de algunas especies forrajeras.

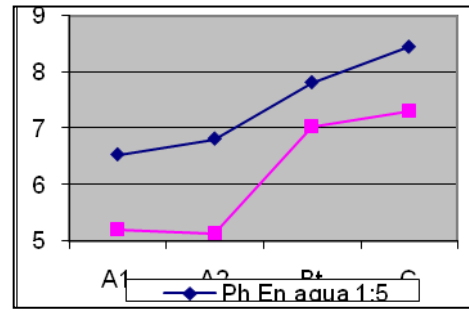


Figura 47. Ph en A.V. tipo Kotal

La conductividad eléctrica, según muestra en la figura 48, se incrementa con la profundidad presentando valores de 0.162 ds/m 25°C a 0.677 ds/m 25°C, lo que indica que es un suelo sin presencia significativa de sales.

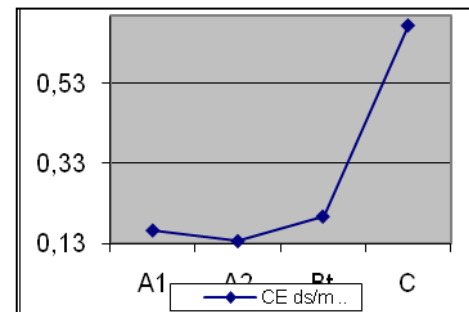


Figura 48. CE en A.V. tipo Kotal

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presenta valores que varían en todos los horizontes y fluctúan entre 4.60 meq/100 gr suelo en el horizonte A1, 5.40 meq/ 100 gr suelo en el horizonte A2, 12.12 meq/100 gr suelo en el horizonte Bt y 10.00 meq/100 gr suelo en el horizonte C; estos datos son considerados como bajos en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, probablemente causados por la excesiva pérdida de humedad y erosión al cual esta expuesto, al mismo tiempo es importante mencionar que la elevación del valor del CIC, en el horizonte Bt, se debe a la presencia de arcilla.

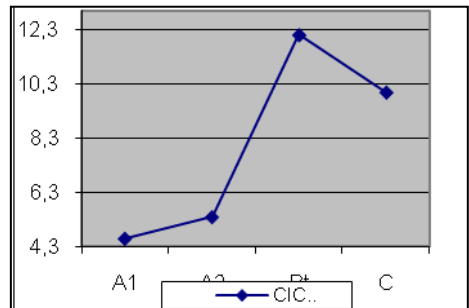


Figura 49. CIC en A.V. tipo Kotal

Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes presentando un porcentaje mayor en el horizonte A2 con un valor de 0,70%, seguido del tercer horizonte A1 y C con 0.08%, por último el tercer horizonte con 0.06%, en general este suelo se considera como muy pobre en materia orgánica. El contenido de nitrógeno se mantiene relativamente constante en todos los horizontes con valores de 0,03% y 0,07%., en general la presencia de nitrógeno es deficiente relacionada con el contenido de materia orgánica. La cantidad de fósforo asimilable disminuye con la profundidad con valores que fluctúan de 7.08 a 2.24 ppm, lo cual nos indica que existe baja cantidad de este elemento asimilable.

Tomando en cuenta las características físicas químicas este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase VI s,c** por presentar limitaciones para el pastoreo además de una deficiencia en la retención de agua, producida por malas características físico químicas del suelo.

5.4.7. Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo tholar pajonal



Como se observa en el A7, la denominación a la que corresponde es de *Ustantrent tipic*, clasificada dentro de la generalización amplia como **Entisol**, característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3820 m.s.n.m. ligeramente escarpados ubicados geográficamente en pie de monte con pendientes entre 2-10%, con evidencias de la presencia de climas secos usualmente calientes en verano con presencia de epipedón antrópico (influencia humanal), en general son suelos recientes caracterizados por la presencia de thola (*Baccharis incarum*) y la paja amarilla (*Stipa ichu*).

Fotografía 27. Apertura de calicata en la asociación Tolar pajonal sicuyar

Existe la presencia de deposiciones coluvio-aluviales, es moderadamente bien drenado y húmedo a partir de los 30 cm de profundidad, con poca presencia de fragmentos rocosos con evidencia de erosión hídrica laminar, en surcos y eólica. Sin presencia de sales y álcalis, con influencia de agricultura por ser CADES (campos en descanso), también estar en pastoreo y con actividad minera.

Cuadro 31. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la A.V. tipo tólar pajonal.

| HORI ZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------------------|-------|---------|----------------|-----------|
| | | seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| | | | | | | | | | | |
| A | 0-20 | 10 YR 6/3 beige | 10 YR 3/4 Café amarillento oscuro | - | - | 58,00 | 18,80 | 23,20 | FA | 24,29 |
| B1 | 20 - 100 | 10 YR 5/2 Café parduzco | 10 YR 3/3 Café amarillento oscuro | - | - | 66,80 | 12,00 | 21,20 | FYA | 29,40 |
| B2 | >100 | 10 YR 6/4 Café amarillento suave | 10 YR 4/4 Café amarillento | - | - | 70,00 | 10,80 | 19,20 | FA | 47,600 |

Como se observa en el cuadro 31, este suelo posee tres horizontes bien diferenciados, los cuales van de beige (10 YR 6/3), café parduzco (10 YR 5/2) y café amarillento suave

(10 YR 6/4) en seco; y café amarillento oscuro (10 YR 1/4), café amarillento (10 YR 4/4) en húmedo, sin presencia de moteos en ningún horizonte, lo cual indica la existencia de un adecuado drenaje.

La textura es franco arenosa (FA) en el horizontes A1 y B2, siendo únicamente franco arcillo arenosa (FYA), en el horizonte B1, además existe elevada presencia de grava en todos los horizontes con porcentajes que van de 24,29 a 47,8%, lo cual interfiere en las propiedades físicas del suelo, como ser el drenaje.

Cuadro 32. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la A.V. tipo tólar pajonal.

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | porosidad | Raíces | pedregosidad |
|--------------------------|-------------------------|----------------|----------|-------|----------------------------------|--------|-------|------------------------|---------------------------------|------------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,47 | 2,50 | Bloque angular | moderado | fino | Ligeramente plástico y adherente | firme | duro | Frecuentes y muy finos | Frecuentes de finos a muy finos | Abundante |
| 1,35 | 2,50 | - | - | - | Ligeramente plástico y adherente | suelto | suave | poca | pocas | Abundantes rocas |
| 1,30 | 2,63 | - | - | - | No adherente ni plástico | suelto | suave | No evidenciabl e | No evidenciabl e | Abundantes rocas |

La densidad aparente disminuye levemente con la profundidad de 1.47 a 1.30 g/cm³, producida principalmente por la presencia de arcilla en los horizontes más profundos, en general estos suelos presentan moderados valores de densidad; por otro lado la densidad real se mantiene casi entre 2,50 - 2.63 g/cm³, lo cual indica la baja presencia de cuarzo, pero elevada de otros minerales con menos densidad.

La estructuración es existente solamente en el horizonte A1 y es de tipo bloque, con grado moderado y de clase fina; tomando en cuenta estos datos se observa que la estructuración se ha perdido en los horizontes más profundos producto del excesivo sobre pastoreo y utilización de estas áreas cultivables.

La consistencia es ligeramente plástico y adherente en horizonte A1 y B1 y no adherente ni plástico en el horizonte más profundo B2 en mojado, firme en el primer horizonte y

suelto en los más profundos en húmedo, al mismo tiempo duro en el A1 y suave en el resto de los horizontes en seco, los poros son finos a muy finos en el primer horizonte, disminuyendo en el segundo y sin presencia alguna en el tercer horizonte, de igual modo es el comportamiento de la presencia de raíces en los tres horizontes, por último existe abundante cantidad de piedras y rocas.

Cuadro 33. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la A.V. tipo tólar pajonal.

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/100gS ^a | CIC Meq/100gS ^a | Sat. Bas % | Mat.Org.% | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|------|------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| A | 0-20 | A | 7.15 | 5.99 | 0.043 | 5.65 | 6.02 | 93.9 | 0.29 | 0.05 | 4.69 |
| B1 | 20 - 100 | A | 7.04 | 6.60 | 0.040 | 6.61 | 6.80 | 97.2 | 0.37 | 0.06 | 3.98 |
| B2 | >100 | A | 6.92 | 6.50 | 0.043 | 5.10 | 5.35 | 95.3 | 0.17 | 0.02 | 2.31 |

El suelo presenta ausencia de carbonatos en todos los horizontes, debido a la formación por acumulación de arrastre de suelos coluviales y fluvioacustres, a continuación se describen las siguientes propiedades:

Como se observa en el cuadro 33 y en la figura 50, el presente suelo posee un pH de ligeramente básico a neutro en agua, y en CIK el pH es ácido en el horizonte superior é incrementa con la profundidad hasta llegar a ligeramente ácido, por lo que este suelo presenta medianamente adecuadas características que permiten el crecimiento de una amplia gama de especies vegetales.

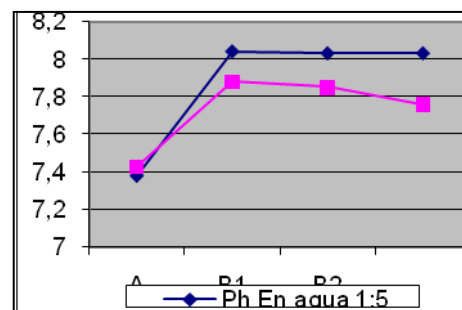


Figura 50. Ph en A.V. Tholar pajonal.

La conductividad eléctrica, según muestra el figura 51, se mantiene constante en todos los horizontes con un valor promedio de 0.042 ds/m 25°C, lo que indica que es un suelo sin presencia de sales.

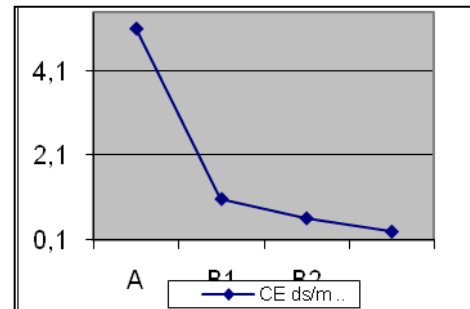


Figura 51. CE en A.V. Tholar pajonal.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presenta valores relativamente similares, disminuyendo con la profundidad de 6.80 meq/ 100 gr suelo a 5.35 meq/ 100 gr suelo; estos datos son considerados como bajos en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, probablemente causados por la excesiva perdida de humedad y erosión al cual esta expuesto.

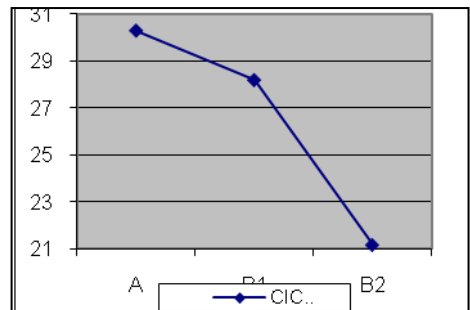


Figura 52. CIC en A.V. Tholar pajonal.

Con respecto a la materia orgánica se puede observar una variabilidad en los diferentes horizontes, pero con baja significancia debido a que están entre 0.37% y 0.17%, en general este suelo se considera como muy pobre en materia orgánica.

El contenido de nitrógeno se mantiene relativamente constante en todos los horizontes con valores de 0,02% y 0,06%., en general la presencia de nitrógeno es deficiente relacionada con el contenido de materia orgánica. La cantidad de fósforo asimilable disminuye con la profundidad con valores que fluctúan de 4.69 a 2.31 ppm, lo cual nos indica que existe baja cantidad de este elemento asimilable y disponible para las plantas.

Tomando en cuenta las características físico químicas este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase III s,h,c** por suelos moderadamente aptos para la agricultura con limitaciones de una deficiencia en la retención de agua, producida por malas características físico químicas del suelo, además del clima severos.

5.4.8 Descripción de suelo. Asociación vegetal tipo chillihuar

Como se observa en el A8, la denominación a la que corresponde es de *Ustocrept typic*, clasificada dentro de la generalización amplia como **Inceptisol**, característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3597 m.s.n.m. ligeramente escarpados ubicados geográficamente en pie de monte bajo con pendientes entre 1-5%, con evidencias de la presencia de climas secos usualmente calientes en verano con presencia de epipedón ócrico, en general son suelos jóvenes caracterizados por la presencia de chillihua (*Festuca dollychophyllia*).



Fotografía 26. Apertura de calicata en la asociación vegetal tipo chillihuar

Existe la presencia de deposiciones fluvio lacustres con aportes coluviales, es moderadamente bien drenado y húmedo a partir de los 20 cm de profundidad, sin presencia de rocosidad, con evidencia de erosión hídrica laminar, sin presencia de sales y álcalis, con influencia de agricultura y pastoreo de animales.

Cuadro 34. Descripción de las propiedades físicas (I) en suelos de la A.V. tipo chillihuar

| HORI ZONTE | PROF (cm) | COLOR | | MOTEO | | GRANULOMETRIA (%) | | | CLASE TEXTURAL | GRAVA (%) |
|------------|-----------|------------------|---------------------------------|-------|-------|-------------------|-------|---------|----------------|-----------|
| | | seco | Húmedo | % | Color | Arena | Limo | Arcilla | | |
| A1 | 0-6 | 7,5 YR 6/2 beige | 7,5 YR 4/3 Café parduzco | - | - | 48,59 | 28,41 | 23,00 | FY | 0 |
| A2 | 6-30 | 7,5 YR 6/1 beige | 7,5 YR 4/2 Café parduzco | - | - | 49,20 | 35,20 | 15,60 | F | 0 |
| B1 | 30 - 78 | 7,5 YR 6/2 beige | 7,5 YR 3/3 Café parduzco fuerte | - | - | 55,20 | 31,20 | 13,60 | FA | 0 |
| B2 | >78 | 7,5 YR 7/1 beige | 7,5 YR 5/2 café parduzco | - | - | 62,40 | 31,20 | 6,40 | FA | 0 |

Como se observa en el cuadro 34, este suelo posee cuatro horizontes bien diferenciados, los cuales poseen en seco el color beige (7,5 YR 6/2 – 7,5 YR 7/1) y en húmedo café parduzco (7,5 YR 4/3 – 7,5 YR 5/2), sin presencia de moteos en ninguno de los horizontes.

La textura es franco arcillosa (FY) en el horizonte A1, seguida de la franca(F) en el A2, franco arenosa en el B1 y B2, como se puede observar la variación se debe a la elevación de la cantidad de arena en horizontes con mayor profundidad, lo cual indica buenas características de drenaje.

Cuadro 35. Descripción de las propiedades físicas (II) en suelos de la A.V. tipo chillihuar

| DENSIDAD | | ESTRUCTURA | | | CONSISTENCIA | | | porosidad | Raíces | pedregosidad |
|--------------------------|-------------------------|-------------------|---------|--------|--------------------------|-----------|----------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| Dap g/cm ³ | Dr g/cm ³ | Tipo | grado | clase | Mojado | Húmedo | Seco | | | |
| 1,35 | 2,63 | granular | finas | fuerte | Adherente y plástico | Firme | Muy duro | Abundante | Comunes y muy finas | No evidenciable |
| 1,43 | 2,38 | granular | mediana | fuerte | Muy adherente y plástico | muy firme | Muy duro | Abundante y fina | Pocas y finas | No evidenciable |
| 1,47 | 2,50 | Bloque subangular | mediana | fuerte | Muy adherente y plástico | muy firme | Muy duro | frecuentes y finas | Muy pocas y muy finas | No evidenciable |
| 1,49 | 2,63 | Bloque subangular | mediana | fuerte | adherente y plástico | firme | duro | pocas y finas | No evidenciable | No evidenciable |

La densidad aparente se mantiene casi constante en todos los horizontes con valores de 1,35 a 1,49 g/cm³, disminuyendo levemente con la profundidad, debido a la presencia de arena, en general estos suelos presentan moderados valores de densidad; por otro lado la densidad real se mantiene casi entre 2,50 - 2.63 g/cm³, lo cual indica la baja presencia de cuarzo, pero elevada presencia de otros minerales con menos densidad.

La estructuración es de tipo granular en los dos primeros horizontes A1 y A2, seguidos de la estructura de bloque subangular en los horizontes más profundos B1 y B2; de clase fina en el horizonte A1 y mediana en los demás; con grado fuerte en todos los horizontes.

La consistencia es en mojado adherente y plástico en el primer horizonte y muy adherente y plástico en el resto de los horizontes; en húmedo firme en los horizontes A1 y B2 ,

seguido de muy firme en los horizontes intermedios A2 y B2; en seco se caracteriza ser muy duro casi en la totalidad de los horizontes excepto el más profundo B2 donde es duro; la porosidad disminuye con la profundidad de abundante y finas; al mismo tiempo las raíces disminuyen al igual que la porosidad de comunes y muy finas a no evidenciables en el horizonte con mayor profundidad; por último no existe presencia de pedregosidad.

En general este suelo presenta apropiadas características físicas, para el desarrollo de plantas. Al respecto, Alzérreca (1997), menciona que estas praderas se localizan sobre suelos profundos, húmedos, de buena calidad. También Vargas (2002), indica que esta comunidad vegetal en Caquiaviri La Paz, se desarrolla en lechos de ríos y fondo de quebradas, además menciona que Orsag (1993), establece a estos en suelos profundos, donde existe mucho sedimento, con alto contenido de materia orgánica y se caracteriza por tener una textura pesada (franco - arcillosos) con pendientes suavemente inclinadas de 5% y puede considerarse un suelo bueno, pero puede presentar problemas de drenaje y alcalinidad.

Cuadro 36. Descripción de las propiedades químicas en suelos de la A.V. tipo chillihuar

| HORIZONTE | PROFUNDIDAD (cm) | CaCO ₃ | Ph | | CE ds/m 25°C 1:5 | TBI Meq/100gS ^a | CIC Meq/100gS ^a | Sat. Bas % | Mat.Org.% | N Total % | P asimil. ppm |
|-----------|------------------|-------------------|------|------|------------------|----------------------------|----------------------------|------------|-----------|-----------|---------------|
| A1 | 0-6 | A | 7.38 | 7.43 | 5.130 | 29.94 | 30.28 | 98.9 | 3.92 | 0.27 | 6 |
| A2 | 6-30 | A | 8.04 | 7.88 | 1.086 | 28.08 | 28.18 | 99.7 | 2.45 | 0.14 | 1.06 |
| B1 | 30 - 78 | A | 8.03 | 7.85 | 0.628 | 21.09 | 21.17 | 99.6 | 2.17 | 0.12 | 1.046 |
| B2 | >78 | A | 8.03 | 7.76 | 0.310 | 23.48 | 23.57 | 99.6 | 0.67 | 0.04 | 2.94 |

El suelo presenta ausencia de carbonatos en todos los horizontes, debido a la formación por acumulación de arrastre de suelos coluviales y aluviales, a continuación se describen las siguientes propiedades:

Como se observa en el cuadro 37 y la figura 53, el presente suelo posee un pH de ligeramente básico a básico tanto en agua como en CIK, incrementando su valor con la profundidad de 7.38 a 8.03, por lo que este suelo presenta restricciones para el desarrollo de algunas especies forrajeras.

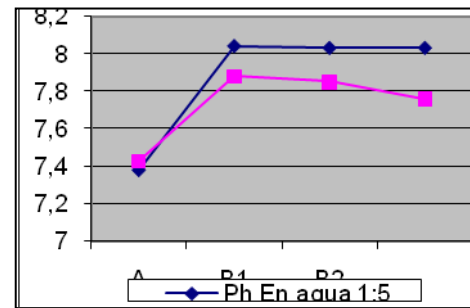


Figura 53. Ph en suelos de la A.V. Chillihuar

La conductividad eléctrica, según muestra la figura 54, disminuye con la profundidad presentando valores de 5.130 ds/m 25°C a 0.310 ds/m 25°C, lo que indica que es un suelo levemente salino, debido a la presencia de sales en el primer horizonte.

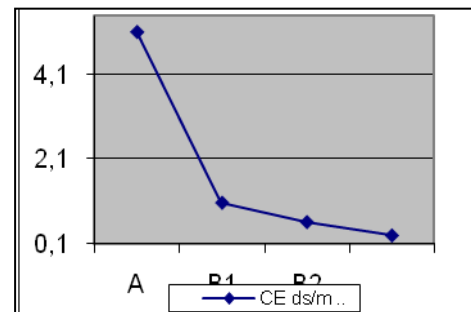


Figura 54. CE en suelos de la A.V. Chillihuar

La CIC presenta valores que varían en todos los horizontes y fluctúan entre 30.28 meq/100 gr suelo en el horizonte A1, 28.18 meq/100 gr suelo en el horizonte A2, 21.17 meq/100 gr suelo en el horizonte B1 y 23.48 meq/100 gr suelo en el horizonte B2; estos datos son considerados como moderados en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo, lo que indica que existe la probabilidad de buenos rendimientos por el alto contenido de materia orgánica vegetal.

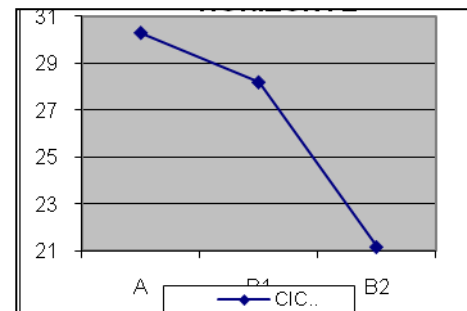


Figura 55. CIC en suelos de la A.V. Chillihuar

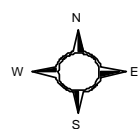
Con respecto a la materia orgánica disminuye con la profundidad con valores de 3.92% a 0.67%, en general este suelo, puede ser clasificado con moderada cantidad de materia orgánica.

El contenido de nitrógeno se mantiene relativamente constante en todos los horizontes con valores de 0,04% a 0,27%, en general la presencia de nitrógeno es deficiente. La cantidad de fósforo asimilable es variable en todos los horizontes, con valores que fluctúan de 6 a 1.06 ppm, lo cual nos indica que existe baja cantidad de este elemento asimilable. Al mismo tiempo es importante detallar que el ligero incremento en el último horizonte puede tener su origen en el material parental.

Tomando en cuenta las características físico químicas este suelo según su capacidad de uso pertenece a la **Clase I c** por presentar suelos aptos para la agricultura con limitaciones de clima.

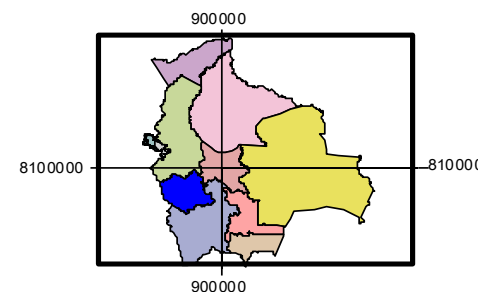
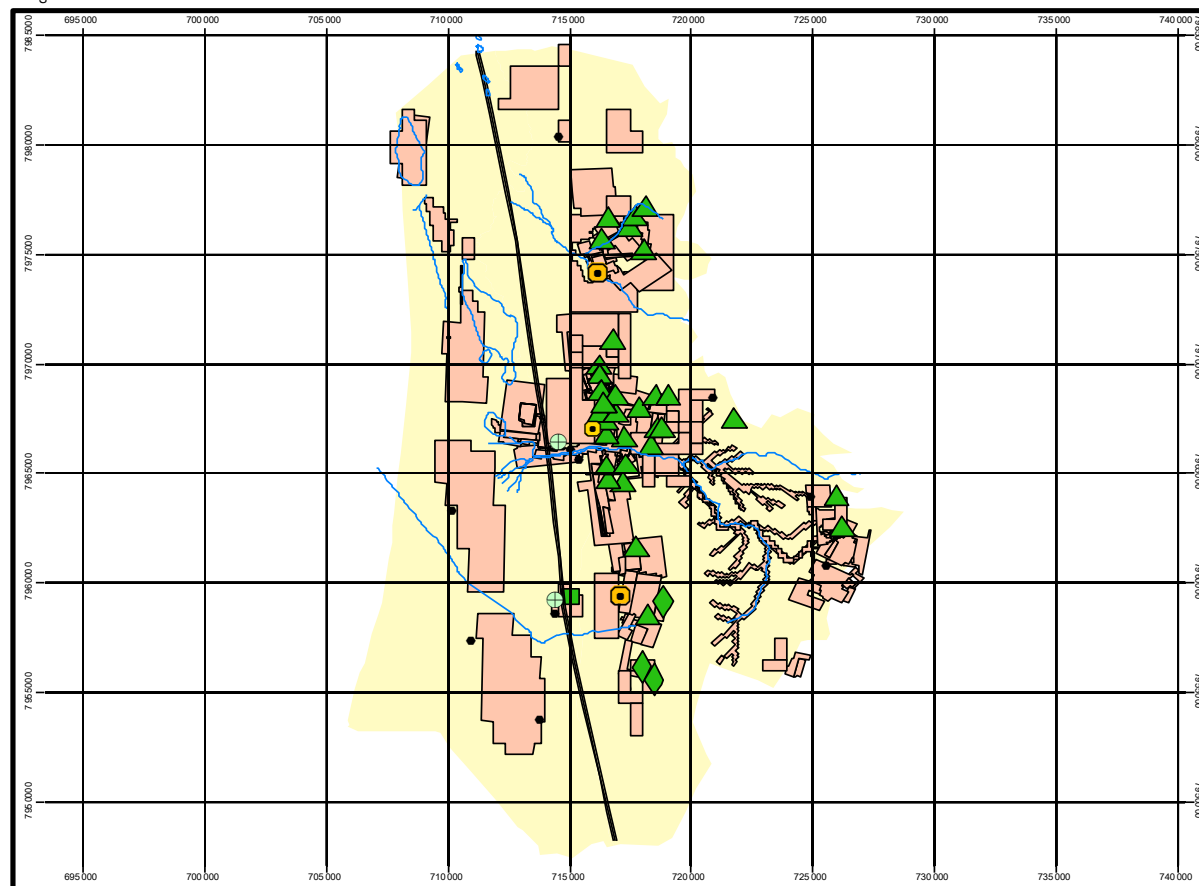
Orsag (1993) citado por Vargas (2002), indica que este suelo posee un pH promedio de 7,36 clasificada dentro del rango de neutro a ligeramente alcalino, debido a su baja permeabilidad y se encuentran saturados de bases.

5.5. ACTIVIDADES MINERAS EXISTENTES EN EL SECTOR OESTE DEL MUNICIPIO



MAPA DE ACTIVIDADES MINERAS MUNICIPIO DE POOPO - SECTOR OESTE

PROYECTO ECONOMIA AMBIENTAL
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ORURO
PROVINCIA POOPO
MUNICIPIO DE POOPO



- Municipio de Poopo - Sector Oeste
- Concesiones mineras
- Explotaciones metalicas
- Carretera Oruro - Potosi
- Poblaciones importantes
- Desmontes
- Pasivos ambientales
- Pasivos ambientales



Mapa 5. Áreas de explotación minera – Municipio de Poopo

5.5.1 Compañía Minera Tiahuanacu S.A. – Planta de concentración

La empresa minera Tiahuanacu en operación trabaja de forma formal y ordena en el tratamiento y en la concentración del mineral.

5.5.1.1 Ubicación:

La planta de concentración se encuentra ubicada en el Cantón Poopo, Provincia Poopo del departamento de Oruro, situada a una altura de 3689 m.s.n.m. de acuerdo al equipo de georeferenciación sus coordenadas de ubicación son 713046 - 7966717

5.5.1.2 Minerales explotados:

Los minerales tratados son Blenda ZnS ; jamesonita $Pb Fe Sb S$, Frankeita y cilindrita $Pb Sn + Sb Fe + Sn + S$.

5.5.1.3 Principales fuentes de contaminación

Residuos líquidos:

Existen impactos al medio ambiente por la presencia de relaves y colas antiguas dando lugar a la formación de lixiviados y filtración de desechos hacia las aguas subterráneas y superficiales.

Las cuencas se ven afectadas por el transporte de finos a las aguas superficiales por acción del viento.

La maquinaria de la planta de concentración es antigua y su estado es regular, también se observó derrames de aceites y grasas en los alrededores cercanos a los motores.

Los resultados de laboratorio demostraron la presencia de elevados niveles de cloruros, boro, cobre, litio, antimonio y zinc, si bien los niveles no son alarmantes están fuera de los límites establecidos en el reglamento.

Residuos Sólidos:

Los residuos sólidos provenientes del proceso minero – metalúrgicos son depositados en el suelo, de manera diseminada y sin control, la estimación de volúmenes es de 45.000 m³ de colas y relaves.

Emisiones a la atmósfera:

Durante los procesos de tratamiento del mineral se producen partículas finas resultado de la trituración y molienda que emite el aire por lo tanto acumulaciones de cola contribuyen a la contaminación de la atmósfera.

5.5.1.4 Medidas de control y monitoreo:**Medidas para controlar los residuos líquidos:**

Tienen una presa de colas donde depositan todo el material resultante de la operación de la planta.

Medidas para controlar los residuos sólidos:

La presa de colas de una medida de mitigación para controlar la contaminación, todos los residuos descargan en la presa, pero no prevé el uso de una ge membrana para evitar las infiltraciones al suelo y los acuíferos.

Se observo la erosión y la compactación y salinización de los suelos cercanos a la planta de concentración y las áreas de disposición fina de residuos.

Medidas para controlar las emisiones a la atmósfera:

No aplican o no tiene métodos para minimizar los gases y partículas suspendidas a la atmósfera.

5.5.2 Empresa Minera San Francisco

La empresa minera San Francisco efectúa la explotación metálica de minerales complejos.

5.5.2.1 Ubicación:

El yacimiento Minero de San Francisco se encuentra ubicado en el Cantón Poopo, Provincia Poopo del departamento de Oruro.

5.5.2.2 Minerales explotados:

Se producen los concentrados de estannita CuFeSnS , galena PbS y escalerita ZnS , existiendo un potencial muy significativo.

5.5.2.3 Volumen de explotación:

La capacidad de producción de esta mina alcanza a 20 toneladas por el momento.

5.5.2.4 Situación legal ambiental:

La mina san francisco y el complejo minero Tiahuanaco pertenecen al mismo concesionario, ambas minas tienen su documentación ambiental legal.

5.5.2.5 Principales fuentes de contaminación

Residuos líquidos:

De acuerdo a resultados de identificación y composición de los residuos – desmontes y colas se evidencio la presencia de piritita y arsenopiritita principales causantes de la acidificación desagua y que contribuyen a la contaminación de los acuíferos y aguas superficiales por drenaje- acido roca.

Residuos Sólidos:

La inadecuada disposición de los residuos sólidos entre desmontes colas, chatarras genera impactos ambientales. La estimación de volúmenes de colas es de 15000 m³ y de desmontes es de 15000m³es de 45.000 m³ en su mayoría sulfurosos.

Emisiones a la atmósfera:

Existen emisiones de gases y olores, resultado de las detonaciones y partículas suspendidas en la extracción del mineral.

5.5.2.6 Medidas de control y monitoreo:

Medidas para controlar los residuos líquidos:

Tienen una presa de colas donde se almacena las colas y el agua resultante en el proceso minero – metalúrgico. No prevé el empleo de ge membranas para evitar infiltraciones al suelo y a las aguas subterráneas.

Medidas para controlar los residuos sólidos:

La contaminación del suelo es muy grave dada la cantidad de residuos de carácter minero, tales como desmontes actuales y antiguos aceites, grasas y otros productos químicos.

No cuenta con ningún sistema de control para evitar que los residuos se dispersen por el área y entren en contacto directo con aguas meteóricas elevando las posibilidades de generación de drenaje ácido de roca. Además de los problemas que genera la pérdida de suelo a causa de la erosión y resecamiento del mismo.



Fotografía 28. Pasivos ambientales en cercanías de mina San Francisco

Medidas de para controlar las emisiones a la atmósfera:

San francisco no aplica mecanismos o sistemas que controlen las emisiones y reduzcan la generación de partículas suspendidas.

5.5.3 Cooperativa Minera Poopo

La cooperativa minera Poopo Ltda..., desde su fundación ha efectuado la explotación del yacimiento muchas veces apoyados con asistencia técnica proporcionada por COMIBOL o de algunas empresas privadas.

Durante el tiempo que estuvo a cargo de la cooperativa la mina Poopo, se han desarrollado 22 secciones siendo las principales Santo Toribio, blanquita, Chaccha cruz, Nivel Once, Pampa Rosario, Falsuri, de estas Cackcha Cruz se encuentra sin actividad.

5.5.3.1 Ubicación:

El yacimiento Minero se encuentra ubicado en el Cantón Poopo, Provincia Poopo del departamento de Oruro, sobre la falda de la cordillera oriental a 3720 m.s.n.m.

5.5.3.2 Minerales explotados:

El yacimiento de Poopo tiene un potencial de minerales complejos blenda ZnS, jamesonita PbFeSbS y cilindrita Pb Sn + Sb Fe+ Sn S.

5.5.3.3 Principales fuentes de contaminación

Residuos líquidos:

Tienen drenaje ácido de mina con un caudal de 3 litros por minuto, los desmontes al tener en su composición de sulfuros, entran en contacto con aguas meteóricas mas las condiciones atmosféricas, provoca reacciones químicas generando fluidos contaminantes o el drenaje ácido de roca.

Residuos Sólidos:

Los residuos sólidos provenientes de la actividad minera son depositados en el suelo, de manera diseminada y sin ninguna medida de control.

El volumen de los pasivos ambientales es de 45000 m³ y colas 30000 m³. Se evidencio los problemas de desertificación de los suelos en clarea circundante a la mina.

Emisiones a la atmósfera:

El impacto a la atmósfera es localizado y permanente, por el proceso de extracción del mineral también existen emisiones de gases resultados de las detonaciones y partículas suspendidas por el movimiento de tierras.

5.5.3.4 Medidas de control y monitoreo:

Medidas para controlar los residuos líquidos:

No tienen medidas de control para la descarga de agua copegaria. El suelo no es impermeabilizado incrementando la posibilidad de infiltraciones que pudieran alterar la calidad de los acuíferos, alterar el suelo o la estabilidad de acumulaciones de residuos y estructuras.

Medidas para controlar los residuos sólidos:

Los impactos son directos y localizados en áreas de disposición de residuos sólidos. No cuentan con medidas de control de los residuos sólidos mineros, no existen monitoreos de las acumulaciones de residuos mineros que permitan conocer las condiciones de estabilidad de los sistemas de prevención y control de la contaminación.

Medidas para controlar las emisiones a la atmósfera:

No prevé el uso de agua en la ejecución de sus actividades para minimizar la generación de partículas suspendidas.



Fotografía 29. Vista de actividad minera realizada en la cooperativa Poopo

CUADRO 37. ACTIVIDADES MINERAS EN EL MUNICIPIO DE POOPO

| NOMBRE DE LA MINA | UBICACIÓN | | TIPO DE MINERAL EXTRAIDO | ESTADO ACTUAL DE LA MINA |
|--|-----------|---------|--|--------------------------|
| | E | O | | |
| Compañía Minera Tiahuanacu S.A. | 713046 | 7966717 | Los minerales tratados son Blenda ZnS; jamesonita Pb Fe Sb S, Frankeita y cilindrita Pb Sn + Sb Fe + Sn + S. | En funcionamiento |
| Empresa Minera San Francisco | 715689 | 7912124 | Se producen los concentrados de estannita CuFeSnS, galena PbS y escalerita ZnS, | En funcionamiento |
| Cooperativa Minera Poopo | 7135457 | 7932357 | blenda ZnS, jamesonita PbFeSbS y cilindrita Pb Sn + Sb Fe+ Sn S. | En funcionamiento |

5.6 EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Cuadro 38. Metales pesados en el Municipio de Poopo

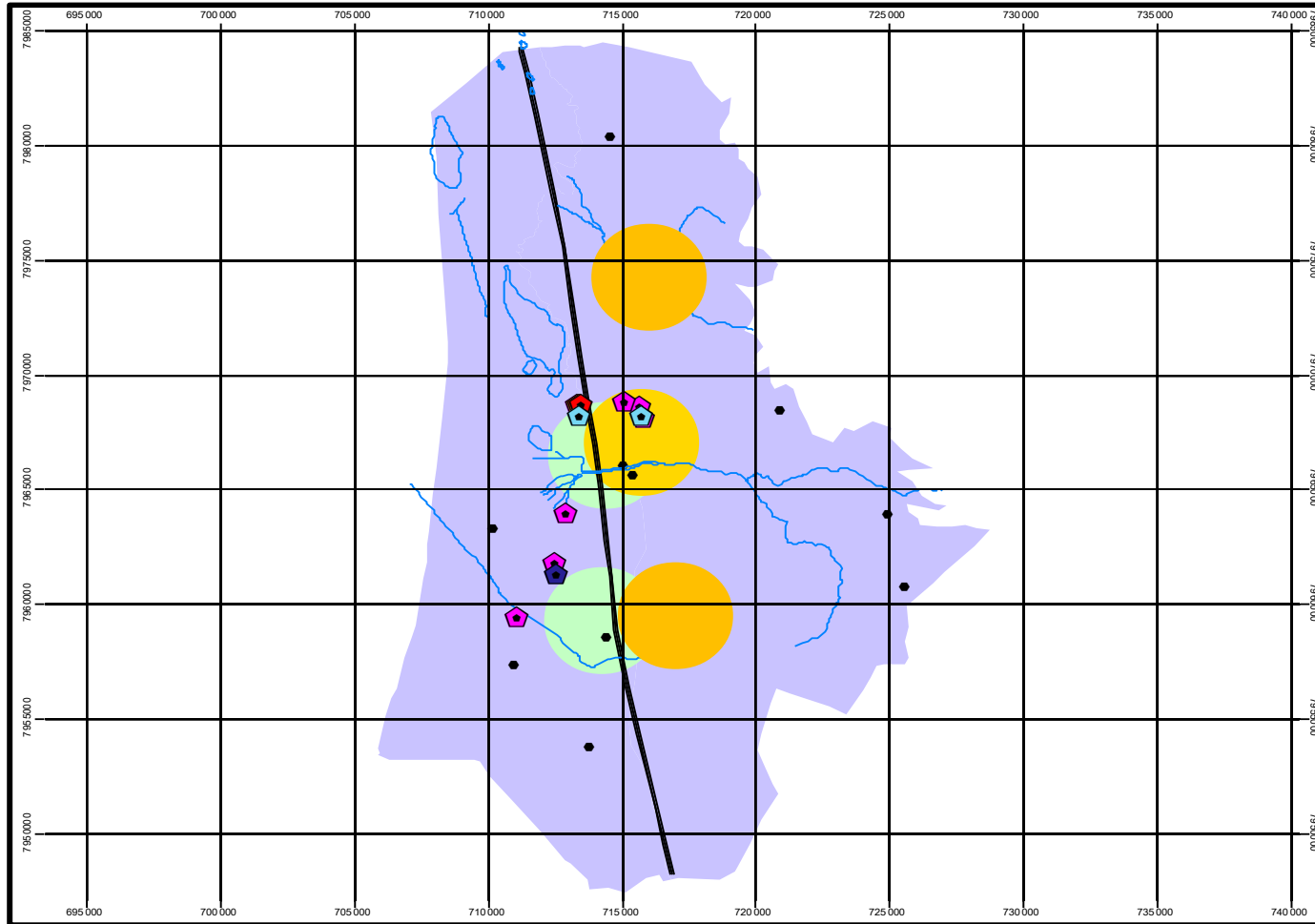
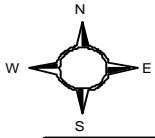
| LUGAR | SITIO | Lugar | Prof. Cm | Pb | Cu | As | Cd |
|----------------------------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| POOPO | 1 | | 0-25 | 60,68 | 37,97 | 56,91 | 0,86 |
| POOPO | 2 | | 0-25 | 143,65 | 26,25 | 84,87 | 1,04 |
| POOPO | 3 | | 0-25 | 3360 | 13,44 | 202,49 | 0,43 |
| POOPO | 4 | | 0-25 | 68,74 | 16,18 | 51,18 | 0,39 |
| POOPO | 5 | | 0-25 | >10000 | 614,89 | 93,25 | 24,61 |
| POOPO | 6 | | 0-25 | 160,16 | 24,58 | 50,66 | 2,1 |
| POOPO | 7 | | 0-25 | 23,09 | 34,34 | 32,59 | 0,18 |
| POOPO | 8 | | 0-25 | 26,67 | 31,98 | 73,22 | 0,5 |
| POOPO | 9 | | 0-25 | 36,4 | 23,1 | 26,4 | 0,52 |
| POOPO | 10 | | 0-25 | 18,1 | 11,7 | 17,2 | 0,32 |
| POOPO | 11 | | 0-25 | 17,6 | 10,7 | 11,7 | -0,01 |
| POOPO | 12 | | 0-25 | 121 | 23,9 | 20,1 | 0,49 |
| POOPO | 13 | | 0-25 | 52,2 | 45,6 | 37,9 | 0,48 |
| POOPO | 14 | | 0-25 | 173 | 30,1 | 73,1 | 2,14 |
| POOPO | 15 | Tolapampa | 0-25 | 0,402 | 0,214 | 0,402 | 0,031 |
| POOPO | 16 | lswaya | 0-25 | 1,849 | 0,725 | 0,000 | 0,000 |
| POOPO | 17 | lswaya | 0-25 | 0,393 | 0,091 | 0,000 | 0,018 |
| POOPO | 18 | Poopo | 0-25 | 0,742 | 0,151 | 0,000 | 0,007 |
| POOPO | 19 | Calamarka | 0-25 | 0,729 | 0,152 | 0,000 | 0,020 |
| POOPO | 20 | Copavinto | 0-25 | 0,146 | 0,072 | 0,000 | 0,012 |
| POOPO | 21 | Copavinto | 0-25 | 0,341 | 0,109 | 1,833 | 0,017 |
| POOPO | 22 | Tolapampa | 0-25 | 0,261 | 0,251 | 0,000 | 0,016 |
| 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 María (1997) - Rango Común y Máximo Tolerable, Kloque (1980)

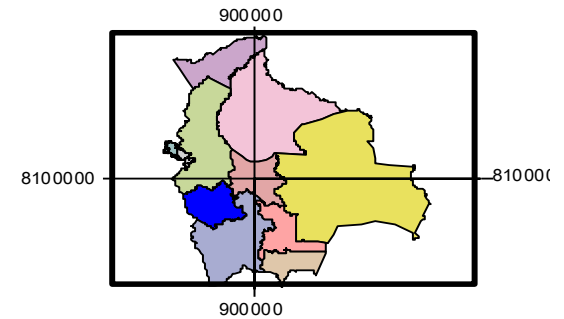
Concentración Total Crítica (CTC), Rams y Steines (1994)

Concentración Crítica (CC), Unión Europea

PRESENCIA DE METALES PESADOS MUNICIPIO DE POOPO - SECTOR OESTE



PROYECTO ECONOMIA AMBIENTAL
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ORURO
PROVINCIA POOPO
MUNICIPIO DE POOPO



- Municipio de Poopo - Sector Oeste
- Carretera Oruro - Potosi
- Poblaciones importantes
- Desmontes
- Pasivos ambientales
- Rios
- Plomo
- Zinc
- Cobre
- Manganeso
- Cadmio
- Arsenico

Mapa 6. Presencia de metales pesados con niveles por encima de los limites permisibles

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 edafo - climáticas pueden ser bastante diferentes.

Cuadro 39. Límites permisibles para la presencia de metales pesados en la Region

| CONTAMINANTE | LÍMITES EN ppm | | | | |
|--------------|-------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| | LÍMITES FAO(1) | RANGO COMUN2) | 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 María (1997)
 (2) Rango Común y Máximo Tolerable, Kloque (1980)
 (3) Concentración Total Crítica (CTC), Rams y Steines (1994)
 (4) Concentración Crítica (CC), Unión Europea

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
- y la Concentración Crítica de la Unión Europea.

Cabe resaltar que lastimosamente, no existen parámetros permisibles para todos los metales y elementos.

Cobre en: Villa Poopó, Queso Quesuni, Callipampa, Puñaca, Copavinto, Bisaya y Tolapampa.

Los resultados obtenidos muestran que realizando el análisis en los sitios indicados, que el Cobre presenta un nivel que sobre pasa el limite permisible sugerido por todos los parámetros permisibles en el sector de Villa Poopo con un valor de 614.89 ppm específicamente el sector de las quemadillas que son acumulaciones de residuos de la producción minera, también existe presencia significativa que sobrepasa los limites de rango común con valores que oscilan de 24.58 a 34. 54 en el sector de Puñaca y queso quesuni.

El sector que presenta menor nivel de cobre es el sector de Tolapampa ya que se encuentra mas al norte del área de influencia de explotación minera, pero indicar que debido a las condiciones de bonanza en la producción minera en este sector se encuentran empresas que están realizando estudios para trabajos de apertura de minas.

Plomo en: Villa Poopó, Queso Quesuni, Callipampa, Puñaca, Copavinto, Iswaya y Tolapampa.

Los resultados obtenidos muestran que realizando el análisis en los sitios indicados, que el Plomo presenta un nivel que sobre pasa el limite permisible sugerido por todos los parámetros permisibles en el sector de Villa Poopo con un valor de 3360 ppm al igual que en el sector de las quemadillas con un valor superior a los 10000 ppm que son acumulaciones de residuos de la producción minera, también existe presencia significativa que sobrepasa los limites de rango común con valores que oscilan de 160 ppm y 173 ppm en el sector de puñaca y Iswaya.

Los sectores que presentan menor nivel de plomo son el pie de montes de los sectores de tolapampa y copavinto ya que se encuentra mas alejados del área de influencia de explotacion minera.

El plomo es un elemento no esencial para las plantas, por consiguiente su presencia en los suelos no es de gran importancia para las plantas, pero su acumulación en los suelos puede afectar a los cultivos y forrajes posteriormente la salud de los hombre y animales.

Arsénico en: Villa Poopó, Queso Quesuni, Callipampa, Puñaca, Copavinto, Iswaya y Tolapampa.

Los resultados obtenidos muestran que realizando el análisis en los sitios indicados, que el Arsénico presenta un nivel que sobre pasa el limite permisible sugerido por todos los parámetros permisibles en el sector de Villa Poopo con un valor de 84.87 ppm al igual que en el sector de las quemadillas con un valor de 93.25, como también en el sector de puñaca con un valor de 73.22 ppm y el sector de Queso quesuni con un valor de 50.66 ppm. Indicar que los puntos indicados se encuentran en parte de la cuenca del rio Poopo por lo que se puede afirmar que esta acumulación de arsénico se debe al arrastre de este elemento y su consiguiente acumulación por efecto de la producción minera.

El plomo es un elemento no esencial para las plantas, por consiguiente su presencia en los suelos no es de gran importancia para las plantas, pero su acumulación en los suelos puede afectar a los cultivos y forrajes posteriormente la salud de los hombre y animales.

Cadmio en: Villa Poopó, Queso Quesuni, Callipampa, Puñaca, Copavinto, , Iswaya y Tolapampa.

El cadmio se caracteriza por ser particularmente tóxico para los animales y por consiguiente su presencia excesiva en los suelos puede afectar la vegetación y luego a los animales que se alimentan de esta.

El sector de Villa Poopo en proximidades de las quemadillas presenta un valor de 24.61 ppm que exceden todos los limites permisibles, sin embargo los demás sitios no muestran niveles altos que sobrepasen los parámetros.

6. CONCLUSIONES

- Las condiciones climáticas del municipio de Poopó, presenta temperaturas promedio máximo de 19.9°C y mínimo -10.72°C, con precipitaciones mayores de diciembre a marzo, con una media de 228,26 mm/año.
- De un total de superficie de 954,47 km², las asociaciones vegetales existentes, según la fisiografía son: pajonal de sicuya (serranía alta y media y pie de monte superior) con 30,7%; el gramadal (depresión fluvio lacustre, llanura eólica) con 24,6%; Kauchal (depresión fluvio lacustre, llanura eólica) con 13,1%; kaillar (pie de monte inferior) con 11,41%; pajonal de paja brava (pie de monte inferior y abanico aluvial) con 6,8%; kotal (llanura eólica) con 5,8%; tholar pajonal (colina baja y pie de monte superior) con 4,4% y por último el chillihuar (colina baja y pie de monte inferior) con solo 3,6%.
- El sicuyar está dominado por la *Stipa ichu* (sicuya), *Bacharis incana* (ñaca thola), y el *Tetraglochin cristatum* (kailla), además de gramíneas de porte bajo, con cobertura vegetal de 49 a 69%, un rendimiento de 568 a 1120 kg MS/ha con una capacidad de carga ovina de 1 a 6,7 UO/Ha otorgando una sostenibilidad de 29 400 a 192 400 UO. Su suelo **Entisol Ustorrent lític**, característico de zonas al altura mayor a 3850 m.s.n.m. con pendientes arriba de 30% con drenaje malo y seco, de textura franco arenosa (FA), sin presencia de sales y álcalis, de baja influencia humana; pH neutro a básico (7,18 – 8,18), fertilidad baja con CIC de 5,51meq/100 gr de suelo y un 93% de saturación de bases. Por su capacidad de uso es de **Clase VI v,c,e,t,s** presentando severas limitaciones para el pastoreo, clima con deficiencia de agua y bajas temperaturas, erosión en surcos y cárcavas; topografía con pendientes muy pronunciadas, relieve accidentado y un suelo escasamente desarrollado.
- En el gramadal hay dominancia de *Distichilis humilis* (chiji blanco) y *Mulenbergia fastigiata* (chiji negro), la cobertura vegetal es de 70 a 88% con un rendimiento de 436,8 a 689,6 Kg MS/ha y una capacidad de carga ovina de 1 y 5 UO/ha y una soportabilidad de 26 800 a 116 500 ovinos respectivamente. El suelo es **Inceptisol Halplagept limnic** que se caracteriza por una altitud de 3594 m.s.n.m., con pendientes de 1 – 2%, moderadamente drenado, de textura franco arcillosa (FY), resistente al pastoreo; con presencia de depósitos salinos de pH neutro a básico, con regular fertilidad con CIC de 46,19 meq/100gr de suelo y un % de Saturación de Bases de 99,1. Posee una capacidad de uso de **Clase V c,s**, por presentar severas limitaciones con inundaciones o exceso de agua en época de lluvia además de presencia de sales, por lo que es restringido su uso al pastoreo.
- El kauchal presenta la especie *Suaeda foliosa* (Kauchi), el *Atriplex sp* (pasto salado) y la *Distichilis húmilis* (chiji negro), con una cobertura vegetal de 46 a 63% con un rendimiento de 850 a 1 330 kg M.S./Ha dando lugar a una capacidad de carga ovina de 2 a 12 UO y sostenibilidad de .El suelo es **Inceptisol Halochrept limnic** encontrada a una altitud de 3575 m.s.n.m. con pendientes de 1 - 2%, imperfectamente drenada y húmeda, de textura franca, con leve compactación; con presencia elevada de sales, de pH ligeramente ácido a ligeramente básico (6,39 – 7,5) , de regular fertilidad con CIC de 49,24 meq/gr de

suelo y un % de saturación de bases de 99,3. Por su capacidad de uso es de **Clase VII s,c** por presentar severas limitaciones de suelo y clima, este suelo es limitado para su uso al pastoreo y no es recomendado para cultivos u otro tipo de actividad.

- El kaillar presenta la especie *Tetraglochin cristatum* (Kailla), *Bacharis incana* (Ñaca thola), la *Stipa ichu* (paja amarilla) y *Distichlis humilis* (chiji blanco), con cobertura vegetal de 44 a 64% y rendimiento de 450 a 820 kg MS/Ha, con capacidad de carga ovina de 0,5 a 3 UO/Ha y una sostenibilidad de 59 00 a 32 100 UO. Los suelos son **Entisol antrust litic**, ubicados a una altitud de 3610 m.s.n.m. con inclinaciones de 2 a 5%, imperfectamente drenados y secos, con elevada influencia humana considerándose como campos en descanso (CADES), utilizadas como áreas de pastoreo; sin presencia de sales, de pH básico, baja fertilidad, con CIC de 6,8 meq/100 gr de suelo y un % de saturación de bases de 97,2. Por su capacidad de uso es de **Clase VI s,c**, por lo que son no arables, presentan severas limitaciones de suelo y clima, este suelo es moderadamente apto para el pastoreo y no así apto para cultivos u otro tipo de actividad.
- El pajonal de paja brava presenta la *Festuca orthophylla* (paja brava), seguida por otras especies de porte bajo con cobertura vegetal de 58 a 75% y rendimiento de 340 a 950 kg M.S./Ha con capacidad de carga ovina de 0,5 a 5,7 UO/Ha dando una sostenibilidad de 3 300 a 37 000 UO. El suelo es **Inceptisol Ustargept tipic**, ubicados a 3720 m.s.n.m. de 0 a 15% de pendiente, con mal drenaje y de baja humedad, de textura franco arenosa (FA), con influencia de actividades mineras, ganadería y agricultura, mediana resistencia al pisoteo de animales y laboreo agrícola; sin presencia de sales, de pH ligeramente básico a básico, de baja con CIC de 22,97 meq/100 gr de suelo y un % de saturación de bases de 99,7. Por su capacidad de uso es de **Clase IV s,c,h** por ser no arables y presentar severas limitaciones de suelo y clima, este suelo es moderadamente apto para el pastoreo y no así apto para cultivos u otro tipo de actividad.
- El kotal presenta la especie *Anthobrium sp.*(Kota), la *Festuca orthóphilla* (paja brava), *Muhlenbergia*, además de otras gramíneas de porte con cobertura vegetal de 62 a 78% y rendimiento de 1910 a 3120 kg M.S./Ha dando una capacidad de carga ovina de 1 a 7,5 UO/Ha y una sostenibilidad de 6 400 UO en época seca y 41 800 UO en época húmeda. El suelo corresponde a **Inceptisol Ustargept tipic**, ubicados a 3720 m.s.n.m. con pendientes de 0 a 5%, moderadamente drenado y húmedo, de textura franco arenosa (FA) con influencia de pastoreo de camélidos y ovinos con una leve oxidación y una rápida pérdida de humedad, con baja resistencia al pisoteo de los animales; sin presencia de sales, de pH ligeramente ácido a ligeramente básico, con baja fertilidad con CIC de 12,12 meq/100 gr de suelo como máximo y un % de saturación de bases de hasta 99,7%. Por su capacidad de uso es de **Clase VI s,c** no arable pertenece por presentar limitaciones para el pastoreo y en la retención de agua, producida por malas características del suelo, por lo que su uso se restringe al pastoreo ocasional.
- El tholar pajonal se caracteriza por la *Bacharis incana* (Ñaca thola la *Stipa ichu* (stipa ichu), *Tetraglochin cristatum* (Kailla) y la *Distichlis humilis* (Chiji blanco), con cobertura vegetal con 52 a 75% y rendimiento de 490 a 1210 kg M.S./Ha con capacidad de carga ovina de 1 a 7 UO/Ha y un sostenimiento de 3 700 a 30 400

UO. El suelo es **Entisol Ustantrent tipic**, característico de zonas con elevaciones mayores a 3820 m.s.n.m. con pendientes de 2 a 10%, es moderadamente bien drenada, de texturas franco arenosas (FA), con influencia de agricultura por ser campos en descanso (CADES), también estar en pastoreo y con actividad minera, con sobre pastoreo y utilización de estas áreas cultivables; de pH ácido a ligeramente básicos sin presencia de sales, baja fertilidad del suelo con CIC de 6,8 meq/100 gr de suelo como máximo y un % de saturación de bases de 97,2. Por su capacidad de uso es de **Clase III s,h,c**, es no arable y es moderadamente apto para la agricultura con limitaciones de retención de agua, además de clima severo.

- Los chillihuares se caracterizan la *Festuca dolichophylla* (chillihua), el *Calamagrostis vinacunarum* (crespillo), la *Mulenbergia fastigiata* (chiji negro) y la *Lachemilla pinnata* (silu- sillu) con cobertura vegetal de 58 a 80% y rendimiento de materia seca de 990 a 2 210 kg M.S./Ha en época húmeda con capacidad de carga de 2 a 16 UO/Ha y capacidad de sostenimiento de 8 300 UO en época seca y 55 600 UO en época húmeda. El suelo es **Inceptisol, Ustocrept tipic**, suelo con influencia de agricultura y pastoreo de animales, con buenas características de drenaje y resistencia al laboreo cultural y pisoteo de animales, de textura franco arcillosa a franco arenosa; de pH ligeramente básico a básico, levemente salino, moderado en cuanto se refiere a la fertilidad, con CIC de 30,28 meq/100gr de suelo y un % de saturación de bases de 99,7. Por su capacidad de uso es de **Clase I c**, es un suelo apto para la agricultura con limitaciones de clima.
- La presencia de metales pesados con niveles que sobrepasan los límites permisibles, tienen una relación inversamente proporcional al área influida por la actividad minera, por consiguiente en lugares próximos a Villa Poopo, Quesu Qesuni y Puñaca, existen niveles críticos en lo referente a la contaminación de Cobre, Plomo, Arsenico y Cadmio, en cambio en lugares alejados a estos sectores como las comunidades de Tholapampa, Kellia y Copavinto, la contaminación en el suelo por estos metales es mínima y se encuentran dentro de los límites permitidos. No obstante la condición propia de la zona y la reactivación minera debido a mejores precios a nivel internacional de metales y no metales provocaría en un futuro muy cercano nuevas zonas de explotación minera, lo cual afectaría significativamente a estas comunidades.

7. RECOMENDACIONES

- Elaborar proyectos de manejo sostenible para la preservación del ecosistema actual de la zona.
- Disminuir la actividad agrícola en la zona ya que existe un desequilibrio ecológico en cuanto se refiere al suelo debido a su fragilidad y poca fertilidad, lo cual recae en la pérdida excesiva de áreas agrícolas.
- Considerar a la zona como exclusivamente ganadera, para lo cual se requiere introducir nuevas alternativas productivas que mejoren los ingresos económicos de los pobladores.
- Por las características vegetativas se debe incentivar el incremento de ganadería camélida, debido a sus características rústicas, en cuanto se refiere a su alimentación.
- Mejorar la explotación minera de la región, a través de la implementación de organizaciones, las cuales permitan un diseño adecuado para la extracción de minerales, lo cual recaerá en una eficiente utilización de recursos económicos y medio ambientales.
- Profundizar los estudios de contaminación ambiental en cuanto se refiere a los pobladores y animales de la región, es decir evaluar los niveles de metales pesados en sangre, lo cual permitirá una mejor percepción del grado de gravedad que existe.

8. BIBLIOGRAFIA

- ALZERRECA, H. 1992. Diagnostico y prioridades de investigación en praderas y pasturas del altiplano y alto andino de Bolivia, Proyecto piloto de ecosistemas andinos. Cajamarca - Perú. 88 p.
- ALZERRECA, H. 1992. Recursos forrajeros nativos y la desertificación en las tierras altas de Bolivia. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios (MACA), Instituto Nacional de Fomento Lanero (INFLO), Estudios especializados N° 40. La Paz – Bolivia.
- ALZERRECA, H y GENIN, D. 1992. Los sistemas ganaderos de Bolivia. Convenio IBTA – ORSTOM. La Paz – Bolivia.
- CACERES, M. 1994. Comportamiento y sobre posición alimenticia de tres especies domesticas (ovinos, vacunos y equinos) en el Altiplano Central de Bolivia. Tesis de grado para optar al titulo de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma “Tomas Frías”, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Potosí – Bolivia.
- COPA, G. y ESPEJO, A. 2001. Evaluación agrostologica de pastos nativos y estimación del grado de soportabilidad en áreas de pastoreo en comunidades de Tangalla, Chocorasi y Jiscojo de la provincia Pantaleón Dalence. Fundación Quechuaymara. Oruro – Bolivia.
- FLORES, F. 1995. Utilización comparativa de los campos naturales de pastoreo por el ganado domestico en San José de LLanga (Provincia Aroma del Departamento de la Paz) Tesis de grado para optar el titulo de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A) Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia.
- FLORES. A Y MALPARTIDA, E. 1987. Manejo de praderas nativas y pasturas en la región Andina del Perú, Banco Agrario, Fondo del libro. Lima – Perú, 300 p.

- LA FUENTE, J. 2003. Evaluación de la técnica del redil para ovinos en el manejo de praderas nativas en dos etapas del año agrícola cosecha y siembra. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A) Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia.
- MASSY, N. y VALDIVIA, J. 1995. Mapeo y caracterización de campos naturales de pastoreo del cantón San José de LLanga, USAID. Programa de apoyo a la investigación en rumiantes menores convenio MACA/ IBTA/USAID/SR-CRSP. La Paz – Bolivia 37 p.
- ORZAG, 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.
- PALADINES, M. 1992. Metodología de pastizales para trabajar en fincas y proyectos de desarrollo agropecuario. Proyecto de fomento ganadero – PROFOGAN. Quito - Ecuador. Pp 52 - 85.
- VARGAS, 1997. Caracterización agrostologica del municipio de Caquiaviri. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A) Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia.
- VARGAS, M. 2002. Caracterización del sistema de producción pecuario en la Comunidad San José Centro, Provincia Gualberto Villarroel. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A) Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia.

ANEXOS

**DESCRIPCIÓN DEL CALICATAS (PERFILES DE SUELO)
DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO**

1. Información acerca del sitio de la muestra

| | |
|--|-------------------------------|
| Número e identificación del perfil: | 1 - P P (Poopo Pajonal) |
| Clasificación a nivel de generalización amplia: | Entisol |
| Clasificación taxonómica: | <i>Ustorrent lític</i> |
| Fecha de observación: | 24 Marzo 2007 |
| Autor de la descripción: | Gonzalo Mamani |
| Ubicación: | Cercanías Villa Poopo |

7980099 N

714955 E

Altitud: 3850 m.s.n.m.

Forma del terreno:

Moderadamente Escarpado

Posición fisiográfica del lugar:

Serranía media

Topografía del terreno circundante:

Moderado escarpado

Pendiente donde el perfil ésta situado:

30%

Vegetación o Uso de la tierra:

Pajonal de Sicuya.

Clima:

Frió – seco

Uso de la tierra:

Pastoreo ocasional

2. Información general acerca del suelo

Material de partida:

Areniscas y lutitas intemperizadas

Drenaje:

Clase 2

Condiciones de humedad del suelo:

Seco

Profundidad de la napa freática:

No verificable

Presencia de piedras en la superficie:

excesivamente pedregoso

Evidencia de erosión:

Erosión laminar, en surcos y

cárcavas

Presencia de sales o álcalis:

Ninguna

Profundidad efectiva: 46 cm.

Influencia humana: Baja

3. Descripción de los horizontes del suelo:

A₁ 0 – 26 cm Naranja amarillento en seco (10 YR 7/4) y café amarillento (10 YR 5/6 en húmedo con moteo de color beige pardo (10 YR 8/1) en un 5%. De textura franco arenosa, estructura de bloque sub angular moderada mediana , ligeramente adhetrente y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo y duro en seco, frecuentes poros muy finois, abundante presencia de rocas en forma de grava, muy poca presencia de raíces finas y gruesas, no calcáreo y de limite plano.

A₂ 26 - 40 café amarillento (10 YR 5/4) en seco al igual que en húmedo, sin presencia de moteos de textura franco arenosa, sin estructura, no adherente, no plástico, suelto y blando, Sin presencia de raíces ni porosidad y abundantes piedras y rocas.

B 40 - 63 Naranja amarillento (10 YR 7/4) en seco y café amarillento (10YR 5/6) en húmedo sin presencia de moteos, textura franco arenosa, sin estructuración, ligeramente adherente y plástico, suelto y blando, con abundante presencia de rocas y piedras.

C > 63 cm Café pardusco (10 YR 5/3) en seco y en humedo, sin presencia de moteo de textura franco arenosa, sin presencia de estructura, sin consistencia y con abundante presencia de rocas y piedras.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

1. Información acerca del sitio de la muestra

| | |
|--|----------------------------|
| Numero del perfil e identificación: | 2 - T G |
| Nombre del Suelo: | Inseptisol |
| Clasificación taxonómica: | <i>Halplagept limnic</i> |
| Clasificación a nivel de generalización amplia: | Inseptisol |
| Fecha de observación: | 19 de Marzo 2007 |
| Autor de la descripción: | Gonzalo Mamani |
| Ubicación: | |
| 7976899 N | |
| 710409 E | Cercanías comunidad iswaya |
| Altitud: | 3594 msnm |

Forma del terreno

| | |
|--|--|
| Posición fisiográfica del lugar: | Depresión fluviolacustre |
| Topografía del terreno circundante: | Plano a casi plano pendiente 1-2- % |
| Pendiente donde el perfil ésta situado: | Llano clase 1 – 2% |
| Vegetación o Uso de la tierra: | Pasto salado y chiji negro. Area de pastoreo |
| Clima: | Frió – semi seco |

2. Información general acerca del suelo

| | |
|---|------------------------------------|
| Material de partida: | Sedimentos fluvio lacustres |
| Drenaje: | Clase 2 moderadamente bien drenado |
| Condiciones de humedad del suelo: | Húmedo a partir de 30 cm |
| Profundidad de la napa freática: | 1 m |
| Presencia de piedras en la superficie: | inexistente |
| Evidencia de erosión: | Ninguna |
| Presencia de sales o álcalis: | Superficiales |

3. Descripción de los horizontes del suelo:

| | | |
|-----------------|------------|--|
| Ah ₁ | 0 – 15 cm | Color café pardo (7.5 YR 4/2) en seco y en húmedo café pardusco (7,5 YR 2/3), sin moteo, textura franca arcillosa sin grava, estructura de bloques subangulares medianos, adherente y plastico en mojado, firme en humedo, duro en seco, poros frecuentes muy finos, discontinuos y clastico, muchas raices finas limite plano. |
| Ah ₂ | 15 – 30 cm | Beige en seco (10 YR 6/2) y café amarillento oscuro (7.5 YR 3/4);sin presencia de moteo, de textura ranco arcillosa, sin presencia de grava, estructura de bloques sub angulares mediando , de consistencia adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y duro en seco, poros frecuentes con abundancia de raíces y pedregosidad no evidencible. |
| B | > 30 cm | Beige palido (7.5 YR 8/2) en seco y beige (7.5 YR 6/2), textura arcillosa de bloques angulares moderados medianos, muy adherentes y muy plastica, muy firme en humedo y duro en seco, poros finos discontinuops y caoticos sin presencia de raices, limite ondulado. |

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

1. Información a cerca del sitio de la muestra

Número e identificación del perfil: 3 – TK (tolapamapa - kauchal)
Clasificación a nivel de generalización amplia: **Inceptisol**
Clasificación taxonómica: ***Halochrept limnic***
Fecha de la observación: 25 de marzo 2007
Autor de la descripción: Gonzalo Mamani
Ubicación: Cercanías de la comunidad Iswaya, entrando por Tolapampa.

708681 E
7963544 N

Altitud: 3575 m.s.n.m.
Posición fisiográfica del terreno: Depresion fluvio lacustre
Forma del terreno circundante: Planicie
Pendiente donde el perfil está situado: 1-2%
Vegetación o uso de la tierra: Pradera con Kauchi
Clima: Frío-seco

2. Información general a cerca del suelo

Material de partida: Sedimentos fluvio - lacustres
Drenaje: Moderadamente bien drenado
Condiciones de humedad del suelo: Húmedo a partir de los 0,30 m.
Profundidad de la capa freática: Sin evidencia.
Presencia de piedras en la superficie: Ninguna
Evidencia de erosión: Eólica e hídrica (Laminar)
Presencia de sales o álcalis: Presencia de sales superficiales
Influencia humana: Pastoreo.

3. Descripción de los horizontes del suelo.

A₁ 0-11 cm Beige (10YR 7/2) en húmedo, pardo grisáceo (10YR 4/3) en seco; con presencia de moteos de 20% de color beige claro 10YR 8/1, textura franca sin grava, estructura laminar moderada mediana, adherente y plástico en mojado.

En húmedo firme en duro, porosidad frecuente muy fina Raíces finas, límites gradual y plano.

B_t 11 - 19 cm Beige (10 YR 6/2) en húmedo, pardo grisáceo (10YR 4/3) en seco; con presencia de moteos de 5% de color beige claro (10YR 8/1), textura arcillosa sin grava, estructura bloque angular moderada mediana, adherente y plástico en mojado. En húmedo firme en duro, poca porosidad, raíces finas, límites gradual y plano.

B₂ 20 - 55 cm Beige (10 YR 6/2) en húmedo, pardo grisáceo (10YR 4/3) en seco; con presencia de moteos de 25% de color beige claro (10YR 8/1), textura franco limosa sin grava, estructura bloque angular moderada mediana, adherente y plástico en mojado. En húmedo firme duro, porosidad frecuente fina y discontinua, sin raíces finas.

C₁ mayor a 55 cm De color Beige (10 YR 7/1) en húmedo, pardo grisáceo (10YR 5/3) en seco; con presencia de moteos de 1% de color beige claro (10YR 7/1), textura franco limosa sin grava, estructura bloque angular débil gruesa, muy adherente y plástico en mojado. En húmedo firme duro, porosidad frecuente fina y discontinua, sin raíces finas y con escasa cantidad de grava.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

1. Información acerca del sitio de la muestra

Numero del perfil e identificación:

4 - TK

Clasificación a nivel de generalización amplia:

Inseptisol

Clasificación taxonómica:

Tipic ustropept

Fecha de observación:

24 de Marzo 2007

Autor de la descripción:

Gonzalo Mamani

Ubicación:

Cercanías Comunidad Tolapampa

UTM 721362 E

7965187N

Altitud:

3610 msnm

Forma del terreno:

levemente inclinado

Posición fisiográfica del lugar:

Pie de monte

Topografía del terreno circundante:

inclinación leve

Pendiente donde el perfil ésta situado:

2 – 5 %

Vegetación o Uso de la tierra:

Kailklar

Clima:

frigido

2. Información general acerca del suelo

Material de partida:

Sedimentos coluvio aluviales de

arenisca y gravilla

Drenaje:

Imperfectamente drenado

Condiciones de humedad del suelo:

seco los primeros 20 cm

Profundidad de la capa freática:

No evidenciable

Presencia de piedras en la superficie:

pocas

Evidencia de erosión:

laminar y en surcos)

Presencia de sales o álcalis:

Ninguna

Influencia humana:

Pastoreo y cades

3. Descripción de los horizontes del suelo:

- A 0 – 20 cm Beige (10 YR 6/3) en seco, en húmedo de color café amarillento (10 YR 3/4) en húmedo; clase textural franco arenoso con 24.29% de grava Fino, Estructura bloque angular moderado, fino, de consistencia ligeramente adherente y plástico, firme en húmedo y en seco duro, su porosidad es frecuente y fina , presencia de pocas raíces con frecuentes fragmentos rocosos.
- B 20 – 100 cm Café pardusco (10 YR 5/2) en seco, en húmedo de color café amarillento oscuro (10 YR 3/3); clase textural franco arenoso con 29.24% de grava no tiene estructura y su consistencia es no adherente ni plástico, suelto en húmedo y en seco blando , no tiene porosidad ni presencia de raíces y la pedregosidad es abundante.
- C > 100 cm Café amarillento (10 YR 6/2) en seco, café amarillento (10 YR 4/4) en húmedo, de textura franco arenosa con un 47.5% de grava, carece también de estructura y su consistencia en mojado es adherente y plástico, en húmedo es suelto y en seco es blando, no tiene porosidad ni presencia de raíces, la pedregosidad es muy abundante.

DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO

I Información acerca del sitio de la muestra

Número del perfil e identificación: 5 - CP
Clasificación a nivel de generalización amplia: Inceptisol
Fecha de observación: 15/ 03/2007
Autor de la descripción: Gonzalo Mamani
Ubicación:
 UTM 7954992 E
 714074 N

Altitud: 3720 msnm.
Forma del terreno:
Posición fisiográfica del lugar: pie de monte
Topografía del terreno circundante: Ligeramente escarpado, pendiente entre 0 a 15%
Pendiente donde el perfil está situado: 8%
Vegetación o Uso de la tierra: Paja brava
Clima: frío, semi seco.

2. Información general acerca del suelo

Material de partida: Coluvial, deposiciones fluvio lacustrres
Drenaje: clase 5 , Algo excesivamente drenado.
Condiciones de humedad del suelo: Seco
Profundidad de la capa freática: 1 metros.
Presencia de piedras en la superficie: Ligeramente pedregoso.
Evidencia de erosión: Erosión hídrica laminar, surcos y cárcavas y erosión eólica en época seca.
Presencia de sales o álcalis: Clase 0 , libre de sales y álcalis.
Influencia humana: Actividades mineras, ganadería y agricultura.

3 Breve descripción general del suelo:

Suelos derivados de material coluvial.

4 Descripción de los horizontes del suelo:

- A₁ 0 - 60 cm beige (7.5 YR 6/2) en seco, café pardo (7.5 YR 5/2) en húmedo, moteo con un 50% de color beige claro (7.5 YR 8/1) y 5% de color naranja fuerte (7.5 YR 6/8), con textura franco arenosa, con 5% de grava, estructura en bloques sub angulares fuerte mediano adherente y plástico en mojado, firme en húmedo y duro en seco, presencia de poros finos, existencia de abundantes raíces.
- A₂ 60 - 90 cm Naranja fuerte (7.5 YR 5/2) en seco, café pardo (7.5 YR 5/2) en húmedo, moteo con un 1% de color beige claro (7.5 YR 6/2) y 5% de color naranja fuerte (7.5 YR 6/8), con textura franco arcillosa con 4% de grava, estructura en bloques sub angulares moderado mediano, adherente y plástico en mojado, firme en húmedo y duro en seco, presencia de poros finos, existencia de pocas raíces.
- B_t > 90 cm beige (7.5 YR 7/3) en seco, café pardo (7.5 YR 5/4) en húmedo, moteo con un 20% de color naranja suave (7.5 YR 7/8), con textura arcillosa, con 9% de grava estructura en bloques sub angulares moderado mediano adherente y plástico en mojado, firme en húmedo y duro en seco, presencia de poros finos, no hay la existencia de raíces.

DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO

1. Información acerca del sitio de la muestra

Numero del perfil e identificación: 6 - P K Poopo Kotal
Clasificación taxonómica: *Vertic ustropept*
Clasificación a nivel de generalización amplia: Inseptisol
Fecha de observación: 13 de Marzo 2007
Autor de la descripción: Gonzalo Mamani
Ubicación: Cercanías Villa Poopo

UTM 7970032
711378

Altitud: 3599 m.s.n.m.

Forma del terreno:

Posición fisiográfica del lugar: Llanura aluvial

Topografía del terreno circundante: Plano a casi plano, pendiente de 1 a 2 %

Pendiente donde el perfil está situado: Clase 1 - Llano a casi llano, pendiente de 1 a 2 % con cotas.

Vegetación o Uso de la tierra: Vegetación natural tipo kotal

Clima: Frío, seco.

2. Información general acerca del suelo

Material de partida: Material de origen fluvio lacustre.

Drenaje: Clase 2 - imperfectamente drenado

Condiciones de humedad del suelo: húmedo a partir de los 20 cm

Profundidad de la capa freática: 2 metros

Presencia de piedras en la superficie: Ninguna

Evidencia de erosión: Erosión hídrica laminar y eólica.

Presencia de sales o álcalis: Clase 2-3, Moderadamente a fuertemente afectados por sales y álcalis.

Influencia humana: Pastoreo de camélidos y ovinos

3. Breve descripción general del suelo:

Suelos derivados a partir de material fluviolacustre.

4. Descripción de los horizontes del suelo:

A₁ 0 – 12 > 100 Color café pardo (7.5 YR 5/3) en seco y en húmedo café pardo (7,5 YR 4/3), sin moteo, textura franca arenosa, con 5.57% de grava, no tiene estructura, y su consistencia enes únicamente en mojado es adherente y plástico, poros abundantes y medianos, sus raíces son abundantes y finas, no se evidencia pedregosidad.

A₂ 13 – 27 cm Color café amarillento (7.5 YR 5/4) en seco y en húmedo café pardusco (7,5 YR 4/3), con moteo de color café pardusco (7.5 YR 8/1, textura franca arenosa, con 28.91 % de grava, estructura granular moderado gruesa, su consistencia adherente y plástico en mojado, friable en húmedo, blando en seco poros finos abundantes, abundantes raíces, y la pedregosidad es no evidenciable.

Bt 27 - 72 cm Color beige (10 YR 6/3) en seco y en húmedo café pardo (10 YR 4/3), sin moteo, textura franca arcillosa con 28.8% de grava, estructura de bloques sub angulares moderado mediano, de consistencia adherente y plástico en mojado, firme en húmedo, duro en seco, poros frecuentes muy finos, raíces muy pocas y finas.

C > 72 cm Color beige (10 YR 6/3) en seco y en húmedo café pardo (10 YR 4/3), sin moteo, textura franca arcillosa con 53.93% de grava, estructura de bloques sub angulares débil y fino, de consistencia ligeramente adherente y plástico friable en húmedo y en seco ligeramente duro, poros frecuentes muy finos, muy pocas raíces con escasa presencia de pedregosidad.

DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO**I Información acerca del sitio de la muestra**

| | |
|---|---|
| Número del perfil: | 7 - TP (tólar pajonal) |
| Nombre del Suelo: | Pie de Monte |
| Clasificación a nivel de generalización amplia: | Inceptisol |
| Fecha de observación: | 15/03/2007 |
| Autor de la descripción: | Gonzalo Mamani |
| Ubicación: | |
| UTM | 7970343 N 713829 E |
| Altitud: | 3920 msnm |
| Forma del terreno: | |
| Posición fisiográfica del lugar: | Pie de monte |
| Topografía del terreno circundante: | moderadamente escarpado |
| Pendiente donde el perfil está situado: | Clase 2 - suavemente inclinado (terrazza de 2 a 6%) |
| Vegetación o Uso de la tierra: | Thola, Paja, |
| Clima: | frío, semiseco. |

2 Información general acerca del suelo

| | |
|--|--|
| Material de partida: | Material aluvial. |
| Drenaje: | Moderadamente bien drenado |
| Condiciones de humedad del suelo: | seco |
| Profundidad de la capa freática: | No se evidenció. |
| Presencia de piedras en la superficie: | Hay poca |
| Evidencia de erosión: | Erosión hídrica laminar, surcos y cárcavas |
| Presencia de sales o álcalis: | Clase 0, libre de sales. |
| Influencia humana: | Actividad minera y pastoreo. |

3 Breve descripción general del suelo:

Suelos derivados a partir de materiales coluviales.

4. Descripción de los horizontes del suelo:

A 0-20 cm. Beige (10 YR 6/3) en seco y café amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo; franco arenoso, con un 24% de grava, de estructura bloque angular moderado, fino, ligeramente adherente y firme en húmedo y duro en seco, poros frecuentes y muy finos, raíces frecuentes de finos a muy finos, pedregosidad abundante.

B1 20 - 100 cm Café pardusco (10 YR 5/2) en seco y café amarillento oscuro (10 YR 3/3) en húmedo; franco arcillo arenoso, con un 29% de grava, sin estructura de consistencia ligeramente adherente y suelto en húmedo y suave en seco, poca porosidad, pocas raíces y abundancia de rocas.

B2 > 100 cm Café amarillento suave (10 YR 6/4) en seco y café amarillento (10 YR 4/4) en húmedo; franco arenoso, con un 47.6% de grava, sin estructura, de consistencia no adherente ni plástico suelto en húmedo y suave en seco, no presenta porosidad, ni raíces y abundancia de rocas.

DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO**1. Información acerca del sitio de la muestra**

| | |
|--|-------------------------------|
| Número del perfil e identificación: | 8 – CC (copavinto chilliwarl) |
| Clasificación taxonómica | Tipic usterpept |
| Clasificación al nivel de generalización amplia: | Inceptisol |
| Fecha de observación: | 10 de marzo de 2008 |
| Autor de la descripción: | Gonzalo Mamani |
| Ubicación: | |
| UTM | 7952694 N 713657 E |

| | |
|---|----------------------------------|
| Altitud: | 3597 msnm |
| Forma del terreno: | Ligeramente inclinado |
| Posición fisiográfica del lugar: | pie de monte bajo. |
| Topografía del terreno circundante: | Suavemente inclinado, |
| Pendiente donde el perfil está situado: | 1 a 3 % |
| Vegetación o Uso de la tierra: | Pajonales de chilliwa, Crespillo |
| Clima: | Frío, seco. |

2. Información general acerca del suelo

| | |
|--|--|
| Material de partida: | Material fluviolacustre con aportes coluviales |
| Drenaje: | Clase 3 – Moderadamente bien drenado |
| Condiciones de humedad del suelo: | Seco |
| Profundidad de la capa freática: | a 2,50 metros |
| Presencia de piedras en la superficie: | Ninguna |
| Evidencia de erosión: | Hídrica laminar. |
| Presencia de sales o álcalis: | Ninguna . |
| Influencia humana: | Zonas de pastoreo y cultivos. |

3. Breve descripción general del suelo:

Suelos formados sobre materiales fluviolacustres y coluviales.

4. Descripción de los horizontes del suelo:

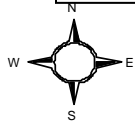
A₁ 0 - 6 cm. Beige (7.5 YR 6/2) en seco y café pardusco (7.5 YR 4/3) en húmedo, textura franca arcillosa, sin grava; estructura granular fina y fuerte, de consistencia adherente y plástico, firme y muy duro, abundante porosidad, raíces comunes y muy finas sin pedregosidad.

A₂ 6-30 cm Beige (7.5 YR 6/1) en seco y café pardusco (7.5 YR 4/2) en húmedo, textura franca, sin grava; estructura granular mediana y fuerte, de consistencia muy adherente y plástico, firme muy duro, abundante porosidad, pocas raíces y sin pedregosidad.

C₁ 30-78 cm Beige (7.5 YR 6/2) en seco y café pardusco fuerte (7.5 YR 3/3) el húmedo, textura franca arenoso, sin grava; estructura bloque sub angular mediana y fuerte, de consistencia muy adherente y plástico, muy firme y muy duro, porosidad frecuente ,raíces muy pocas y muy finas, sin pedregosidad.

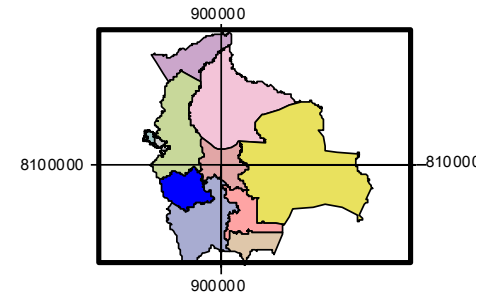
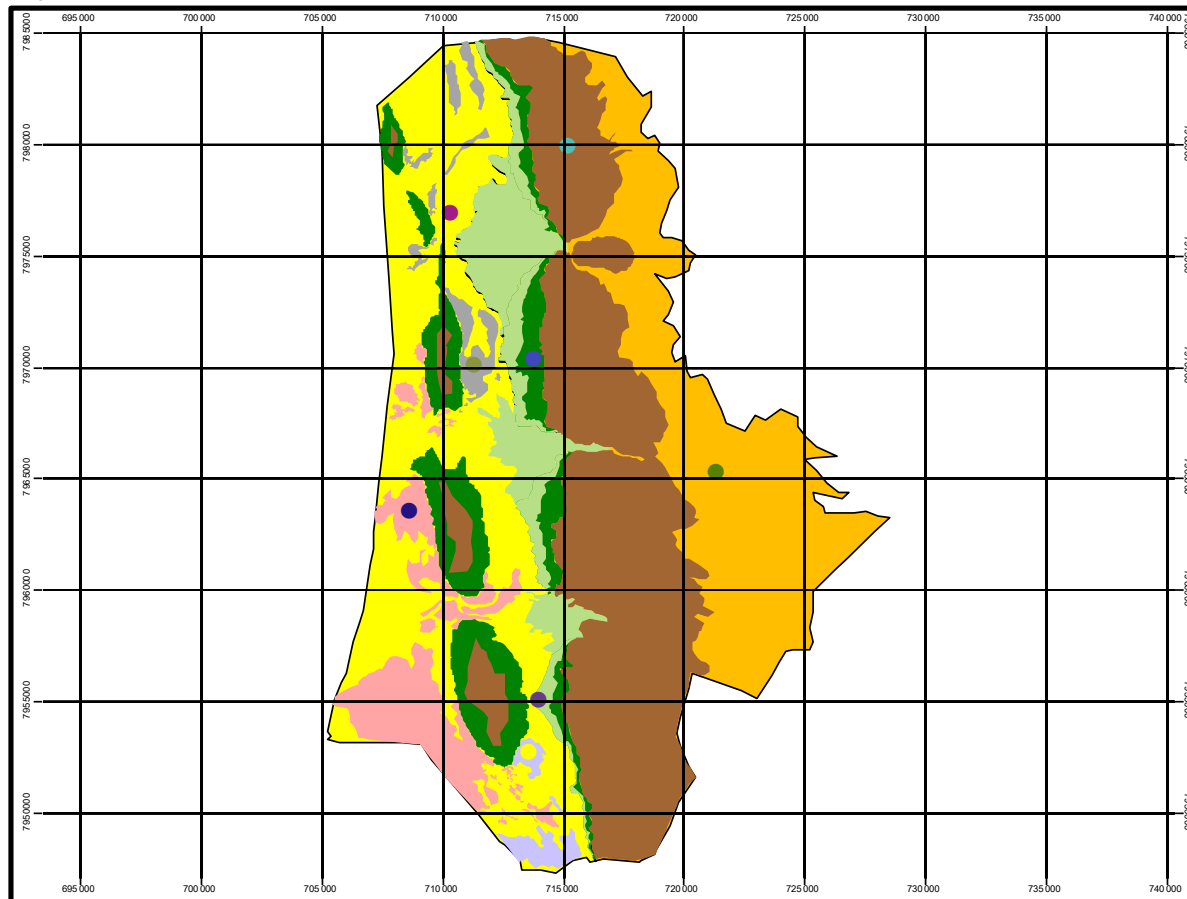
C₂ >78 cm Beige (7.5 YR 7/1) en seco y café pardusco (7.5 YR 5/2) en húmedo, textura franca arcillosa, sin grava; estructura bloque sug angular mediana y fuerte, de consistencia adherente y plástico, firme y duro, poca porosidad, no se evidencian raíces comunes y sin pedregosidad.

A - 9



MAPA DE UBICACION DE CALICATAS MUNICIPIO DE POOPO - SECTOR OESTE

PROYECTO ECONOMIA AMBIENTAL
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ORURO
PROVINCIA POOPO
MUNICIPIO DE POOPO



- Ocrustept típico - Franco
- Ustargept típico - Frajipan
- Halochrept limníc - Salino
- Ustargept típico - Frajipan
- Halplasept Limníc - Franco arcilloso
- Ostantrent clástico - Franco arenoso gravoso
- Antrusol lítico - Franco arenoso
- Ustosol lítico - Franco arenoso gravoso



MAPA DE COBERTURA VEGETAL

| PAISAJE | COBERTURA VEGETAL | UNIDAD DE USO | SUP (km2) | PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS |
|--|--------------------------|---|-----------|--|
| Serranía alta y media Colina media Pie de monte superior | Pajonal de sicuya | Pastoreo estacional de ovinos y actividad minera | 287,0 | Se caracteriza por la presencia de <i>Stipa ichu</i> (sicuya) con una cobertura vegetal de 49% en época seca y 69% en época húmeda; con un rendimiento de materia seca de 568 Kg. M.S./Ha en época seca y 1120 kg M.S./Ha en época húmeda característico de zonas al altura mayor a 3850 m.s.n.m. con pendientes arriba de 30% con drenaje malo y seco, de una baja influencia humana, destinado al pastoreo ocasional. |
| Depresión fluviolacustre Llanura eólica | gramadal | Pastoreo de ovinos bovinos y camélidos | 235,0 | Destaca la presencia de <i>Distichilis humilis</i> (chiji blanco), cobertura vegetal de 70 % en época seca y 88% en época húmeda; con el rendimiento de materia seca de 436,8 Kg. M.S./Ha en época seca y 689,6 Kg M.S./Ha en época húmeda; el suelo ubicado a una altitud de 3594 m.n.m., con pendientes de 1 – 2%, moderadamente drenado, resistente al pastoreo; con presencia de depósitos salinos. |
| Depresión fluviolacustre Llanura eólica | kauchal | Pastoreo de ovinos | 125,6 | Presencia de la especie <i>Suaeda foliosa</i> (Kauchi), cobertura vegetal de 46% en época seca y 63% en época húmeda; rendimiento de 850 Kg. M.S./Ha en época seca y 1330 kg M.S./Ha en época húmeda, el suelo se ubica a una altitud de 3575 m.s.n.m. con pendientes de 1 - 2%, imperfectamente drenada y húmeda, de textura franca, con leve compactación; con presencia elevada de sales |
| pie de monte inferior | kaillar | Pastoreo estacional de ovinos y bovinos, además, cultivo de quinua y papa | 108,9 | Se caracteriza por la presencia del <i>Tetraglochin cristatum</i> (Kailla), cobertura vegetal de 44 % en época seca y 64% en época húmeda; rendimiento 450 Kg. M.S./Ha en época seca y 820 kg M.S./Ha en época húmeda, ubicados a una altitud de 3610 m.s.n.m., con inclinaciones de 2 a 5%, imperfectamente drenados y secos, con elevada influencia humana considerándose como campos en descanso (CADES), utilizadas como áreas de pastoreo, con poca resistencia al pisoteo de los animales; sin presencia de sales. |

| | | | | |
|--|----------------------------------|--|-------|--|
| Pie de monte inferior Abanico aluvial | Pajonal de paja brava | Pastoreo estacional de ovinos y bovinos, además del cultivo de oca | 64,99 | Presencia de <i>Festuca orthophylla</i> (paja brava), cobertura vegetal de 58% en época seca y 75% en época húmeda; rendimiento de 340 Kg. M.S./Ha en época seca y 950 kg M.S./Ha en época húmeda; ubicados a 3720 m.s.n.m. ligeramente escarpados desde 0 a 15% de pendiente, con mal drenaje y de baja humedad, con influencia de actividades mineras, ganadería y agricultura, con presencia de reducción y oxidación, mediana resistencia al pisoteo de animales y laboreo agrícola; sin presencia de sales. |
| Llanura eólica | kotal | Pastoreo ocasional de ovinos y camélidos | 55,98 | Presencia de la especie <i>Anthobrium sp.</i> (Kota), cobertura vegetal de 62% en época seca y 78% en época húmeda; rendimiento 1910 Kg. M.S./Ha en época seca y 3120 kg M.S./Ha en época húmeda; ubicados a 3720 m.s.n.m. con pendientes de 0 a 5%, moderadamente drenado y húmedo, con influencia de pastoreo de camélidos y ovinos con una leve oxidación y una rápida pérdida de humedad, con baja resistencia al pisoteo de los animales. |
| Colina baja Pie de monte superior | Thólar pajonal | Pastoreo estacional de ovinos y bovinos, además del cultivo de oca, cebada, papa, quinua | 41,92 | Se caracteriza por la <i>Bacharis incana</i> (Naca thola, cobertura vegetal con 52% en época seca y 75% en época húmeda; rendimiento de 490 Kg. M.S./Ha en época seca y 1210 kg M.S./Ha en época húmeda, característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3820 m.s.n.m. con pendientes de 2 a 10%, es moderadamente bien drenada, de texturas franco arenosas (FA), con influencia de agricultura por ser CADES (campos en descanso), también estar en pastoreo y con actividad minera, con evidenciable sobre pastoreo y utilización de estas áreas cultivables. |
| Colina baja Pie de monte inferior | Chillihuar | Pastoreo intensivo de ovinos y bovinos, además de cultivo de papa | 35,00 | Presencia de la <i>Festuca dolichophylla</i> (chillihua), cobertura vegetal de 58 % en época seca y 80% en época húmeda; rendimiento de materia seca de 990 Kg. M.S./Ha en época seca y 2 210 kg M.S./Ha en época húmeda, con influencia de agricultura y pastoreo de animales, con buenas características de drenaje y resistencia al laboreo cultural y pisoteo de animales, de textura franco arcillosa a franco arenosa. |

MAPA EDAFOLOGICO

| COBERTURA VEGETAL | CLASIFICACION TAXONOMICA | SUP (km2) | CARACTERISTICA DE LOS SUELOS |
|-------------------|--|-----------|--|
| Pajonal de sicuya | Entisol <i>Ustorrent litic</i> | 287,0 | Característico de zonas al altura mayor a 3850 m.s.n.m.con pendientes arriba de 30% con drenaje malo y seco, de textura franco arenosa (FA), sin presencia de sales y álcalis a demás de una baja influencia humana; de pH neutro a básico (7,18 – 8,18), de fertilidad baja con CIC de 5,51meq/100 gr de suelo como máximo y un 93% de saturación de bases. |
| Gramadal | Inceptisol <i>Halplagept limnic</i> | 235,0 | Se caracteriza por una altitud de 3594 m.n.m., ubicados en depresiones fluviolacustres casi planas con pendientes de 1 – 2%, moderadamente drenado, de textura franco arcillosa (FY), resistente al pastoreo; con presencia de depósitos salinos de pH neutro a básico, con regular fertilidad con un CIC de 46,19 meq/100gr de suelo como máximo y un % de Saturación de Bases de hasta 99,1. |
| Kauchal | Inceptisol, <i>Halochrept limnic,,</i> | 125,6 | El suelo del Kauchal se encuentra a una altitud de 3575 m.s.n.m. ubicados en depresiones fluviolacustres casi planas con pendientes de 1 - 2%, imperfectamente drenada y húmeda, de textura franca, con leve compactación; con presencia elevada de sales, de pH ligeramente acido a ligeramente básico (6,39 – 7,5) , considerado como regular en cuanto se refiere a la fertilidad del suelo con un CIC de 49,24 meq/gr de suelo como máximo y un % de saturación de bases de 99,3. |
| kaillar | Entisol, antrust <i>litic,</i> | 108,9 | Ubicados a una altitud de 3610 m.s.n.m. ubicados en pie de montes con inclinaciones de 2 a 5%, imperfectamente drenados y secos, con elevada influencia humana considerándose como campos en descanso (CADES), utilizadas como áreas de pastoreo, con poca resistencia al pisoteo de los animales; sin presencia de sales, de pH básico, baja fertilidad, causados por la excesiva extracción de nutrientes por parte de los cultivos anteriormente introducidos, con CIC de 6,8 meq/100 gr de suelo como máximo y un % de saturación de bases de 97,2 |

| | | | |
|-----------------------|---|-------|---|
| Pajonal de paja brava | Inceptisol <i>Ustargept tipic,</i> | 64,99 | Ubicados a 3720 m.s.n.m. ligeramente escarpados desde 0 a 15% de pendiente, con mal drenaje y de baja humedad, de textura franco arenosa, con influencia de actividades mineras, ganadería y agricultura, con presencia de reducción y oxidación, mediana resistencia al pisoteo de animales y laboreo agrícola; sin presencia de sales, de pH ligeramente básico a básico, de baja fertilidad causados por la excesiva pérdida de humedad y erosión al cual está expuesto con un CIC de hasta 22,97 meq/gr de suelo y un % de saturación de bases de 99,7. |
| kotal | Inceptisol, <i>Ustargept tipic,</i> | 55,98 | Ubicados a 3720 m.s.n.m. con pendientes de 0 a 5%, moderadamente drenado y húmedo, de textura franco arenosa (FA) con influencia de pastoreo de camélidos y ovinos con una leve oxidación y una rápida pérdida de humedad, con baja resistencia al pisoteo de los animales; sin presencia de sales, de pH ligeramente ácido a ligeramente básico, con baja fertilidad con CIC de 12,12 meq/100 gr de suelo como máximo y un % de saturación de bases de hasta 99,7%. |
| Thólar pajonal | Entisol <i>Ustantrent tipic</i> | 41,92 | Es característico de zonas altas con elevaciones mayores a 3820 m.s.n.m. con pendientes de 2 a 10%, es moderadamente bien drenada, de texturas franco arenosas (FA), con influencia de agricultura por ser CADES (campos en descanso), también estar en pastoreo y con actividad minera, con evidenciable sobre pastoreo y utilización de estas áreas cultivables; de pH ácido a ligeramente básicos sin presencia de sales, baja fertilidad del suelo con CIC de 6,8 meq/100 gr de suelo como máximo y un % de saturación de bases de 97,2. |
| Chillihuar | Inceptisol, <i>Ustocrept tipic</i> | 35,00 | Suelo con influencia de agricultura y pastoreo de animales, con buenas características de drenaje y resistencia al laboreo cultural y pisoteo de animales, de textura franco arcillosa a franco arenosa; de pH ligeramente básico a básico, levemente salino, moderado en cuanto se refiere a la fertilidad, con CIC de 30,28 meq/100gr de suelo y un % de saturación de bases de 99,7. |

MAPA CAPACIDAD DE USO DE SUELO

| COBERTURA VEGETAL | CLASIFICACION | SUP (km2) | CARACTERISTICA DE LOS SUELOS |
|-----------------------|-------------------------------|-----------|---|
| Pajonal de sicuya | Clase VI v,c,e,t,s | 287,0 | Presenta severas limitaciones para el pastoreo, con limitaciones específicas de un clima con deficiencia de agua y bajas temperaturas, erosión en surcos y cárcavas; topografía con pendientes muy pronunciadas , además, de un relieve accidentado y un suelo escasamente desarrollada. |
| gramadal | Clase V c,s | 235,0 | Presentar severas limitaciones con inundaciones o exceso de agua en época de lluvia además de presencia de sales, por lo que es restringido su uso al pastoreo. |
| kauchal | Clase VII s,c, | 125,6 | Presentar severas limitaciones de suelo por la presencia elevada de sales, además de las bajas temperaturas, heladas y sequias propias de la región, este suelo es limitado para su uso al pastoreo y no así para cultivos u otro tipo de actividad. |
| kaillar | Clase VI s,c, | 108,9 | Son clasificados según su capacidad de uso en suelos no arables, presentar severas limitaciones de suelo debido a la deficiente fertilidad, además de otras propiedades químicas y físicas, además de las bajas temperaturas, heladas y sequias propias de la región. Este suelo es moderadamente apto para el pastoreo y no así para cultivos u otro tipo de actividad. |
| Pajonal de paja brava | Clase IV s,c,h | 64,99 | Presentar severas limitaciones para la agricultura además de una deficiencia en la retención de agua, además de muy profunda presencia de napa freática. |
| kotal | Clase VI s,c | 55,98 | Según su capacidad de uso es no arable pertenece a la por presentar limitaciones para el pastoreo además de una deficiencia en la retención de agua, producida por malas características físico químicas del suelo, por lo que su uso se restringe al pastoreo ocasional. |
| Thólar pajonal | Clase III s,h,c | 41,92 | Con influencia de agricultura por ser CADES (campos en descanso), también estar en pastoreo y con actividad minera, con evidenciable sobre pastoreo y utilización de estas áreas cultivables; este suelo según su capacidad de uso es no arable y es moderadamente apto para la agricultura con limitaciones de una deficiencia en la retención de agua, producida por malas características físico químicas del suelo, además del clima severos. |
| Chillihuar | Clase I c | 35,00 | Es un suelo aptos para la agricultura con limitaciones de clima. |