

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



TRABAJO DIRIGIDO

Uso de la teledetección y Sistemas de Información Geográfica en la zonificación e identificación de praderas nativas e introducidas para su evaluación. Estudio de caso municipio de Calacoto, Provincia Pacajes, Departamento de La Paz

Presentada por:

Univ. Egr. .ECHEVERRIA POZO WINDSOR DELFIN

La Paz – Bolivia

2013

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

Uso de la teledetección y Sistemas de Información Geográfica en la zonificación e identificación de praderas nativas e introducidas para su evaluación. Estudio de caso municipio de Calacoto, Provincia Pacajes, Departamento de La Paz

**Trabajo Dirigido presentado como requisito parcial
para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo**

Univ. Egr. .ECHEVERRIA POZO WINDSOR DELFIN

Asesor:

Ing. Víctor Hugo Ledezma Vera

Revisor (es):

Ing. José Villacorta Espinoza

Ing. Rolando Céspedes Paredes

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2013

RESUMEN

En la actualidad la tecnología está facilitando las actividades en el área de la investigación, es por esta razón que se ha convertido en una herramienta cotidiana pero lamentablemente no se le está dando el uso que esta podría proporcionar, el presente estudio es un ejemplo de uso de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, en la zonificación e identificación de las praderas para su mejor evaluación. Contribuyendo de esta manera a la incorporación de tecnologías que puedan ahorrar el trabajo en campo dando un resultado acorde a las necesidades del estudio mejorando y optimizando el tiempo y recursos a utilizarse.

El estudio se efectuó en el municipio de Calacoto de la provincia Pacajes del departamento de La Paz, se utilizaron imágenes satelitales disponibles gratuitamente en el internet y con el relevamiento de información de campo se realizó un modelo para poder determinar los diferentes tipos de asociaciones vegetales en las praderas nativas y la identificación de las praderas introducidas en el municipio para su evaluación con el trabajo de campo y programas que permiten este tipo de análisis dando como resultado el poder contar con la información útil para el uso de los recursos forrajeros optimizando de esta forma la inversión que se pueda realizar en este rubro.

DEDICATORIA

A toda mi familia a quienes jamás encontraré la forma de agradecer el cariño, comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, sólo esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son inspirados en cada uno de ustedes.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS	3
2.1.	OBJETIVO GENERAL:	3
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
III.	MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.	INTRODUCCIÓN A LA TELEDETECCIÓN SATELITAL	3
3.1.1.	<i>Teledetección:</i>	3
3.1.2.	<i>Los Componentes de un Sistema de Teledetección.</i>	5
3.1.2.1.	Fuente de energía electromagnética:	5
3.1.2.2.	Interacción con la atmosfera:	5
3.1.2.3.	La interacción con la superficie:.....	5
3.1.2.	<i>La percepción remota.</i>	6
3.1.3.	<i>Resolución de imágenes.</i>	7
a)	Resolución espacial.....	7
b)	Resolución espectral.....	8
c)	Resolución radiométrica.....	8
d)	Resolución temporal.....	9
3.2.	IMAGEN SATELITAL.....	9
3.2.1.	<i>La energía electromagnética.</i>	10
3.2.2.	<i>Absorción.</i>	10
3.2.3.	<i>Reflexión:</i>	10
3.2.4.	<i>Transmisión:</i>	10
3.3.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG.....	11
3.4.	CONTEXTO NORMATIVO.....	13
3.5.	AGROSTOLOGÍA.....	16
3.5.1.	<i>Praderas nativas Alto Andinas.</i>	16
3.5.2.	<i>Praderas Introducidas.</i>	17
3.6.	DESARROLLO DE LA ELABORACIÓN DE UN MAPA AGROSTOLÓGICO.....	17
3.7.	PROCESAMIENTO DE IMÁGENES PARA EL MAPEO AGROSTOLÓGICO.....	18
3.7.1.	<i>Imagen satelital.</i>	18
3.7.2.	<i>Descripción de las siete bandas o canales del Landsat TM.</i>	20
3.7.2.1.	Banda Ultravioleta (0.25 - 0.5 um).....	20

3.7.2.2.	Banda Azul (0.4 – 0.5 μm).....	20
3.7.2.3.	Banda Verde (0.5 – 0.6 μm).....	20
3.7.2.4.	Banda Rojo (0.6 – 0.7 μm).....	20
3.7.2.5.	Banda Infrarrojo Próximo (0.7 – 0.8 μm).....	20
3.7.2.6.	Banda Infrarrojo Media (0.8 – 1.1 μm).....	21
3.7.2.7.	Banda Infrarrojo Térmica (3-5 y 8-14 μm).....	21
3.7.3.	<i>Combinaciones de las Bandas del captor TM.</i>	21
3.7.3.1.	(TM2 en azul. TM3 en verde. TM4 en rojo).....	21
3.7.3.2.	(TM1 en azul. TM4 en verde. TM5 en rojo).....	22
3.7.3.3.	(TM3 en azul. TM4 en verde. TM7 en rojo).....	22
3.7.4.	<i>Introducción Al Procesamiento Digital de Imágenes satelitales.</i>	23
3.7.4.1.	Pre procesamiento de imágenes satelitales.....	23
3.7.4.2.	Remoción de ruidos.....	23
3.7.4.3.	Corrección atmosférica.....	23
3.7.4.4.	Correcciones Geométricas.....	23
3.7.4.5.	Realce.....	24
3.7.4.6.	Aritmética de Bandas.....	24
3.7.5.	<i>Clasificación de las imágenes satelitales.</i>	25
3.7.5.1.	Clasificación no supervisada.....	25
a)	Ventajas.....	26
b)	Desventajas.....	26
3.7.5.2.	Clasificación supervisada.....	26
3.7.5.3.	Clasificación por Segmentación.....	26
3.7.5.4.	Respuesta Espectral de la vegetación.....	27
3.7.5.5.	Propiedades ópticas de las hojas.....	27
a)	Efectos térmicos:.....	28
b)	Efectos fotosintéticos:.....	28
c)	Efectos fotomorfogénicos:.....	28
3.7.6.	<i>Operaciones de post clasificación.</i>	28
3.7.6.1.	Selección del algoritmo.....	29
a)	Clasificador por paralelepípedos.....	29
b)	Clasificador por mínima distancia.....	30
c)	Clasificador por máxima probabilidad.....	30
d)	Estimación de la exactitud de una clasificación.....	30
IV.	MATERIALES	31

4.1. MATERIALES.....	31
4.1.1. Para la Evaluación de la cobertura vegetal.....	31
Etapa preliminar.....	31
a) Materiales:.....	31
b) Software:.....	31
c) Equipos:.....	31
Etapa de campo.....	31
a) Materiales:.....	31
b) Equipos:.....	31
4.1.2. Para el Mapeo Agrostológico.....	32
Etapa preliminar.....	32
a) Materiales:.....	32
b) Software:.....	32
c) Equipos:.....	32
Etapa de procesamiento (digitalización de la base geométrica).....	32
a) Materiales:.....	32
b) Software:.....	33
c) Equipos:.....	33
V. METODOLOGÍA.....	34
5.1. EVALUACIÓN DE PRADERAS NATIVAS.....	34
5.1.1. Método de valorización “transección al paso”.....	35
5.1.1.1. Especies deseables o decrecientes.....	37
5.1.1.2. Especie poco deseable o acrecentante.....	39
a) Tipo I:.....	39
b) Tipo II:.....	39
5.1.1.3. Especies indeseables.....	40
5.1.1.4. Características de la zona de muestreo.....	41
a) Cobertura Vegetal.....	41
b) Condición del Pastizal.....	41
c) Constancia o Frecuencia.....	41
d) Ecosistema.....	41
e) Especie Clave.....	42
f) Índice de vigor.....	42
5.1.1.5. Clasificación con el anillo censador.....	43
a) Vegetación herbácea perenne:.....	43

b)	Mantillo (M):	43
c)	Musgo (L):	44
d)	Suelo desnudo (S):	44
e)	Roca (R):	45
f)	Pavimento de erosión (P):	45
5.1.2.	<i>Metodología Aplicada</i>	46
5.1.2.1.	En la etapa pre-campo	46
5.1.2.2.	En la etapa de campo.	46
5.1.2.3.	En la etapa de gabinete	47
5.1.3.	<i>Composición de especies decrecientes (deseables)</i>	49
5.1.4.	<i>Índice forrajero</i>	50
5.1.5.	<i>Índice de desnudes del suelo</i>	50
5.1.6.	<i>Determinación de la condición de la pradera nativa</i>	53
5.2.	EVALUACIÓN DE PRADERAS INTRODUCIDAS	55
5.2.1.	<i>Metodologías de evaluación de praderas introducidas</i>	55
5.2.1.1.	Biomasa total en peso seco (kg MS ha)	59
5.2.1.2.	Rendimiento de forraje en peso seco (kg MS ha)	59
5.2.1.3.	Rendimiento en peso fresco por especie vegetal y maleza (kg MF ha)	59
5.2.1.4.	Rendimiento en peso seco por especie vegetal y maleza (kg MS ha)	60
5.2.1.5.	Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso fresco (kg MF ha). 60	60
5.2.1.6.	Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso seco (kg MS ha). 60	60
5.3.	ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL MAPEO AGROSTOLÓGICO	60
5.3.1.	<i>Metodología para determinar la asociación y agrupación vegetal</i>	60
5.3.2.	<i>Metodología de obtención del mapa de cobertura de praderas con forraje nativo e introducido</i>	61
5.3.2.1.	Fase preliminar revisión de Información Secundaria	62
a)	Identificación y adquisición de imágenes	63
b)	Corrección y mejoramiento de las imágenes para una mejor clasificación Composición de imágenes multiespectrales (Multibanda)	65
c)	Calibración y corrección atmosférica	65
d)	Geo-referenciación	66
e)	Tamaños de la Imagen Satelital	66
f)	Mejoramientos radiométricos y espaciales	66
g)	Identificación de muestras de entrenamiento de los diferentes tipos de vegetación y usos de la tierra que serán clasificados	69

5.3.2.2.	Análisis e interpretación cobertura en las imágenes	71
a)	Clasificación supervisada de las praderas con el método de clasificación basado en reglas.	71
b)	Resultado final de la clasificación basada en reglas	77
c)	Interpretación visual de las diferentes asociaciones identificadas	77
d)	Verificación de campo y control de calidad de los resultados.....	78
VI.	RESULTADOS.....	78
6.1.	MUNICIPIO DE CALACOTO.....	78
6.1.1.	<i>Latitud y Longitud.....</i>	78
6.1.2.	<i>Límites Territoriales</i>	78
6.1.3.	<i>Extensión</i>	79
6.1.4.	<i>División Política Administrativa.....</i>	79
6.1.4.1.	Distritos y cantones.	79
6.1.4.2.	Comunidades y Centros Poblados.....	80
6.1.5.	<i>Características de la pradera nativa e introducida</i>	82
6.1.5.1.	Espacio físico – natural.....	82
a)	Fisiografía.....	82
b)	Topografía	83
c)	Pendiente.....	84
d)	Degradación.....	84
e)	Erosión	85
f)	Hidrografía.....	85
6.2.	RELACIÓN DE ESPECIES CENSADAS.....	86
6.3.	COBERTURA VEGETAL	91
6.4.	ASOCIACIONES VEGETALES.....	92
6.5.	DETERMINACIÓN DE LOS SITIOS DE PRADERA PARA EL MAPA AGROSTOLÓGICO.....	93
6.6.	DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SITIOS DE PRADERAS.....	96
6.6.1.	<i>Composición botánica.....</i>	96
6.6.1.1.	Gramadal denso.....	96
6.6.1.2.	Tholar.....	97
6.6.1.3.	Pajonal	98
6.6.1.4.	Kayllar	98
6.6.1.5.	Gramadal poco denso	99
6.6.2.	<i>Mapa Agrostológico municipio de Calacoto Provincia Pacajes del departamento de La Paz.....</i>	100
6.6.2.1.	Mapa de áreas potenciales para Praderas Nativas.....	100

6.6.2.2.	Mapa de áreas potenciales para Praderas Introducidas	102
6.6.2.3.	Mapa de cobertura Municipio de Calacoto	104
6.6.2.4.	Mapa Agrostológico	106
6.6.2.5.	Mapa de Priorización para la intervención	108
6.6.3.	CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PRADERA	110
6.6.4.	<i>Clasificación de la condición de pradera en época húmeda</i>	111
6.6.5.	<i>Clasificación de la condición de pradera en época seca</i>	112
6.7.	CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL	114
6.7.1.	<i>Capacidad de carga animal en época húmeda</i>	115
6.7.2.	<i>Capacidad de carga animal en época seca</i>	116
VII.	CONCLUSIONES	118
IX.	BIBLIOGRAFÍA	122
X.	ANEXOS	124

ÍNDICE DE FIGURAS Y MAPAS

FIGURA 1:	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	4
FIGURA 2:	ELEMENTOS DE LA TELEDETECCIÓN	6
FIGURA 3:	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	12
FIGURA 4:	REALIZACIÓN DE TRANSECTOS EN PRADERA ALTO ANDINA	36
FIGURA 5:	EVALUACIÓN DE PASTIZALES NATIVOS POR MEDIO DE TRANSECCIÓN AL PASO	36
FIGURA 6:	ANCHO DE HOJA	57
FIGURA 7:	LARGO DE HOJA	57
FIGURA 8:	NÚMERO DE MACOLLOS	58
FIGURA 9:	NUMERO DE NUDOS	58
FIGURA 10:	CUADRO METODOLÓGICO DEL TRABAJO	62
FIGURA 11:	EJEMPLO DE MEJORAMIENTO RADIOMÉTRICO (ANTES Y DESPUÉS)	67
FIGURA 12:	EJEMPLO DE MEJORAMIENTO ESPACIAL	68
FIGURA 13:	MUESTRAS DE ENTRENAMIENTO DE LAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETALES	70
FIGURA 14:	SELECCIÓN DE BANDAS APROPIADAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PRADERAS	72
FIGURA 15:	EXTRACCIÓN DE PARÁMETROS DE TEXTURA DE UN PUNTO DE MUESTRO EN CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE RANGOS DE VALORES PARA LA CLASIFICACIÓN BASADA EN REGLAS	73
FIGURA 16:	TABLA DE CREACIÓN DE REGLAS PARA EL ANÁLISIS DE LA IMAGEN SATELITAL	74
FIGURA 17:	REGLAS INCORPORADAS AL SISTEMA	74
FIGURA 18:	LOS PARÁMETROS DE TEXTURA	75
FIGURA 19:	PARÁMETROS DE ÁREA	76
FIGURA 20:	PARÁMETROS ESPECTRALES	76
FIGURA 21:	RESULTADO FINAL DE LA CLASIFICACIÓN BASADA EN REGLAS	77
FIGURA 22:	MAPA DE POTENCIALIDAD PARA PRADERAS NATIVAS	101
FIGURA 23:	MAPA DE POTENCIALIDAD PARA PRADERAS INTRODUCIDAS	103
FIGURA 24:	MAPA DE COBERTURA VEGETAL MUNICIPIO DE CALACOTO	105
FIGURA 25:	MAPA AGROSTOLÓGICO MUNICIPIO DE CALACOTO	107
FIGURA 26:	MAPA DE PRIORIZACIÓN DE RECURSOS FORRAJEROS MUNICIPIO DE CALACOTO	109

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	SATÉLITES LANDSAT	19
TABLA 2:	ESPECIES DESEABLES O DECRECIENTES.....	37
TABLA 3:	ESPECIES POCO DESEABLES O ACRECENTANTES.	39
TABLA 4:	ESPECIES INDESEABLES.	40
TABLA 5:	REGISTRO DE LOS TRANSECTOS.....	48
TABLA 6:	ÍNDICE DE ESPECIES DECRECIENTES	49
TABLA 7:	ÍNDICE DE LA DENSIDAD FORRAJERA.	50
TABLA 8:	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL SUELO.....	51
TABLA 9:	FORMULA DEL ÍNDICE DE VIGOR.....	51
TABLA 10:	CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VIGOR.....	52
TABLA 11:	CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA PRADERA.....	54
TABLA 12:	CLASIFICACIÓN DE LA CARGA DE PASTOREO DE LAS DIFERENTES ESPECIES DE GANADO.	54
TABLA 13:	DETALLE DE LAS BANDAS ESPECTRALES.	64
TABLA 14:	RELACIONES DE EXTENSIONES.	79
TABLA 15:	CANTONES DE LA TERCERA SECCIÓN MUNICIPAL DE CALACOTO.....	80
TABLA 16:	<i>AYLLUS Y ZONAS EN LA MARCA CALACOTO.</i>	<i>81</i>
TABLA 17:	<i>AYLLUS Y ZONAS EN LA MARCA ULLOMA.</i>	<i>82</i>
TABLA 18:	RELACIÓN DE LAS ESPECIES CENSADAS DE PASTOREO (CALACOTO)	86
TABLA 19:	RESULTADOS DE LOS TRANSECTOS REALIZADOS EN CAMPO.....	88
TABLA 20:	COBERTURA VEGETAL EN ÉPOCA HÚMEDA Y ÉPOCA SECA (CALACOTO).....	92
TABLA 21:	ASOCIACIONES VEGETALES EN PRADERA NATIVA (CALACOTO)	92
TABLA 22:	SITIOS DE PRADERA (CALACOTO).....	94
TABLA 23:	TIPOS DE GRAMADAL DENSO (MUNICIPIO CALACOTO)	97
TABLA 24:	TIPOS DE THOLAR (MUNICIPIO CALACOTO).....	97
TABLA 25:	TIPOS DE PAJONAL (MUNICIPIO CALACOTO)	98
TABLA 26:	TIPOS DE KAYLLAR (MUNICIPIO CALACOTO)	98
TABLA 27:	TIPOS DE GRAMADAL POCO DENSO (CALACOTO)	99
TABLA 28:	CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PRADERA EN ÉPOCA HÚMEDA (MUNICIPIO CALACOTO)	111
TABLA 29:	CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PRADERA EN ÉPOCA SECA (CALACOTO)	113
TABLA 30:	PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL	114
TABLA 31:	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL EN ÉPOCA HÚMEDA (CALACOTO).....	115
TABLA 32:	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL EN ÉPOCA SECA (CALACOTO).....	117

USO DE LA TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA ZONIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PRADERAS NATIVAS E INTRODUCIDAS PARA SU EVALUACIÓN. ESTUDIO DE CASO MUNICIPIO DE CALACOTO, PROVINCIA PACAJES, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

I. INTRODUCCIÓN

La Zonificación e identificación de praderas nativas e introducidas es un instrumento que nos permite ampliar nuestro conocimiento sobre las potencialidades y limitaciones de un territorio en el área ganadera.

La evaluación Agrostológica, se desarrolla en un marco de procedimientos que se conjuncionan en un modelo físico temático para obtener el mapa agrostológico como objetivo final. Tales procesos comprenden tres etapas comienzan en la etapa preliminar a la evaluación, las mismas que engloban desde el inventario de los materiales que intervienen en la evaluación y la delimitación de áreas que serán intervenidas; la segunda etapa tiene a la metodología de campo (transección al paso) que se adapta a las características del nivel de estudio y por último la determinación de la condición y soportabilidad de las praderas completan la tercera etapa.

En el Altiplano Boliviano, los pastizales alto andinos constituyen la base de la alimentación del ganado camélido, bovino y ovino. La disponibilidad de este recurso, está influenciado por las condiciones medio ambientales, especialmente las relacionadas con la precipitación, temperatura, suelo y altitud; así como por el manejo que le dan los productores.

Existen básicamente dos tipos de pastizales naturales en el área de estudio, las praderas alto andinas y los bofedales. Ambos se encuentran en la denominada zona agroecológica de Puna. En esta es posible diferenciar la Puna Seca, sobre los 3900 msnm. con un clima frío seco; y la Puna Húmeda, con influencia de la cuenca Amazónica y por tanto con mayor humedad ambiental.

(FLORES A, 2005: pag.10-12)

Como resultado de una compleja interacción de factores naturales y antrópicos como las bajas temperaturas, las heladas, las sequías, las granizadas, la tala indiscriminada de los arbustos que son utilizados como combustible, el sobrepastoreo e inadecuadas prácticas agropecuarias están provocando pérdidas de la cobertura vegetal favoreciendo la erosión hídrica, eólica y la extinción de especies nativas alto valor para la alimentación del ganado. Estas son las razones por lo que se ha dado últimamente un gran énfasis en la agricultura sostenible que es “un sistema cuyo nivel de producción debe ser acorde a las necesidades sociales y económicas con un manejo adecuado de los recursos naturales y que evite la degradación del ambiente”.

El presente trabajo, permite conocer el estado en que se encuentran las praderas nativas e introducidas en el ámbito de intervención, y a la vez las potencialidades productivas de las mismas, que permitirán identificar las zonas con aptitud productiva forrajera con mejores características para el manejo adecuado del ganado en el municipio de Calacoto, que será adaptado al proceso Ordenamiento Territorial.

En la actualidad es importante el uso de tecnologías nuevas como herramientas para la zonificación e identificación de las praderas tanto nativas como introducidas; así mismo es una interesante herramienta para la evaluación y determinación de manejo adecuado y sostenible de las praderas en beneficio de los productores del lugar y el medio ambiente.

Se plantea en el presente trabajo el uso de estas herramientas, actualmente disponibles, zonificar las áreas de praderas nativas e introducidas con el uso de la Teledetección con Imágenes Satelitales y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para el análisis de la información lo que permite y mejora la planificación en cuanto a la actividad ganadera en el municipio de Calacoto pudiendo identificar las zonas más aptas para esta actividad y permitir el una eficiente inversión de recursos para mejorar esta sin degradar el medio ambiente.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Elaborar un mapa de zonificación las praderas nativas e introducidas en el municipio de Calacoto del Departamento de La Paz para su evaluación con el uso de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica

2.2. Objetivos específicos:

- Realizar la descripción de la composición botánica de los pastizales con tendencia forrajera.
- Elaborar el Mapa temático Agrostológico, mediante el procesamiento de la imagen satelital y trabajo en campo.
- Determinar las limitaciones agrostológicas, por medio del cálculo de la condición y soportabilidad de las praderas nativas.

III. MARCO CONCEPTUAL

3.1. Introducción a la teledetección satelital.

3.1.1. Teledetección:

Es el conjunto de técnicas, herramientas y medio de interpretación que permiten obtener información cualitativa y cuantitativa de un objeto, superficie o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un dispositivo remoto que no está en contacto con el objeto, superficie o fenómeno que se investiga a través de un flujo energético entre el sensor (por ejemplo: los ojos humanos, satélite, etc.) y la superficie.

Ese flujo energético es la radiación electromagnética que representa una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a través del espacio,

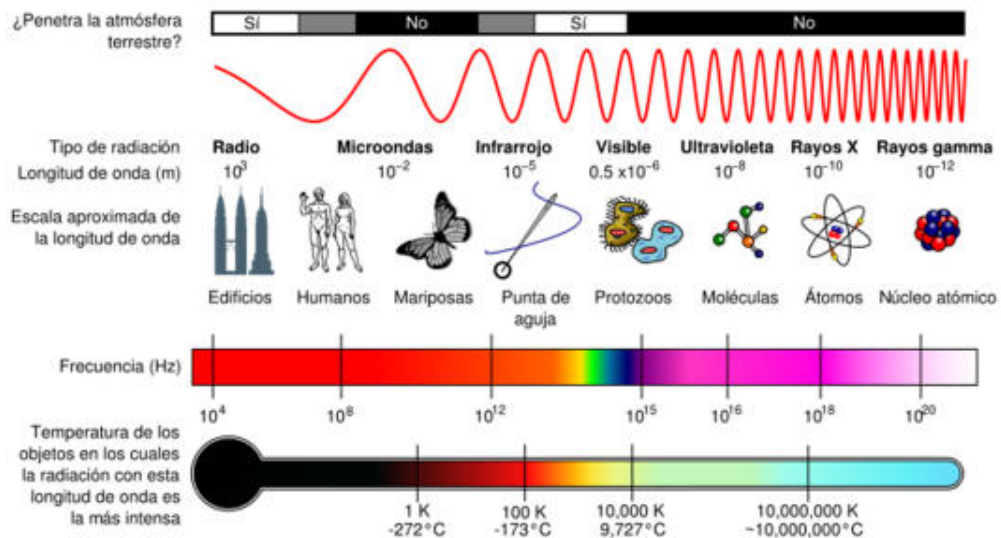
transportando energía de un lugar a otro. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío. (WILKIPEDIA, 2008)

La principal fuente de emisión de energía es el Sol, el cual emite su flujo energético que es reflejado por los distintos cuerpos que se localizan en la superficie terrestre, este proceso se conoce como Teledetección Pasiva. También existen sensores que emiten su propio haz energético y el reflejo es captado por el sensor, este otro proceso se denomina como Teledetección Activa.

Ambos tipos de sensores intervienen en distintas regiones del espectro electromagnético que se refiere al conjunto de longitudes de onda que puede adoptar, (Fig.1) En Teledetección, las bandas del espectro electromagnético de mayor importancia las constituyen el visible, el infrarrojo cercano, medio y lejano, así como la zona de microondas.

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir por sí mismo y se extiende de 0.4 a 0.7 micrómetros (um).

FIGURA 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Fuente: (ATD, 2007)

3.1.2. Los Componentes de un Sistema de Teledetección.

3.1.2.1. Fuente de energía electromagnética:

La fuente de energía puede ser el sol, la tierra o el mismo sensor (sensor activo).

3.1.2.2. Interacción con la atmosfera:

La atmosfera absorbe y genera cambios tanto en la radiación incidente que en la dirigida hacia el sensor, el sensor también registra la radiación que proviene directamente de la atmosfera.

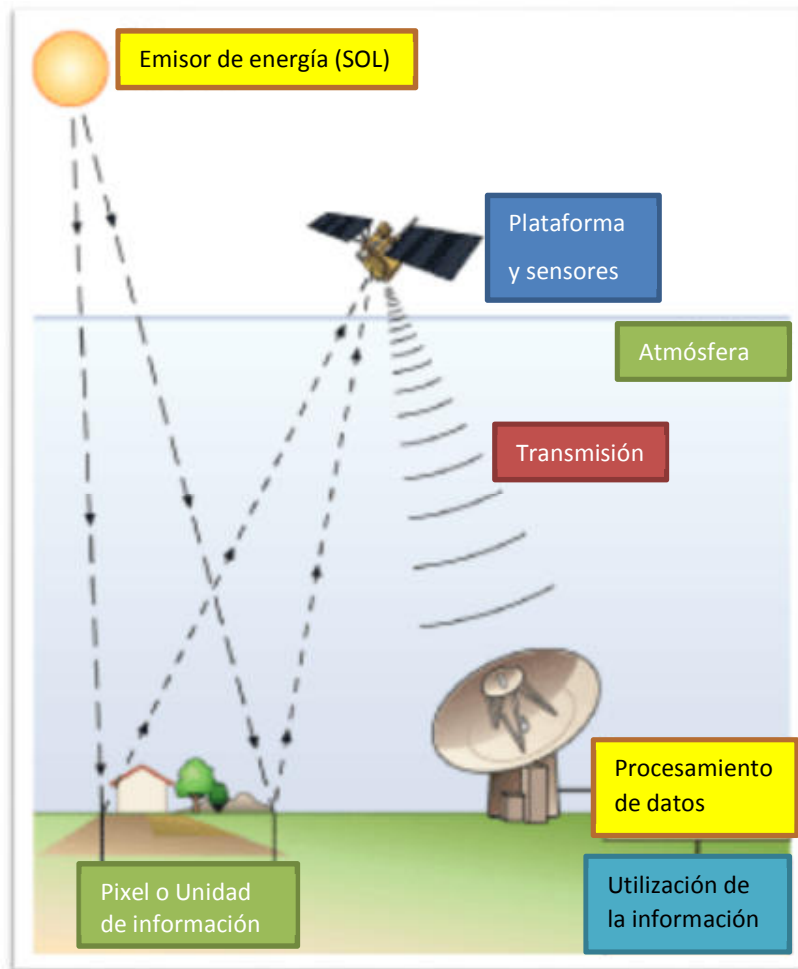
3.1.2.3. La interacción con la superficie:

La radiación incidente sobre la superficie es reflejada, absorbida y transmitida en proporciones variables dependiendo de las características de la superficie y de la longitud de onda, la superficie también emite radiación electromagnética.

Los elementos que componen un sistema de teledetección son los siguientes:

- El sensor:
- la energía reflejada o emitida desde la superficie es registrada por el sensor.
- Adquisición de datos sobre el terreno.
- Transmisión de datos desde el satélite a la estación receptora.
- Procesamiento de datos para corregir los errores sistemáticos, geomorfológicos y atmosféricos.
- Almacenamiento y/o distribución de los datos a los usuarios finales. (Figura 2)

FIGURA 2: ELEMENTOS DE LA TELEDETECCIÓN.



Fuente: Martínez-Torres y cols., 1988

3.1.2. La percepción remota.

Puede definirse como la ciencia y arte de obtener información de un objeto analizando los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto. La percepción remota se define como el grupo de técnicas para la obtención de información confiable sobre las propiedades físicas de ciertas superficies u objetos y su entorno, desde distancias relativamente grandes, sin contacto físico con ellos. Implica, entre otras cosas, analizar imágenes que son ampliamente procesadas e interpretadas para producir datos que pueden aplicarse en agricultura, geología, geografía, oceanografía y ecología, involucra dos procesos:

- Adquisición de datos: desde plataformas con sensores adecuados.
- Análisis de datos: mediante dispositivos visuales o digitales.

Muchas veces la información así adquirida se complementa con datos de referencia ya existentes de la región en estudio (mapas, suelos, estadísticas de cosechas, planos catastrales, etc.); toda información es usualmente combinada en forma de capas de información en lo que usualmente se denomina un SIG (Sistema de información geográfica).

Una imagen de satélite se caracteriza por las siguientes modalidades:

3.1.3. Resolución de imágenes.

a) Resolución espacial.

La resolución espacial se refiere al tamaño del objeto o característica del terreno de menor tamaño que se puede distinguir en una imagen. Se trata de una de las características más importantes que hay que considerar a la hora de elegir imágenes, porque determina de forma directa qué rasgos del terreno pueden cartografiarse. Esto es muy importante para evaluar los costos del proyecto dado que, generalmente, cuanto más detallada es una imagen más cara resulta por unidad de superficie.

Este concepto designa al objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen, representa el tamaño de los elementos en la tierra de los que se detecta la energía electromagnética (píxeles).

Está determinada por el tamaño del pixel, medido en metros sobre el terreno, esto depende de:

- La altura del sensor con respecto a la tierra.
- El ángulo de visión
- La velocidad del escaneado.
- Las características ópticas del sensor.

En general, la resolución espacial debe ser menor que la mitad de los objetos más pequeños que queremos examinar.

b) Resolución espectral.

Este término define las longitudes de onda en las que el sensor es capaz de medir la energía reflejada. Las longitudes de onda se expresan en micras (um). El número de bandas se utiliza asimismo para explicar cómo mide el sistema la reflectancia de varias longitudes de onda distintas. Por ejemplo, un sensor multispectral de cuatro bandas mide la energía en cuatro longitudes de onda diferentes. Hay que tener en cuenta, no obstante, que una imagen multispectral se compone casi siempre de tres bandas como mínimo porque una imagen a color sólo puede crearse adicionando los tres colores fundamentales (rojo, verde y azul).

Cuanto más estrechas sean estas bandas mayores será la resolución espectral. La banda es una región del espectro electromagnético en el que un conjunto de detectores del sensor satelital es sensible. (SRGIS. 2013)

c) Resolución radiométrica.

La resolución radiométrica o sensibilidad, hace referencia al número de niveles digitales utilizados para registrar los datos recogidos por el sensor. se refiere a la cantidad de niveles de gris en el que se divide la radiación recibida para ser almacenada y procesada posteriormente, esto depende del conversor analógico digital usado.

En general cuanto mayor es el número de niveles mayor es el detalle con que se podrá expresar dicha información. Así por ejemplo una resolución radiométrica de:

7 bit = 2 = 128 niveles de gris

8 bit = 8 = 256 niveles de gris

11 bit = 11 = 2048 niveles de gris

Esto significa que en el de 11 bit podemos distinguir mejor las pequeñas diferencias de radiación.

d) Resolución temporal.

Es la periodicidad con el sensor puede adquirir una nueva imagen del mismo punto de la tierra, viene dada por la velocidad en el que el sensor realiza su órbita alrededor de la tierra, a menos que sea geoestacionario enfocado finalmente en un punto del planeta.

Altas resoluciones temporales son importantes en el monitoreo de eventos que cambian en períodos relativamente cortos, como inundaciones, incendios, calidad del agua en el caso de contaminación, desarrollo de cosechas, etc.

3.2. Imagen satelital.

En la imagen satelital llamada también imagen raster, los datos proporcionados por los sensores instalados en plataformas de satélites son típicamente de tipo digital, consta de una imagen matriz compuesta de elementos discretos (píxeles), cada uno de los cuales se define por los números que indican la posición (filas y columnas) y el correspondiente valor de reflectancia en el suelo (DN= Digital Number). El DN es la base para la extracción de la información de las imágenes. (El valor del bit indica la resolución radiométrica de los sensores).

Los DN asociados a cada píxel en las imágenes satelitales generan lo que llamamos escala de grises que en realidad es la escala de niveles digitales disponibles para representar los detalles de la imagen. El número de niveles de grises se expresa comúnmente en términos de dígitos binarios (bits) necesarios para el valor del nivel gris máximo para el caso considerado.

Un Bit es la unidad fundamental de un sistema binario pudiendo poseer solo los valores 1 y 0, usando un arreglo de bit podemos representar un número cualquiera dentro de los límites de longitud de palabra de la computadora. Para lograr una imagen de pantalla con variaciones de brillo prácticamente continuas desde el punto de vista visual se necesitan por lo menos 5 o 6 bits.

Estos valores pueden ser modulados para producir en la pantalla de una computadora una escala de grises que va desde el negro (DN = 0) hasta el blanco (DN = 255).

Que miden los DN:

3.2.1. La energía electromagnética.

El vehículo de la información de la teledetección es la energía electromagnética, sea del sol o emitida por la tierra o generada por el radar o instrumentos laser. La distribución de las energías de radiación puede ser representada tanto en función de la longitud de onda que de la frecuencia en un gráfico conocido como espectro electromagnético.

La radiación electromagnética se extiende desde los rayos cósmicos (menor longitud de onda) a ondas de radio (mayor longitud de onda) y se dividen en regiones o bandas.

Cuando la radiación solar pasa a través de la atmosfera de la tierra una fracción de la energía radiada es absorbida o reflejada y el resto se transmite.

La radiación incidente está caracterizada por tres diferentes modos de propagación:

3.2.2. Absorción

La radiación es absorbida por las interacciones moleculares o electrónicas con el medio que golpean; posteriormente puede ser parcialmente remitida en forma de emisión térmica.

3.2.3. Reflexión:

Parte de la radiación solar es reflejada desde el objetivo en diferentes ángulos (en función de rugosidad de la superficie y la dirección de incidencia de la radiación con respecto a la inclinación de la superficie), la radiación reflejada en dirección del satélite es registrada por el sensor del satélite.

3.2.4. Transmisión:

La radiación penetra a través de algunos medios. Cada objeto refleja la interacción electromagnética en diferentes longitudes de onda y con intensidad característica.

Esta propiedad de la materia permite la identificación y separación de sustancias o clases diferentes a través de su específica respuesta espectral: Firma Espectral.

3.3. Sistemas de Información Geográfica SIG.

Una definición un poco antigua pero amplia de SIG es la que dieron Dueker y Kjerne (1989) Sistema de hardware, software, datos, personas, organizaciones y acuerdos institucionales para recopilar, almacenar, analizar y diseminar información acerca de diferentes porciones de la superficie terrestre. Esta definición resalta el carácter corporativo y complejo de los SIG. Una definición más simple partiría de la definición de Sistema de Información como Conjunto de datos y herramientas para manejar esos datos para cubrir unos objetivos concretos. En el caso de un SIG la única diferencia es que se manejan datos espaciales. (SARRIA Francisco, 2004: pag. 5-6)

La información geográfica y los SIG permiten crear modelos y analizar las relaciones espaciales entre los recursos naturales y las actividades humanas, económicas y sociales, y por tanto ayudan a controlar el desarrollo económico sostenible. Los SIG, con su capacidad para acumular información sobre el territorio y analizar los factores que inciden sobre él, se han convertido en una herramienta imprescindible para la comprensión del entorno. Con los sistemas de información geográfica, la información generada se multiplica, así como la capacidad de almacenamiento y las posibilidades de su representación gráfica.

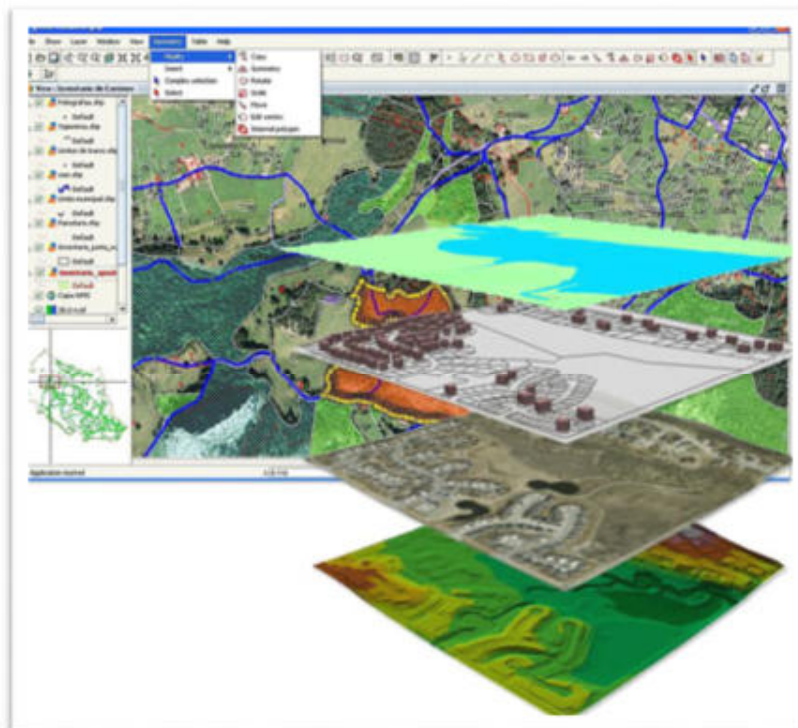
Un sistema de información geográfica es un instrumento computarizado para la captación, manejo y representación en mapas de información geográficamente referenciada. Una definición detallada que permite visualizar con mayor facilidad el instrumento en cuestión es que un SIG es cualquier sistema de información que permite:

- Colectar, guardar y recuperar la información geográficamente localizada.
- Identificar localizaciones específicas en un escenario determinado.
- Determinar relaciones entre conjuntos de información en un escenario específico.
- Analizar la información espacialmente relacionada como una base para tomar decisiones respecto a la gestión del escenario en cuestión.

- Facilitar la generación de la información que puede ser utilizada también en modelos para la evaluación de los impactos de los instrumentos de la política sobre la unidad territorial analizada.
- Mostrar, exhibir, diseñar, gráfica y numéricamente el escenario analizado.

(PLAZA, Orlando y SEPÚLVEDA, Sergio 1996: pag. 135).

FIGURA 3: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.



Las aplicaciones del SIG para la generación de datos espaciales y cartografía temática son muchas, debido a que este se aplica a sistemas que realizan el tratamiento computacional de datos geográficos, debido a su amplia gama de aplicaciones, que incluye temas como agricultura, bosques , cartografía, catastro urbano y redes de distribución, existiendo entonces tres grandes maneras de utilizar el SIG:

- Como herramienta para la producción de mapas
- Como soporte para el análisis espacial de fenómenos
- Como un banco de datos geográficos , con funciones de almacenaje y recuperación de información espacial

(MIRANDA E.E. 2002).

3.4. Contexto Normativo.

Los enfoques de desarrollo aplicados en el país no han logrado interpretar las realidades de las comunidades campesinas, ni enfrentar los problemas económicos, sociales y ambientales de la región andina.

Declarándose la necesidad y utilidad de la recuperación, preservación, conservación y aprovechamiento de las praderas nativas, para mejorar y recuperar la disponibilidad de forrajes nativos. Siendo de prioridad:

- Recuperar y conservar las Praderas Nativas del Altiplano Central, aplicando sistemas mixtos de suelo y agua, los cuales deben ser perfeccionados con prácticas mecánicas, biológicas y biomecánicas, con el apoyo del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, a través de la Dirección Nacional de Riego y Suelos.
- Recuperar e incorporar prácticas al sistema productivo tradicional, tales como las que favorecen al manejo y conservación del suelo, agua y producción agropecuaria.
- Apoyar el proceso de sensibilización de las comunidades sobre la importancia del manejo y conservación del suelo y mejoramiento de las prácticas de manejo ganadero.
- Realización de inventarios de forrajes y pastos nativos.

(GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Ley N 3358, 2006)

Artículo 66. La producción agropecuaria debe ser desarrollada de tal manera que se pueda lograr sistemas de producción y uso sostenible, considerando los siguientes aspectos:

- La utilización de los suelos para uso agropecuario deberá someterse a normas prácticas que aseguren la conservación de los agroecosistemas.
- El Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios fomentará la ejecución de planes de restauración de suelos de uso agrícola en las distintas regiones del país.
- Asimismo, la actividad pecuaria deberá estar de acuerdo a normas técnicas relacionada al uso del suelo y de praderas.
- Las pasturas naturales situadas en las alturas y zonas inundadizas, utilizadas con fines de pastoreo deberán ser aprovechadas conforme a su capacidad de producción de biomasa y carga animal.
- El Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios establecerá en la reglamentación correspondiente, normas técnicas y de control para chaqueos, desmontes, labranzas, empleo de maquinaria agrícola, uso de agroquímicos, rotaciones, prácticas de cultivo y uso de praderas.

(GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Ley 1333, 1992)

En el Subsector de Manejo Integrado de Cuencas, se incorporan las siguientes AOP's:

- Reforestación para conservación y/o preservación como plantaciones con árboles nativos, exceptuando las plantaciones comerciales;
- Manejo y conservación de suelos como terrazas de formación lenta con barreras vivas e inertes, zanjas de infiltración, terrazas de banco de conservación de suelos mediante labores agronómicas;
- Manejo de conservación de praderas nativas y bofedales;
- Recuperación e implementación de sistemas de producción con tecnologías ancestrales, como suka kollus o andenes o camellones o takanas u otros similares.

(GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Decreto Supremo 1641, 2013)

- Incentivar la ganadería alto andina, para el aprovechamiento de praderas nativas y especies introducidas y la protección de los suelos.
- Desarrollar sistemas de manejo y producción agrícola-ganadera alternativa para incrementar la productividad y mejorar los ingresos familiares.

(GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Decreto Supremo 0335, 2009)

Al momento, esta ley beneficia sólo al departamento de Oruro y no toma en cuenta a poblaciones de La Paz, Potosí, Chuquisaca, Tarija ni Cochabamba, donde también se dedican a la crianza y cuidado de camélidos domésticos y silvestres.

Existiendo la necesidad de una normativa en aquellos departamentos que permita la recuperación, preservación y aprovechamiento sostenible de praderas nativas para el uso racional, porque el forraje es la base alimenticia de los animales que habitan en la parte altiplánica.

Las praderas o campos nativos de pastoreo son pastizales “no cultivados” y que tienen su origen en comunidades prateras (praderas), en las cuales se conserva una alta proporción de los componentes vegetales naturales ecológicos.

La ganadería andina (ovinos, bovinos, y camélidos) se desarrolla en el 18,4 por ciento del total del territorio nacional, lo que corresponde a 201.924 Km².

El alimento de este ganado está compuesto de 90 por ciento de forraje de estas praderas nativas y 10 por ciento de praderas introducidas o cultivos destinados para la alimentación del ganado.

Los principales campos nativos se encuentran en la zona altiplánica, donde existen gramales, pajonales, bofedales, ch’illiwares, k’aucholes, kayllares y totorales (los tres últimos son nombres típicos de la región en aimara).

Por ejemplo, la pradera gramal está formada de forma primordial por gramíneas como el ch’iji blanco y negro, además de otras especies. Se presentan en suelos húmedos, salinos y muy resistentes al pastoreo.

La pradera tólar es un tipo de campo donde se encuentran “gramíneas, senecios, kayllas, quras y algunas cactáceas como el waraku”. Los suelos por lo general son arenosos y pobres.

Los totorales son una pradera mixta, formada por tolas y pajas; en ésta, la paja brava –al ser resistente a la quema y al sobrepastoreo– llega a ser dominante en la pradera.

Los sistemas de pastoreo son las formas de manejo de los animales dentro la pradera o pastizal, actividad en la que se debe tomar en cuenta el tipo de ganado, la cantidad de

pastos y el tipo de suelo. El pastoreo continuo va en desmedro de los campos con pastizales al introducir ganado durante varios meses o todo el año sin una planificación adecuada, lo que trae como consecuencia el sobrepastoreo localizado en manchones.

Esto provoca que las plantas 'pastoreadas' tengan un rebrote lento. El pastoreo diferido consiste en dividir el área en varios canchones y al rebaño en diferentes grupos para hacerlos rotar. Por ejemplo, si se divide el área en cuatro espacios, se distribuirá el rebaño en tres grupos para tres canchones, dejando descansar una zona por tres meses en el año y luego se irá rotando de tal forma que otro espacio descanse tres meses y así sucesivamente.

El pastoreo rotativo es el más común, consiste en cambiar de lugar a grandes cantidades de animales. Para ello se divide el área de pastoreo en uno o más canchones, haciendo rotar a los animales cada cierto tiempo para que la pradera descanse.

Es por esta razón que la normativa debe dar un marco adecuado para las políticas adecuadas para el manejo de este recurso. Teniendo en cuenta que en base a esta se plantean las acciones necesarias para el mejoramiento de actividades sin deteriorar el medio ambiente preservando las praderas nativas para su aprovechamiento a futuro.

3.5. Agrostología.

Es el estudio de las especies forrajeras, su clasificación, manejo y utilización, en la alimentación del ganado. Se enfoca a evaluar áreas de Praderas Nativas que son las tierras que producen forraje natural para el consumo animal y que año a año en función a los factores climáticos y de manejo se regeneran en forma natural o en algunos casos artificiales, para proveer una cubierta de vegetación nativa que sirve de alimento a los animales domésticos que se explotan con fines económicos pero a la vez también a algunas especies de fauna.

3.5.1. Praderas nativas Alto Andinas.

Se encuentran entre los 3.800 a 4.400 msnm. Están compuestas por una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la estación de lluvias. La mayoría son gramíneas perennes. Su tamaño, sin considerar los tallos floríferos, alcanza un metro en las especies

más altas como la chilligua (*Festuca dolichophylla*). A las gramíneas, se asocian otras hierbas, tanto anuales como perennes. Los arbustos están muy diseminados. Al finalizar la estación de lluvias (de crecimiento para todos los pastos), sigue la estación seca, en la que hierbas más delicadas desaparecen y queda una vegetación compuesta principalmente por gramíneas.

La riqueza en diversidad vegetal es enorme. En las praderas alto andinas, se encuentra una variedad de familias botánicas como las gramíneas. Dentro de esta familia, se encuentran los géneros, como *Festuca*, y dentro de los géneros, las especies, como la *Festuca dolichophylla* (chilligua). Otras familias como las leguminosas, rosáceas, ciperáceas, juncáceas, etc. también tienen esta división; así como un número similar de géneros y especies.

(FLORES A, 2005: pag.7)

3.5.2. Praderas Introducidas.

Las praderas introducidas vienen a ser especies incorporadas en la región que no son originarios de la misma, es decir plantas cultivadas con la finalidad de la alimentación del ganado que vienen a conformar nuevas praderas pero con manejo adecuado, para utilizarlas eficientemente ya que contienen mejores características nutritivas que la mayor parte de las praderas nativas pero que por el costo elevado que tienen la superficie de las mismas será de menor magnitud.

3.6. Desarrollo de la elaboración de un mapa Agrostológico.

La elaboración de un mapa de recursos forrajeros de un predio o área de estudio, denominado también “mapa Agrostológico”; tiene tres fases:

•**Fase 1.** Consiste en la determinación de los sitios de pradera que contiene el área de estudio, utilizando imágenes que cubren el predio e interpretándolas para determinar los límites de los sitios de pradera y transferirlos a un Sistema de Información Geográfica del área de estudio.

- **Fase 2.** Trabajo de campo para corregir algunos errores en la demarcación de sitios, analizar la vegetación de los sitios, determinar la condición de los sitios por especie animal de pastoreo y determinar su carga animal óptima por hectárea/año.
- **Fase 3.** Consiste en interpretar los resultados obtenidos y elaborar un plan de manejo racional de los recursos forrajeros del predio.

(FLORES A, 2005: pag.21-22)

3.7. Procesamiento de imágenes para el mapeo Agrostológico.

3.7.1. Imagen satelital.

Utilización de Imágenes Satelitales en la evaluación de Tierras

El satélite Landsat LANDSAT (LAND = tierra y SAT = satélite) fue el primer satélite enviado por los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. Inicialmente se le llamó ERTS – 1 (Earth Resources Technology Satellite) y posteriormente los restantes recibieron el nombre de LANDSAT.

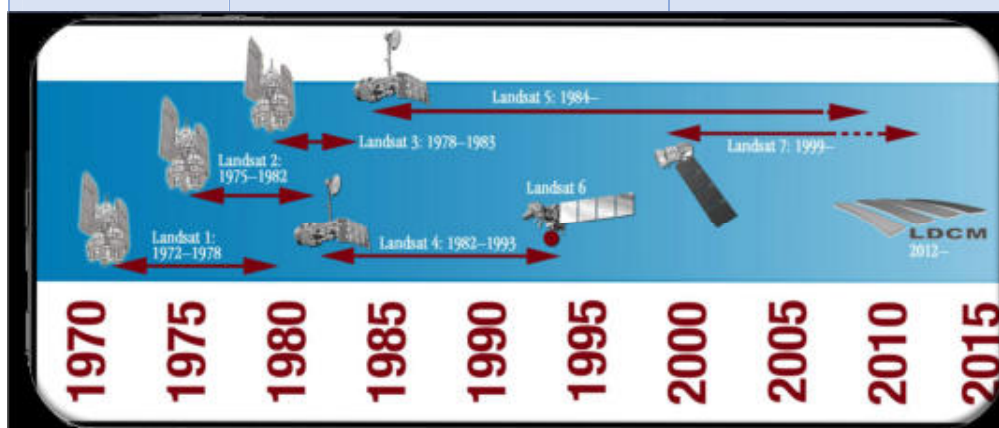
La constelación LANDSAT está formada por 7 satélites que provenían, tanto conceptual como estructuralmente, de los satélites para fines meteorológicos Nimbus. Llevaron a bordo diferentes instrumentos, siempre con la filosofía de captar mayor información de la superficie terrestre, con mayor precisión y a mayor detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales.

Actualmente sólo se encuentran activos el LANDSAT 5 y 7, que son administrados por la NASA (National Space and Space Administration), en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones

TABLA 1 SATÉLITES LANDSAT

SATÉLITE	FECHA DE LANZAMIENTO	FIN DE OPERACIÓN
ERTS1	23/julio/1972	05/enero/1978
LANDSAT 2	22/enero/1975	27/julio/1983
LANDSAT 3	05/marzo/1978	07/septiembre/1993
LANDSAT 4	16/junio/1982	1983
LANDSAT 5	01/marzo/1984	EN OPERACIÓN
LANDSAT 6	03/octubre/1993	03/octubre/1993
LANDSAT 7	1998	EN OPERACIÓN



Fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE, 2013

el LANDSAT 5 (TM-5) se encuentra a una altura de 700 Km Aproximadamente y tiene un periodo de revista de 16 días de la superficie terrestre, posee dos sensores multiespectrales, el sensor MSS y el sensor Thematic Mapper (TM). La resolución espacial está representada por un píxel, que tiene una superficie mínima de análisis de 30 x 30 metros (salvo la banda Infrarrojo termal donde cada píxel tiene un tamaño de 120 x 120 metros). Una escala completa de TM tiene una cobertura de 180 Km el área cubierta es de 32400 Km² y una cuarta escena, conocido como Quad o sub escena cubre 100 por 100 KM aproximadamente.

Las ventajas de utilizar imágenes satelitales, se deben a que estas son más rápidas para su consulta y relativamente baratas en cuanto a la identificación de superficies muy

grandes y de difícil acceso, y es el medio más rápido de adquirir información geográfica aprovechable.

3.7.2. Descripción de las siete bandas o canales del Landsat TM.

La descripción de las bandas es la siguiente:

3.7.2.1. Banda Ultravioleta (0.25 - 0.5 μm)

La radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra, es fundamentalmente difundida antes de su reflexión. Las imágenes son generalmente borrosas, salvo en la atmósfera muy clara (invierno).

3.7.2.2. Banda Azul (0.4 – 0.5 μm)

Una gran parte de la radiación azul es difundida por la atmósfera y otra, reflejada. Se obtiene las imágenes cuando hay atmósfera muy clara y baja altitud. Su penetración en el agua depende la turbulencia, turbidez y salinidad.

3.7.2.3. Banda Verde (0.5 – 0.6 μm)

La difusión atmosférica es menos fuerte, la vegetación verde es muy reflejada, las superficies claras de los suelos desnudos producen un fuerte amarillo, la penetración en el agua es mejor que en la banda azul (puede llegar a 20-30 μm). Este intervalo espectral, corresponde al máximo de energía solar que llega al suelo.

3.7.2.4. Banda Rojo (0.6 – 0.7 μm)

La difusión, es la más absorbida por la vegetación verde; refleja más la superficie de los suelos desnudos (arena, sectores intervenido, sectores, sectores construidos), no tiene buena penetración al agua, los productos en suspensión en el agua son claramente visibles.

3.7.2.5. Banda Infrarrojo Próximo (0.7 – 0.8 μm).

Caracterizado por dos fenómenos importantes en el momento de su reflexión totalmente absorbida por el agua y fuertemente reflejada por la vegetación verde. Las superficies de suelo desnudo, absorben más esta banda visible y la distinción entre zonas forestales y deforestadas no es tan buena como la roja.

3.7.2.6. Banda Infrarrojo Media (0.8 – 1.1 μm)

Tiene características muy similares a la anterior, con la diferencia de ser más sensible a la cantidad de agua en las hojas de los bosques. Tiene buena reflectancia en los suelos desnudos.

3.7.2.7. Banda Infrarrojo Térmica (3-5 y 8-14 μm)

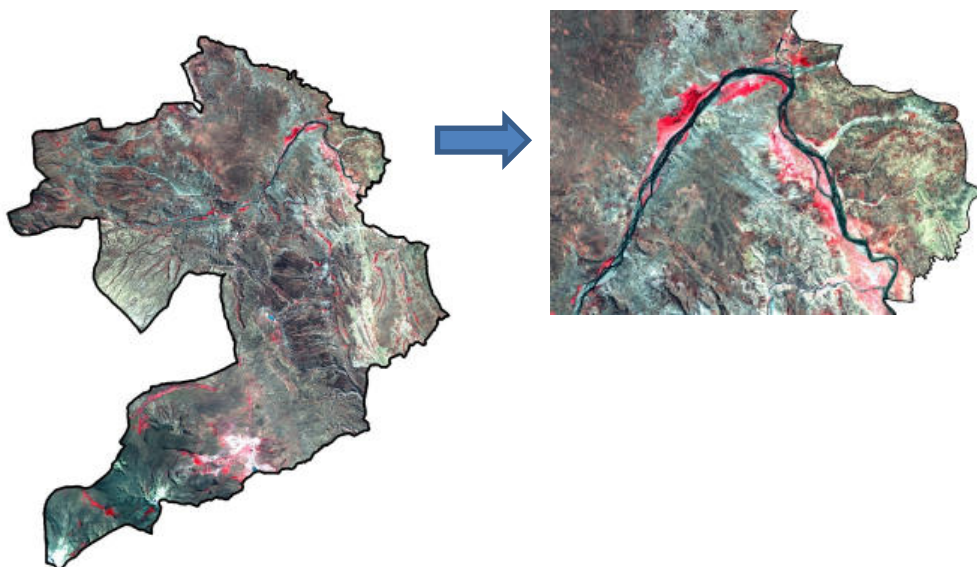
Corresponde a la porción del espectro donde la emisión de temperatura de la superficie está comprendida entre -50 y $+70$ $^{\circ}\text{C}$; es decir, la gran mayoría de las superficies naturales, excepto la lava de los volcanes, incendios forestales, etc.

3.7.3. Combinaciones de las Bandas del captor TM.

Ciertas combinaciones de bandas del captor temático nos pueden ayudar a percibir los objetos en el orden siguiente, azul, verde y rojo, por ejemplo la combinación de bandas 2.3.4 significa que la banda TM2 está registrada en Azul, la banda TM3 en verde y la banda TM4 en rojo. Puede contarse las siguientes combinaciones.

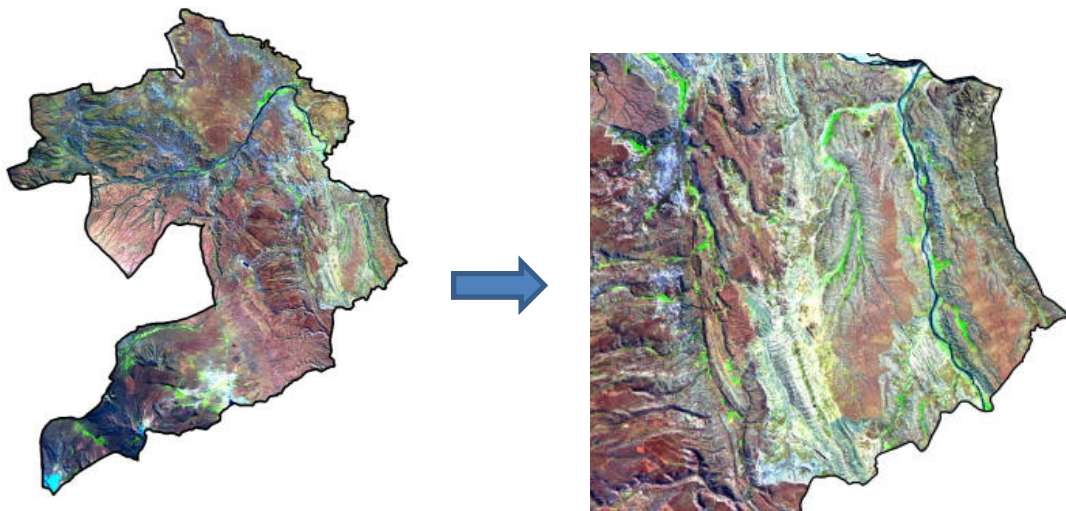
3.7.3.1. (TM2 en azul. TM3 en verde. TM4 en rojo).

Esta combinación de bandas correspondiente al formato infrarrojo. Ella da pruebas de sensibilidad a la vegetación verde (que aparece en color Rojo), en tanto que los caminos y las masas de agua son muy visibles, el rojo de los bosques no caducifolios es sustancialmente más rojo oscuro que el de los bosques de árboles con hojas caducas.



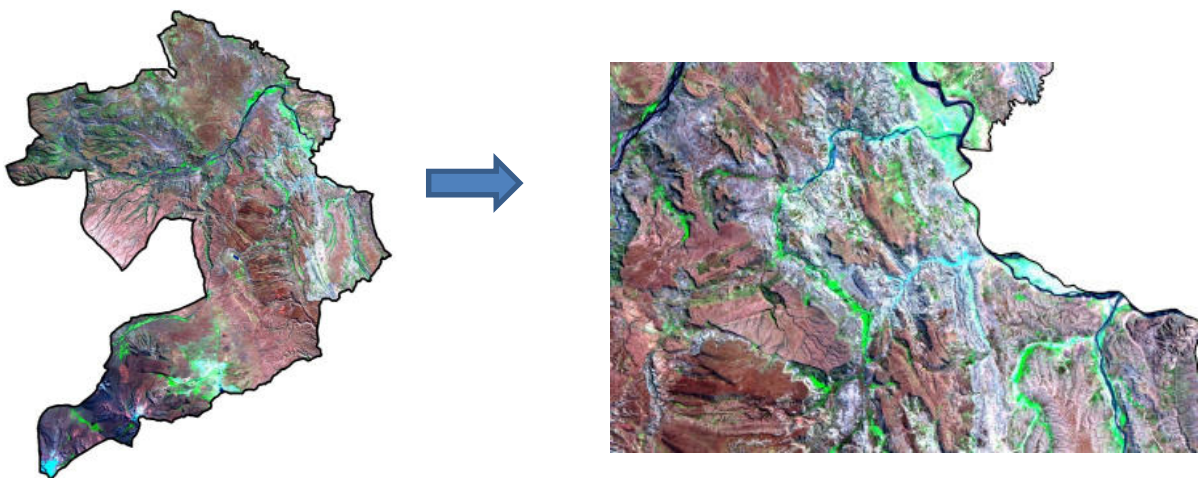
3.7.3.2. (TM1 en azul. TM4 en verde. TM5 en rojo).

Esta combinación implica una banda proveniente de cada uno de las tres principales zonas espectrales reflectadas (la visible, la Infrarrojo Próximo, al infrarrojo de ondas cortas). La vegetación está registrada en verde y el infrarrojo de onda corta puede poner en evidencia las zonas de daño y mortalidad de la vegetación. Los caminos son menos visibles.



3.7.3.3. (TM3 en azul. TM4 en verde. TM7 en rojo).

Esta combinación es semejante a la combinación anterior pero el registro de ciertos tipos de daños de la vegetación (por ejemplo las zonas quemadas) puede ser menos nítidas. Por tanto, los trabajos sobre esta combinación se prosiguen.



3.7.4. Introducción Al Procesamiento Digital de Imágenes satelitales.

3.7.4.1. Pre procesamiento de imágenes satelitales.

Para extraer información de imágenes de alta calidad espectral, se requiere conocer los valores digitales que representan correctamente la naturaleza espectral de la superficie. El registro del sensor puede tener distorsiones causadas principalmente por el propio sensor, la geometría de la imagen y la atmósfera. Las técnicas de pre procesamiento son funciones operativas para eliminar o corregir estas distorsiones a fin de contribuir a una correcta interpretación de los datos.

3.7.4.2. Remoción de ruidos.

Las distorsiones debidas a errores instrumentales suelen aparecer en forma de píxeles, línea o conjunto de líneas (bandas) con los valores pictóricos saturados (brillante) o sin señal (oscuro).

Los ruidos consisten en la mala calidad de los píxeles a lo largo de una línea, lo que produce pérdida total o parcial de la información.

Método utilizado para restaurar o corregir las líneas consiste en reemplazar los píxeles ruidosos, por el promedio de los pixeles vecinos.

3.7.4.3. Corrección atmosférica.

La necesidad de una corrección atmosférica depende de la información deseada y los métodos analíticos para extraer dicha información. El enfoque correcto elegido debe considerar el tipo de datos de sensores remotos y datos atmosféricos disponibles.

3.7.4.4. Correcciones Geométricas.

Consiste en la corrección de las distorsiones introducidas en el momento de la adquisición de imágenes debido a la inestabilidad de la plataforma, rotación, inclinación o curvatura de la Tierra.

3.7.4.5. Realce

Es el mejoramiento visual de la imagen, sin embargo, no aumenta la cantidad de información contenida en ella, implica mejorar el contraste, reasignar valores a los píxeles y realzar su diferenciación.

- Modelos de colores.
- Modelo RGB.

El modelo RGB es el más utilizado para la representación de datos digitales basado en el modelo de colores aditivos y colores primarios (Rojo, Verde, Azul).

El sistema de colores RGB, posibilita diferentes combinaciones de 3 colores con 3 bandas, facilitando al analista seleccionar una imagen que mejor discrimina los objetos de interés.

- Modelo IHS

Otra forma de representar los colores es por los atributos de intensidad, matiz y saturación. Meneses, 2012, define la intensidad (I) como la cantidad de brillo de una escena, saturación (S) como el grado de dilución de un color por luz blanca y el matiz (H), como el color espectral dominante.

Esta técnica de transformación IHS, es muy utilizado para combinar imágenes con diferentes resoluciones espaciales.

3.7.4.6. Aritmética de Bandas

Las operaciones aritméticas efectúan la combinación de dos o más bandas del mismo sensor o de la adquisición de diferentes por medio de una regla matemática predefinida, ejecutada pixel a pixel, resultando una nueva matriz de datos. En términos generales, la multiplicación sirve para realzar similitudes espectrales entre imágenes de diferentes bandas efectuando una sustracción o división para realzar diferencias espectrales de objetos.

Los índices de vegetación son ejemplos de procesamiento por aritmética de bandas que realzan las variaciones de densidad de vegetación. Los índices de vegetación emplean la

banda roja y banda infrarroja próxima (NIR) que son respectivamente las bandas de mayor absorción y mayor reflectancia de vegetación.

La Vegetación fotosintéticamente activa, presenta altos valores de reflectancia en una banda infrarroja, en una banda infrarroja próxima y bajos valores de reflectancia en las otras bandas y por consiguiente, la razón de bandas resulta con valores positivos mayores que 1. La reflectancia de la vegetación muestra altos valores entre las bandas 4 y 3 y valores casi nulos para agua.

(E., Salas, J., & Martín, P. 2008).

3.7.5. Clasificación de las imágenes satelitales.

Las técnicas de clasificación de imágenes permiten la producción de información a partir de datos obtenidos de sensores remotos de forma automatizada, reduciendo la subjetividad de interpretación y contribuyendo a mejorar la rapidez del proceso.

Los métodos de clasificación pueden procesar una escena entera pixel a pixel, o se pueden basar en una clasificación de objetos relativamente homogéneos de imágenes generados por segmentación.

La clasificación de imágenes tiene como propósito principal convertir las imágenes que contiene los datos en mapas temáticos. Es la asignación de cada porción de la superficie observada a una clase dada, es decir una categoría homogénea elegida entre un grupo preferido para esa aplicación.

Clasificar una imagen satelital consiste en agrupar los pixeles correspondientes a superficies homogéneas en el suelo. Con la clasificación se pasa del análisis visual de la imagen a la extracción de información de la imagen. Las técnicas de clasificación se dividen en:

3.7.5.1. Clasificación no supervisada.

La clasificación no supervisada trata de definir las clases espectrales presentes en la imagen. No implica ningún conocimiento previo del área en estudio por lo que la intervención humana se centra en la interpretación de los resultados. Este método asume que los DN de la imagen se agrupan en una serie de conglomerados que se

corresponden con grupos de píxeles con un comportamiento espectral homogéneo y que, por ello, deberían definir unas clases informacionales de interés.

Se utilizan algoritmos que buscan automáticamente grupos de valores espectrales homogéneos en la imagen para que después el usuario intente encontrar las correspondencias entre estos grupos seleccionados automáticamente y las categorías que le puedan ser de interés.

Las principales características de la clasificación no supervisada son las siguientes.

a) Ventajas.

- No requiere un conocimiento previo.
- El error humano se reduce.
- Las clases son espectrales homogéneas obligatoria.
- Puede identificar todas las clases que tiene características únicas

b) Desventajas.

- Las clases derivadas no necesariamente tienen un significado.
- El usuario tiene un control limitado sobre el procedimiento y los resultados.

3.7.5.2. Clasificación supervisada.

Es un proceso en que píxeles de identidad conocida ubicados dentro de las áreas de entrenamiento se utiliza para clasificar píxeles de identidad desconocida.

La clasificación supervisada involucra las siguientes etapas.

- Etapa de entrenamiento trabajo de campo.
- Selección del algoritmo de clasificación adecuado y clasificación.

3.7.5.3. Clasificación por Segmentación

La segmentación en el campo del análisis de imágenes es el proceso de dividir una imagen digital en varias partes (grupos de píxeles) u objetos. El objetivo de la segmentación es simplificar y/o cambiar la representación de una imagen en otra más significativa y más fácil de analizar. La segmentación se usa tanto para localizar objetos como para encontrar

los límites de estos dentro de una imagen. Más precisamente, la segmentación de la imagen es el proceso de asignación de una etiqueta a cada píxel de la imagen de forma que los píxeles que compartan la misma etiqueta también tendrán ciertas características visuales similares.

El resultado de la segmentación de una imagen es un conjunto de segmentos que cubren en conjunto a toda la imagen, Cada uno de los píxeles de una región son similares en alguna característica, como el color, la intensidad o la textura. Regiones adyacentes son significativamente diferentes con respecto a las mismas características.

Clasificación por Segmentación (Extracción de Características)

Diferencia entre la clasificación por segmentación y la clasificación tradicional.

Las técnicas de clasificación tradicional de sensores remotos está basado en el análisis de píxeles, esta técnica funciona bien con datos hiperespectrales, sin embargo no es ideal para las imágenes Pancromáticas o multi espectrales, limitando la interpretación del usuario apenas a contar con la información espectral, restringiendo la clasificación detallada y precisa de la imagen.

3.7.5.4. Respuesta Espectral de la vegetación

El comportamiento espectral de la vegetación, es decir, la cantidad de energía reflectante medida en cada individuo o planta a lo largo del espectro, depende de la naturaleza de esta misma, de sus interacciones con la radiación solar y otros factores climáticos, y de la disposición de nutrientes y agua en su medio ambiente.

(JENSEN, J. 2000)

3.7.5.5. Propiedades ópticas de las hojas

Las propiedades ópticas de las hojas dependen de: las condiciones de radiación, la especie vegetal, el grosor de las hojas, la estructura de la superficie foliar, los niveles de contenido de clorofila y carotenoides y la estructura interna de la hoja. La radiación solar incidente es la fuente primaria de energía que permite la ejecución de los diferentes procesos biológicos y físico-químicos de las plantas y por lo tanto es el principal factor que

influye en sus propiedades. La interacción entre la radiación solar y las plantas puede evidenciarse a través de tres efectos específicos:

a) Efectos térmicos:

Aproximadamente el 70% de la radiación solar incidente, es absorbida por las plantas y convertida en calor para procurar y permitir el mantenimiento de la temperatura corporal de la planta y su proceso de transpiración.

b) Efectos fotosintéticos:

La radiación activa fotosintética (usada en el proceso de la fotosíntesis), es aproximadamente el 28% de la energía absorbida por una planta, e interviene en la conversión y producción de componentes orgánicos altamente energéticos.

c) Efectos fotomorfogénicos:

La naturaleza y cantidad de energía absorbida, transmitida y/o reflejada depende de la longitud de onda, del ángulo de incidencia, la rugosidad de la superficie, las diferencias en las propiedades ópticas y los contenidos bioquímicos de las hojas.

Las hojas tienen dos capas: una cuticular y una epidérmica, interceptan o reciben el flujo de energía radiada directamente por el sol, o de luz dispersada por la atmósfera, para que luego esta energía incidente interactúe con los pigmentos, agua y aire intracelular de las hojas, determinando así la cantidad de flujo reflejado, absorbido y transmitido por cada una.

La radiación de las longitudes de onda del infrarrojo cercano pasa a través de las hojas, de una a otra, de tal manera que se genera un efecto aditivo de reflectancia. Cada capa foliar transmite y refleja una cantidad de energía generando un ciclo de transmisión de energía y finalmente ofreciendo una reflectancia efectiva, lo que genera que la reflectancia a nivel de dosel sea mucho mayor que aquella medida directamente sobre una hoja en particular.

(JENSEN, J. 2000).

3.7.6. Operaciones de post clasificación.

En la etapa de entrenamiento el analista selecciona áreas de identidad conocida de la cubierta terrestre de interés (cultivos, forestaciones, suelos, etc.) delineándolas sobre la

imagen digital bajo formas de rectángulos o polígonos cuyos datos numéricos quedan archivados en la computadora como regiones de interés constituyendo los datos de entrenamiento.

Para realizar la selección el analista debe tener un conocimiento previo del área de estudio, sea por reconocimientos de campo, sea por consultas de mapas, fotografías aéreas, información secundaria, etc.

La elección y la adquisición de muestras en la imagen proceden a través de los siguientes criterios:

Representatividad de las muestras toman más muestras de la misma clase en toda la imagen con el fin de obtener estadísticas representativas de la variabilidad de la respuesta espectral de las clases en el área de estudio.

Después de la fase de selección cada muestra adquirida es analizada con el fin de comprobar la separabilidad de clases.

(NÚÑEZ W. 2010)

3.7.6.1. Selección del algoritmo.

Una vez que se dispone de un conjunto de estos datos de entrenamiento debe tratarse de adjudicar cada uno de los pixeles de la escena a alguna clase. Entre los algoritmos clásicos para estos fines citemos los siguientes:

- Clasificador por mínima distancia.
- Clasificador por paralelepípedos.
- Clasificador por máxima probabilidad.

a) Clasificador por paralelepípedos.

Se definen para cada clase los límites superior e inferior que definen una casilla.

Pueden calcularse sobre la base de los valores de máximo y mínimo, o media y la desviación estándar para cada clase, el número de casillas depende del número de clases.

b) Clasificador por mínima distancia.

La base de este clasificador son los centros de los conglomerados (clúster). Durante la clasificación se calculan las distancias Euclides de un pixel de los centros de los diversos clúster, el pixel desconocido se asigna a la clase a la que está más cerca, es decir a la clase del centro desde el cual el pixel tiene la distancia pequeña.

c) Clasificador por máxima probabilidad.

Este clasificador no tiene en cuenta solo el centro del clúster, sino también su forma, tamaño y orientación todo esto se hace posible por el cálculo de una distancia estadística basada en los valores de las medias y en la matriz de covarianza de la agrupación.

d) Estimación de la exactitud de una clasificación.

En el sentido estricto ningún clasificador puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud sea evaluado.

Este puede definirse como el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas según datos de la tierra recolectados por el usuario y considerados como datos de referencia. A tomar como referencia el conjunto de datos de entrenamiento este procedimiento conduce a sobreestimar la exactitud de la clasificación.

Se construye la matriz de confusión que permite evaluar la precisión global y de las clases individuales.

Esta es una matriz cuadrada de $n \times n$ donde n es el número de clases. Dicha matriz muestra la relación entre dos series de medidas correspondientes al área de estudio. La primera serie corresponde a datos de referencia.

Adquiridos de observación de campo, inspección de estadísticas agrícolas interpretación de fotos aéreas y otras fuentes similares, la segunda corresponde a la categorización de los pixeles realizada por el clasificador.

En una matriz de confusión las columnas corresponden a los datos de referencia mientras que las filas corresponden a las asignaciones del clasificador.

IV. MATERIALES

4.1. Materiales.

4.1.1. Para la Evaluación de la cobertura vegetal.

Entre los materiales para la evaluación de la cobertura vegetal tenemos:

Etapas preliminares.

a) Materiales:

- Cartas nacionales a escala adecuada.
- Imagen satelital impresa Landsat del área de estudio.
- Lapicero y lápiz.

b) Software:

- Programa para el procesamiento de imágenes ENVI.
- Programa para la digitalización de polígonos y manejo de imágenes Arc Gis 10.

c) Equipos:

- Laptop.

Etapas de campo.

a) Materiales:

- Prensa botánica.
- Cámara fotográfica.
- Cuadrante de hierro de 1x1m.
- Anillo censador.
- Fichas de evaluación censal.
- Tablero, libreta de campo.
- Bolsas de polietileno y papel (recolección de muestras).

b) Equipos:

- GPS.
- Laptop.

4.1.2. Para el Mapeo Agrostológico.

Etapas preliminares.

a) Materiales:

- mapas Base del área de estudio.
- Anillo censador.
- Tablero de escribir, libreta de campo y lápiz carbón.
- Cinta masking y etiquetas.
- Fichas de registro censal.
- Registros de medida de vigor de pastos.

b) Software:

- Programa para el procesamiento de imágenes ENVI.
- Programa para la digitalización de polígonos y manejo de imágenes Arc Gis 10.

c) Equipos:

- Laptop.
- GPS Garmin.
- Cámara fotográfica.
- Grabadora.

Etapas de procesamiento (digitalización de la base geométrica).

a) Materiales:

- Mapa fisiográfico.
- Mapa hidrológico.
- Fichas censales.
- Fotografías.
- Puntos de control georeferenciados.
- Videos.

- Muestras por asociaciones vegetales.

b) Software:

- Programa para el procesamiento de imágenes ENVI.
- Programa para el procesamiento de imágenes ERDAS.
- Programa para la digitalización de polígonos y manejo de imágenes Arc Gis 10.
- Excel, Word

c) Equipos:

- Laptop.

V. METODOLOGÍA

5.1. Evaluación de praderas nativas

La metodología empleada en la elaboración del presente estudio se divide en tres etapas; La primera, correspondió a la definición de las variables, indicadores, metodologías y herramientas a utilizar durante el proceso del estudio; asimismo, la identificación y revisión de la información secundaria existente sobre el tema de pastos a nivel del área de estudio.

Luego la elaboración del mapa base, con información cartográfica disponible del municipio de Calacoto provincia Pacajes del departamento de La Paz, procesada a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG); dicho mapa fue ajustado y precisado utilizando las imágenes satelitales (Landsat).

La segunda etapa; consistió fundamentalmente en la revisión y análisis de la información existente sobre el tema de praderas. A partir de esta información se generó el mapa temático de praderas a nivel regional; la misma que ha sido precisada y ajustada utilizando los imágenes satelitales.

Finalmente en la tercera etapa se realizaron las comparaciones y ajustes necesarios con la información recogida en el trabajo de campo y de gabinete, procediendo a corregir el mapa temático concernientes a cada comunidad vegetal, estableciendo la superposición de los mismos con los mapas temáticos de: Cobertura vegetal, uso actual de suelos, fisiográfico, capacidad de uso mayor de la tierra, pendientes, altura. Con la finalidad de corregir incoherencias que pudiera presentarse.

Los índices utilizados para efectuar la clasificación de la condición de las praderas naturales son: La composición de especies, Índice forrajero, Índice de Suelo Desnudo, Roca e Índice de Vigor, donde cada uno de los índices tiene cinco tipos de clasificación según su calidad en campo estas son: Excelente, Buena, Regular, Pobre y Muy Pobre; a cada calidad corresponde un intervalo de puntuación

Evaluar las praderas nativas, significa determinar la condición y potencial que representa una pradera nativa, en otras palabras, significa medir la capacidad de pastoreo de un sitio, considerando la calidad y cantidad de las especies vegetales que en ella existen, sin dejar de lado otros aspectos como el suelo y agua.

Para evaluar los pastizales, es necesario contar con la participación de un profesional o personal con pleno conocimiento sobre agrostología (evaluación de praderas), quien deberá utilizar criterios técnicos para clasificar los diferentes tipos de pradera nativa, existentes en las áreas de pastoreo.

La evaluación puede usar métodos estáticos o de valorización actual de las praderas nativas, también se pueden utilizar métodos ecológicos o de evaluación de cambio en la vegetación. Dentro de los métodos de evaluación estáticos o de valoración actual de las praderas nativas, está el método de "transección al paso", que es el más utilizado en praderas altoandinas, además de ser más rápido y práctico y permitir abarcar extensiones de terreno considerablemente grandes.

(Folleto divulgativo. Proyecto, Flores, E.R. 1992)

5.1.1. Método de valorización "transección al paso"

Si se habla de evaluación de praderas altoandinas, el método más popular es el de "transección al paso" el mismo proporciona buenos resultados al determinar la condición de los pastizales de la zona altoandina.

Este método consiste en la toma de muestras de la vegetación existente en un sitio de pradera, obtenidas por señalamiento o "toques" con un anillo censador, de diámetro de una pulgada y recorriendo el terreno dando 100 pasos dobles. Todas las observaciones se anotan en un formulario denominado: "Registro de transección al paso", en el que previamente se han agrupado a las especies según su palatabilidad en:

- Deseables.
- Poco deseables.
- Indeseables.
- Sin valor.

En cada observación se debe anotar:

- La especie vegetal (planta) en las diferentes categorías (deseable, poco deseable o indeseable).
- En el caso de sin valor se tiene las alternativas de :
- Mantillo (especies inferiores)
- Suelo desnudo (sin vegetación)
- Roca (piedras)

Como en cada lugar se efectúan tres transectos, el promedio de las mismas dará el porcentaje promedio.

FIGURA 4: REALIZACIÓN DE TRANSECTOS EN PRADERA ALTO ANDINA

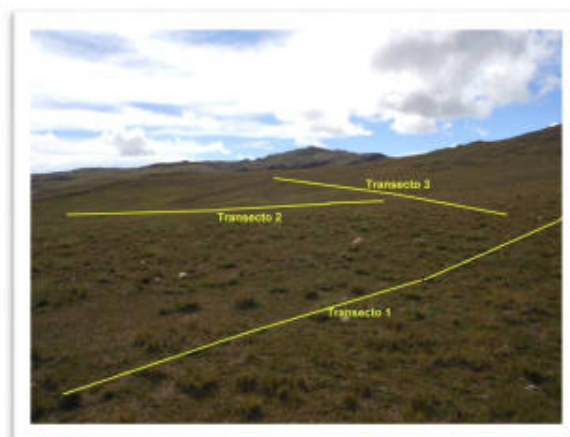


FIGURA 5: EVALUACIÓN DE PASTIZALES NATIVOS POR MEDIO DE TRANSECCIÓN AL PASO





Para una mejor comprensión y llenado de la planilla de registro de transección al paso se describe la definición de los siguientes términos:

5.1.1.1. Especies deseables o decrecientes.

Son especies vegetales deseables o decrecientes, las especies forrajeras altamente productivas e importantes en número y altamente palatables para el ganado, siendo especies que crecen dentro de las praderas nativas. Estas plantas decrecen en su abundancia si la carga animal es superior a la óptima, es decir, si hay sobre pastoreo.

Entre las especies vegetales más conocidas y consideradas como deseables o decrecientes están:

TABLA 2: ESPECIES DESEABLES O DECRECIENTES.

Especies deseables o decrecientes	
Amay siq'i	Khanapacu
Anuq'ara	Khea khea
Añahuaya	Khota
Cebadilla	Lawa pasto
Cebolla cebolla	Layu
Chapi	Llanten

Especies deseables o decrecientes	
Chijchipa	Llapa pasto
Chiji	Muni muni
Chilliwa	Pampa jarpa
Chiwayu	Pampa parwayu
Chojlla	Pasto aguja aguja
Crespillo	Pasto oq'ururo
Cuch'u coch'u	Pasto triguillo
Culi, Tisña	Pichu Pichu
Diente de león	Qochi wira wira
Huaylla	Qoran qopan
Huiru huiru	Q'uichi pasto
Iru ichu	Sillu Sillu
Iru pasto	Siq'i
Isañu Isañu	Sora
Janq'u mama	Thola
K'acho	Totorilla
K'aka pasto	Trébol
Kapaso	T'uru, Orqo chiji
Kaylla, Kayña	Verbena
K'eña	Wila layu
Yawara	

Fuente elaboración propia trabajo de campo

5.1.1.2. Especie poco deseable o acrecentante.

Estas plantas son de menor producción, menos palatables y también crecen en la pradera nativa. Las mismas son de dos tipos:

a) Tipo I:

Son especies forrajeras nativas moderadamente palatables. Tienden a incrementarse y toman el lugar de las especies deseables, a medida que el campo está siendo sobre pastoreado o debilitado por sequías, quema de la pradera, etc., pero si el problema de sobre carga animal persiste, las especies acrecentantes también tienden a decrecer en proporción.

b) Tipo II:

Son especies pobres, esencialmente no palatables, con una fuerte habilidad competitiva. Pertenecen a la comunidad de especies nativas y aumentan en número a medida que las especies decrecientes y acrecentantes de tipo I decrecen por la presión de carga animal alta. Muchas de estas plantas tienen poco o ningún valor forrajero. Las plantas tóxicas están en esta categoría.

Entre las plantas más conocidas como poco deseables están:

TABLA 3: ESPECIES POCO DESEABLES O ACRECENTANTES.

Especies poco deseables o acrecentantes	
Aguja aguja	Pampa kea kea
Chachacoma	Pampa k'eña
Chiji k'emillo	Pampa thola
	Parhuayo
Huari ñuño	Pastulla
Jacha paco	Pichu pichu
Kea kea	Qora

Especies poco deseables o acrecentantes	
Khota	Sicuya
Paco	Supo thola
Paco	Thola
Pampa chapi, Sijsilla	Totorilla
Pampa chilliwa	T'una k'ea k'ea
Pampa jichu, Iru pasto	Iru pasto

Fuente elaboración propia trabajo de campo

5.1.1.3. Especies indeseables.

Son las plantas invasoras, que vienen de otros sitios y se introducen en la comunidad de la pradera nativa, cuando la pradera se encuentra debilitada por factores como el sobre pastoreo; es decir no pertenecen a esta comunidad. También son de dos tipos y se diferencian en las mismas bases que las acrecentantes. Entre las especies más conocidas están:

TABLA 4: ESPECIES INDESEABLES.

Especies indeseables	
Chachacoma	Paco
Chapi	Pampa muña, Pisco cebadilla
Cheje cheje	Pampa thola
Chijchipa	Peras khota, Wari khota
Garbanzo	Quru quru
Huaricuca, Wari coca, Roq'e, Huaricuca	Sankha
Huira huira	Sutuma

Especies indeseables	
Itapallo, Ortiga	Totorilla
Janu k'ara	Wachanca
Jarp'a	Waraq'u
Keñua	Wila wila
Khota, Qachu khota	Yareta

Fuente elaboración propia trabajo de campo

Las especies mencionadas tanto como deseables, poco deseables e indeseables tienen comportamientos diferentes según la zona o región, ya que una especie que es deseable por el ganado en una zona puede ser poco o indeseable en otra zona o sector.

5.1.1.4. Características de la zona de muestreo

a) Cobertura Vegetal

Es el área cubierta por la vegetación (especies nativas) expresada en porcentaje en relación a una superficie determinada (sitio de pradera).

b) Condición del Pastizal

Es el estado actual de la pradera o de la vegetación en relación con la vegetación ideal de una pradera nativa y el estado actual de esta en relación con la máxima expresión forrajera compatible a las posibilidades económicas.

c) Constancia o Frecuencia

Es una medida de la regularidad de distribución de una especie en diferentes transectos en una asociación determinada. Se expresa como el porcentaje en que se halla una especie en un número determinado de censos.

d) Ecosistema

Es el sistema resultante de la integración del ambiente abiótico (material inerte) con las comunidades bióticas (plantas, animales). La palabra "eco" implica ambiente; "Sistema" indica un complejo interdependiente.

e) Especie Clave

Es la especie o las especies de alta preferencia animal y que tiene cierta abundancia en el área de pastoreo o potrero en cuestión. Es la especie en base a la cual se va a hacer el manejo del pastizal o pradera, conociendo su fenología (fases de crecimiento) y su producción.

f) Índice de vigor

Se usa como patrón de medida, la altura de la especie clave, en su condición de óptimo desarrollo, bajo las mejores condiciones de medio ambiente. A esta altura se le asigna un valor de 100%, referidas a esta última se comparan las alturas halladas en el campo, en cada sitio de pastizal.

Además para el registro de las lecturas y el parámetro a ser anotado se debe tomar en cuenta los siguientes términos y parámetros:

5.1.1.5. Clasificación con el anillo censador

a) Vegetación herbácea perenne:

Cuando la corona de la raíz o parte de ella se encuentra dentro del anillo. Se registra la especie con una clave de cuatro a cinco letras, por ejemplo *Festuca dolichophylla* = FEDO.



b) Mantillo (M):

Se define de esta manera cuando más de la mitad del anillo es cubierto por materia orgánica o estiércol.



c) Musgo (L):

Cuando existe la presencia de musgo en mas de la mitad del anillo el momento de hacer el muestreo.



d) Suelo desnudo (S):

Cuando en el muestreo con el anillo censador se encuentra en mayor cantidad superficie de suelo sin vegetación.



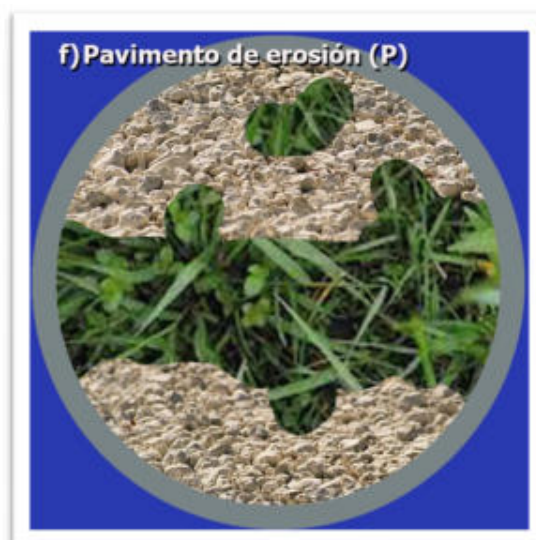
e) Roca (R):

Cuando más de la mitad del anillo es cubierto por roca que es más grande que el anillo en el momento del muestreo.



f) Pavimento de erosión (P):

Cuando más de la mitad del anillo es cubierto por pequeñas partículas de suelo o piedras pequeñas dentro del anillo.



5.1.2. Metodología Aplicada

Los procesos de evaluación consideran normalmente tres etapas las cuales son:

- Etapa de pre-campo
- Etapa de campo
- Etapa de gabinete

5.1.2.1. En la etapa pre-campo.

Se revisan documentos que muestran los sitios de pradera, sean estas laderas, pampas, elevaciones etc. Las mismas permiten delimitar los diferentes sitios de pradera sean en una comunidad, sector o zona. Una vez delimitados estos sitios se podrá identificar visualmente las asociaciones y subasociaciones vegetales existentes.

Así también se proveerá los materiales a utilizarse en el levantamiento de información (anillo censador, tablero, formularios de registro de transección, lápices, cinta métrica, GPS (sistema de posicionamiento global), etc.

5.1.2.2. En la etapa de campo.

Se realiza un recorrido previo en el cual se toma contacto con la flora nativa y las características topo fisiográficas más resaltantes, a fin de establecer la correlación entre las delimitaciones predeterminadas en gabinete y su distribución y composición real en el campo, efectuándose las correlaciones respectivas. Seguidamente, se procede al inventario de la vegetación nativa, mediante la realización de censos en transectos distribuidos al azar. Para esta actividad, se usa el "anillo censador", siguiendo el procedimiento descrito por para el método de "transección al paso".

La intensidad de muestreo de cada unidad homogénea es establecida en base a su extensión, sus características fisiotopográficas y la diversidad de especies vegetales presentes en la subasociación.

La abundancia de las especies se cuantifica en porcentajes, según su incidencia registrada en cada transecto. El índice de vigor de las especies dentro de la subasociación se cuantifica en forma porcentual, obteniéndose, en unos casos, por comparación de los

promedios de diámetro basal o promedios de altura de las plantas de características decrecientes (especies deseables) en condiciones normales de uso, con otras que crecen en condiciones óptimas. En otros casos el vigor se obtiene por observación directa, procedimiento que es aplicable cuando no existen o son muy escasas las especies de calidad decreciente (deseables), siendo necesario tener en consideración la vitalidad de las especies vegetales de menor calidad.

5.1.2.3. En la etapa de gabinete.

En esta se realizan los reajustes en las delimitaciones preliminares, de acuerdo a las correcciones efectuadas en la etapa de campo, lo que permite trazar los límites definitivos de los diferentes sitios de pradera, la información obtenida puede posteriormente ser transferida a un mapa base a una escala adecuada dependiendo del área de estudio.

Paralelamente a esta labor, se procesa la información de campo, con el fin de clasificar las diferentes asociaciones, empezándose por el análisis de la información contenida en las hojas de censo de vegetación nativa, considerándose como factor principal la abundancia de las especies, en cada uno de los diferentes transectos realizados dentro de cada unidad muestreada. Estos valores son llevados a niveles porcentuales.

El siguiente paso, consiste en determinar la condición de la formación vegetal, es decir el valor cuantitativo de la asociación con referencia al tipo de animal a pastorear. Para este fin, es necesario clasificar la vegetación dentro de cada asociación, según su ciclo evolutivo en especies anuales y especies perennes. A su vez, estas últimas se clasifican de acuerdo a la preferencia por el animal a ser pastoreado, en especies deseables, poco deseables e indeseables, las que agrupadas y llevadas a valor porcentual, se comparan con los índices de especies decrecientes, que proporcionan los dos primeros datos para determinar la condición de la asociación vegetal. Los índices de vigor y de condición de suelo se obtienen del promedio de los datos de vigor y del grado de deterioro del suelo, respectivamente, anotados también en las hojas de muestreo. Los cuatro índices mencionados sirven de base para calificar la asociación de acuerdo al animal a pastorear. Cada índice debe ser considerado de acuerdo a la importancia.

TABLA 5: REGISTRO DE LOS TRANSECTOS

REGISTRO DE TRANSECCIÓN AL PASO						
Muestra N°		Distrito				
Propietario		Zona ecológica				
Provincia		Ubicación Transección				
Tipo de vegetación		Coordenada X				
Altura		Coordenada Y				
Fecha		Altura				
ESPECIES		T-1	T-2	T-3	TOTAL	PROMEDIO
DESEABLES						
POCO DESEABLES						
INDESEABLES						
SIN VALOR						
TOTAL						

Fuente elaboración propia trabajo de campo

5.1.3. Composición de especies decrecientes (deseables).

Es el porcentaje total de especies decrecientes (plantas deseables), que hay en un sitio, para cada especie animal; por lo tanto, los porcentajes y puntajes varían por tipo de ganado. La importancia de éste índice es de primer orden en la clasificación de un pastizal o pradera nativa.

Para evaluar la condición, se considera que las especies decrecientes son especies deseables, sumando la abundancia de todas estas especies se obtiene el índice de especies decrecientes (plantas deseables).

Este índice y el de vigor son los que varían en función de la especie animal. Generalmente se considera, por un lado, vacunos y por otro lado, ovinos y camélidos, ya que los vacunos comen especies forrajeras del estrato alto, por tener que envolver el forraje con la lengua antes de arrancarlo para el consumo. En cambio, los ovinos y camélidos, compiten por el estrato bajo, mordiendo las especies forrajeras que desean ingerir y son altamente selectivos.

Generalmente se considera que en una pradera nativa de condición excelente, se alcanzaría hasta un 80 por ciento de especies deseables para la especie animal escogida.

TABLA 6: ÍNDICE DE ESPECIES DECRECIENTES

Índice de especies decrecientes	
Puntaje	Calificación
70 -100	Excelente
40- 69	Bueno
25 – 39	Regular
10 – 24	Pobre
0 -9	Muy pobre

Fuente: Flores 2001

5.1.4. Índice forrajero

Para realizar el cálculo del índice forrajero se suman los porcentajes de especies decrecientes (deseables) y acrecientes (poco deseables), que se hallan en cada sitio de pradera, para el consumo de especies animales al pastoreo. Para efectos del cálculo solo se consideran las especies vegetales perennes que se encuentran en el sitio.

Para estimar el índice forrajero se considera la suma de la abundancia de especies deseables y especies poco deseables. La suma obtenida en porcentaje, es transformada en el puntaje equivalente. El valor obtenido es el índice forrajero para cada especie animal (camélida, ovina y vacuna). No se debe considerar las especies tóxicas ni espinosas, es decir las que no son consumidas por los animales.

Este índice es igual para todas las especies animales de pastoreo.

TABLA 7: ÍNDICE DE LA DENSIDAD FORRAJERA.

Índice de la Densidad Forrajera	
Puntaje	Calificación
90 -100	Excelente
70- 89	Bueno
50 – 69	Regular
40 – 49	Pobre
39 – ó menos	Muy pobre

Fuente: Flores 2001

5.1.5. Índice de desnudes del suelo

Para el cálculo de este índice se considera la suma de los porcentajes encontrados para suelo desnudo, roca y pavimento de erosión, que corresponden al estudio de la composición florística. El valor obtenido debe restarse de 100, pues es un índice indirecto de la cobertura del suelo.

TABLA 8: ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL SUELO.

Índice de condición de suelo	
Puntaje	Calificación
0 – 10	Excelente
11 – 30	Bueno
31 – 50	Regular
51 – 60	Pobre
61 – ó mas	Muy pobre

Fuente: Flores 2001

Índice de vigor

Se tiene en consideración las especies vegetales indicadoras de vigor el cual tiene un valor para cada especie animal. Se usa como patrón de medida la altura de la especie en su condición de óptimo desarrollo bajo las mejores condiciones de medio ambiente.

Se consideran como especies indicadoras de vigor a las especies deseables, a las cuales se ha tomado medidas de altura, obteniendo de este modo el promedio de altura, así como la altura clímax (observación de máxima altura en condiciones deseables).

El índice de vigor para cada especie está definido por la siguiente fórmula:

TABLA 9: FORMULA DEL ÍNDICE DE VIGOR

Índice de vigor =	Altura promedio de una especie de planta	X 100
	Altura máxima de la especie de planta	

Fuente: Flores 2001

En cada sitio de pradera se estima el índice de vigor para cada especie y luego se obtiene un promedio para cada una de las unidades agropecuarias evaluadas en porcentaje, este valor es transformado en puntaje para el índice de vigor.

TABLA 10: CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VIGOR.

Índice de Vigor	
Puntaje	Calificación
80 – 100	Excelente
60 – 79	Bueno
40 – 59	Regular
20 – 39	Pobre
10 - ó menos	Muy pobre

Fuente: Flores 2001

Ejemplo

Para determinar el vigor de las plantas, se utilizará la relación de especies anotadas al inicio de la evaluación. Estas especies se consideran el 100% de vigor en el sitio de pradera, en cada lugar transeccionado se tomará medidas de crecimiento de las mejores especies (decrecientes o deseables) en número de 10, de las cuales se tomará el promedio y el resultado se compara con cada especie de la relación antes mencionada.

En un sitio x se ha medido tres de las mejores especies censadas y son:

Chilligua (*Festuca dolichophylla*):

1,05; 1,07; 1,03; 0,95; 1,10; 1,08; 1,05; 1,06; 1,11; 1,04 = $10,54/10 = 1,054$ promedio.

Crespillo (*Calamagrostis amoena*)

0,67; 0,54; 0,88; 0,44; 0,57; 0,92; 0,83; 0,38; 0,57; 0,65 = $6,45/10 = 0,645$ promedio.

Chilligua dura (*Festuca rígida*):

1,15; 1,19; 1,00; 1,07; 1,21; 1,00; 0,93; 0,91; 0,81; 1,01 = $10,28/10 = 1,028$ promedio.

Los promedios de estas mismas especies en el mejor lugar del sitio de pradera o fundo son:

Chilligua = 1,31

Crespillo = 0,81

Chilligua dura = 1,11

Entonces, para determinar el porcentaje de vigor que tienen estas plantas censadas, que a su vez son las mejores del sitio, se hará la siguiente relación.

Para Chilligua:

Si 1,31 ----- 100%

1,054 ----- X

X = 80,46%

Para Crespillo:

Si 0,81 ----- 100%

0,645 ----- X

X = 79,63%

Para Chilligua dura:

Si 1,11----- 100%

1.28 ----- X

X = 92,60%

Estos datos obtenidos se deben sumar, y el resultado se divide entre tres (el número de especies), luego se compara con el cuadro de vigor.

El dato obtenido se compara con la tabla de vigor y se obtiene la calificación respectiva.

5.1.6. Determinación de la condición de la pradera nativa

La condición del pastizal se obtiene del promedio de la sumatoria de los cuatro índices: de especies decrecientes (deseables), forrajero, de desnudes del suelo y de vigor.

TABLA 11: CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA PRADERA.

Condición de la pradera	
Puntaje	Condición del pastizal
79 a 100	Excelente
54 a 78	Bueno
37 a 53	Regular
23 a 36	Pobre
0 a 22	Muy pobre

Fuente: Flores 2001

Determinación de la capacidad de carga.

La condición del pastizal nos sirve para obtener finalmente la capacidad de carga animal, para ovinos, llamas, alpacas y vacunos, considerando la siguiente tabla, que nos señala los valores de capacidad de carga animal.

TABLA 12: CLASIFICACIÓN DE LA CARGA DE PASTOREO DE LAS DIFERENTES ESPECIES DE GANADO.

Capacidad de Carga en Pastoreo				
Condición del Pastizal	Especie Animal en Pastoreo			
	Alpacas	Llamas	Ovinos	Vacunos
Excelente	2.70	2.00	4.00	1.00
Bueno	2.00	1.50	3.00	0.75
Regular	1.00	0.75	1.50	0.38
Pobre	0.33	0.25	0.50	0.13
Muy pobre	0.17	0.12	0.25	0.07

Fuente: Flores 2001

De esta tabla se puede interpretar por ejemplo si se determinó que el sitio de pradera tiene una condición buena, en el caso de llamas se puede determinar que este sitio de pradera soporta 1,5 animales por hectárea.

5.2. Evaluación de praderas introducidas

La necesidad de forraje de calidad, para la alimentación del ganado ovino, vacuno y camélido ha ido en incremento debido al crecimiento poblacional del ganado, es así que la genética ha producido en los últimos años grandes cambios, creando nuevos cultivares dentro de cada especie forrajera, con mayor adaptabilidad a situaciones diferentes (sequía, heladas, granizos, etc.). Las diferentes especies forrajeras para su producción están condicionadas por múltiples factores ambientales (clima, suelo, temperatura).

En el altiplano, por las condiciones climáticas adversas se han introducido dos tipos de especies forrajeras leguminosas (alfalfa, trébol) y gramíneas (cebada, avena, triticale, pasto ovido, raigrás, falaris y otros), de todas estas son pocas las que se adaptan a condiciones de altura extrema, como son las zonas en donde se crían principalmente ganado camélido, a estas zonas se han adaptado únicamente las gramíneas (cebada, avena), pese a su condicionada producción estas dos especies vegetales son producidas por las familias productoras para suplementar en la alimentación en especial en la época seca.

Los rendimientos de las especies introducidas son mayores al rendimiento de las praderas nativas, por lo que resultan ser una gran ventaja.

5.2.1. Metodologías de evaluación de praderas introducidas

La evaluación de praderas cultivadas o introducidas es muy compleja ya que las variedades cultivadas en algunas comunidades, corresponde en su mayoría a variedades criollas, entonces al evaluar los diferentes parámetros, no se tiene un punto de comparación, ya que las variedades de alto rendimiento tienen características muy superiores.

Para la evaluación de las praderas cultivadas se deben tomar en cuenta los siguientes datos, los cuales mostrarán sus características fenotípicas y genotípicas:

- Biomasa total en peso seco ((kg MS ha),
- Rendimiento de forraje en peso fresco (kg de Materia Verde por hectárea),
- Rendimiento de forraje en peso seco (kg de Materia Seca por hectárea),
- Rendimiento en peso fresco por especie vegetal y maleza (kg de Materia Fresca por hectárea),
- Rendimiento en peso seco por especie vegetal y maleza (kg de Materia Seca por hectárea),
- Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso fresco (kg de Materia Fresca por hectárea),
- Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso seco (kg de Materia Seca por hectárea),

Para evaluar las características particulares de cada cultivo y que ayuden a determinar los parámetros antes descritos también se deben tomar en cuenta los siguientes datos:

- N° de nudos
- N° de hojas
- N° de macollos
- Largo de hoja
- Ancho de hoja

FIGURA 6: ANCHO DE HOJA



FIGURA 7: LARGO DE HOJA



FIGURA 8: NÚMERO DE MACOLLOS



FIGURA 9: NUMERO DE NUDOS



Estas lecturas se la deben realizar, cuando el grano aún se encuentra en estado lechoso, o aun sin cuajar.

Por último para el cálculo de biomasa y rendimiento se muestrea la parcela con cultivo de avena o cebada y se procede a extraer muestras, cortando un metro cuadrado de forraje, el número de repeticiones varía según la homogeneidad del cultivo, entre más homogéneo menor el número de muestras. Además cada muestra debe ser debidamente identificada con el número de muestra, numero de corte y fecha.

Estas muestras son pesadas en una balanza digital, se suma el total de muestras y se obtiene el promedio, el cual representa la producción de biomasa y /o rendimiento.

5.2.1.1. Biomasa total en peso seco (kg MS ha).

Para este parámetro se toma en cuenta el total del forraje más malezas cortadas y se las seca en un horno o mufla, cuando su humedad ha reducido a un 15 o 20% se la extrae y se pesa, obteniéndose la producción de biomasa en peso seco.

Rendimiento de forraje en peso fresco (kg MF ha).- este dato se lo obtiene extrayendo todas las malezas y material vegetal muerto de la muestra obtenida, únicamente debe quedar el forraje en verde, el mismo se lo pesa y se obtiene el dato.

5.2.1.2. Rendimiento de forraje en peso seco (kg MS ha).

El forraje sin maleza ni material vegetal muerto es llevado al horno o mufla a 59 °C por un tiempo aproximado de 72 horas, hasta que su humedad baje a un 15 o 20 % entonces se extrae la muestra y se pesa, de esta manera se obtiene este dato.

5.2.1.3. Rendimiento en peso fresco por especie vegetal y maleza (kg MF ha).

De la muestra extraída se extrae únicamente el material vegetal muerto, y se separa el material vegetal en cultivo forrajero y malezas, el mismo es pesado en una balanza digital por separado y se obtiene el dato requerido.

5.2.1.4. Rendimiento en peso seco por especie vegetal y maleza (kg MS ha).

El material vegetal obtenido en el anterior punto es llevado al horno o mufla para determinar la materia seca de cada especie vegetal. El mismo es pesado y se obtiene el dato

5.2.1.5. Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso fresco (kg MF ha).

Así también para este dato se separan de las muestras, toda la maleza y de la especie forrajera se separan las hojas, tallos y material muestro de esta especie, los mismos son pesados por separado.

5.2.1.6. Rendimiento por componente morfológico: hoja, tallo y material muerto en peso seco (kg MS ha).

El material obtenido en el anterior punto es llevado a la mufla para la reducción de la humedad y de esta manera se obtiene este dato.

5.3. Esquema metodológico para el mapeo Agrostológico

5.3.1. Metodología para determinar la asociación y agrupación vegetal

El congreso de botánica de Bruselas de 1910, definió la asociación como una continuidad vegetal de composición florística determinada, propia de condiciones ecológicas uniformes y de fisonomía homogénea.

Esta definición, asume que la capacidad receptiva de una asociación deberá ser uniforme en toda su extensión, sin embargo, en la práctica existen variaciones en una misma asociación en rangos de abundancia, que por el nivel del estudio no han podido ser individualizados, debido principalmente a la forma de uso del recurso que genera alteraciones en la fisonomía de la cubierta vegetal, de manera que aun existiendo las especie características de la asociación su cobertura puede ser muy variable de un lugar a otro.

En la práctica existen varias formas de describir la vegetación de un lugar. Se pueden utilizar por ejemplo criterios fisonómicos y florísticos. Al describir la vegetación sobre la base de su fisionomía, se hace referencia al aspecto que tienen, tomando en cuenta las formas biológicas predominantes: árboles, arbustos, hierbas, pastos etc.

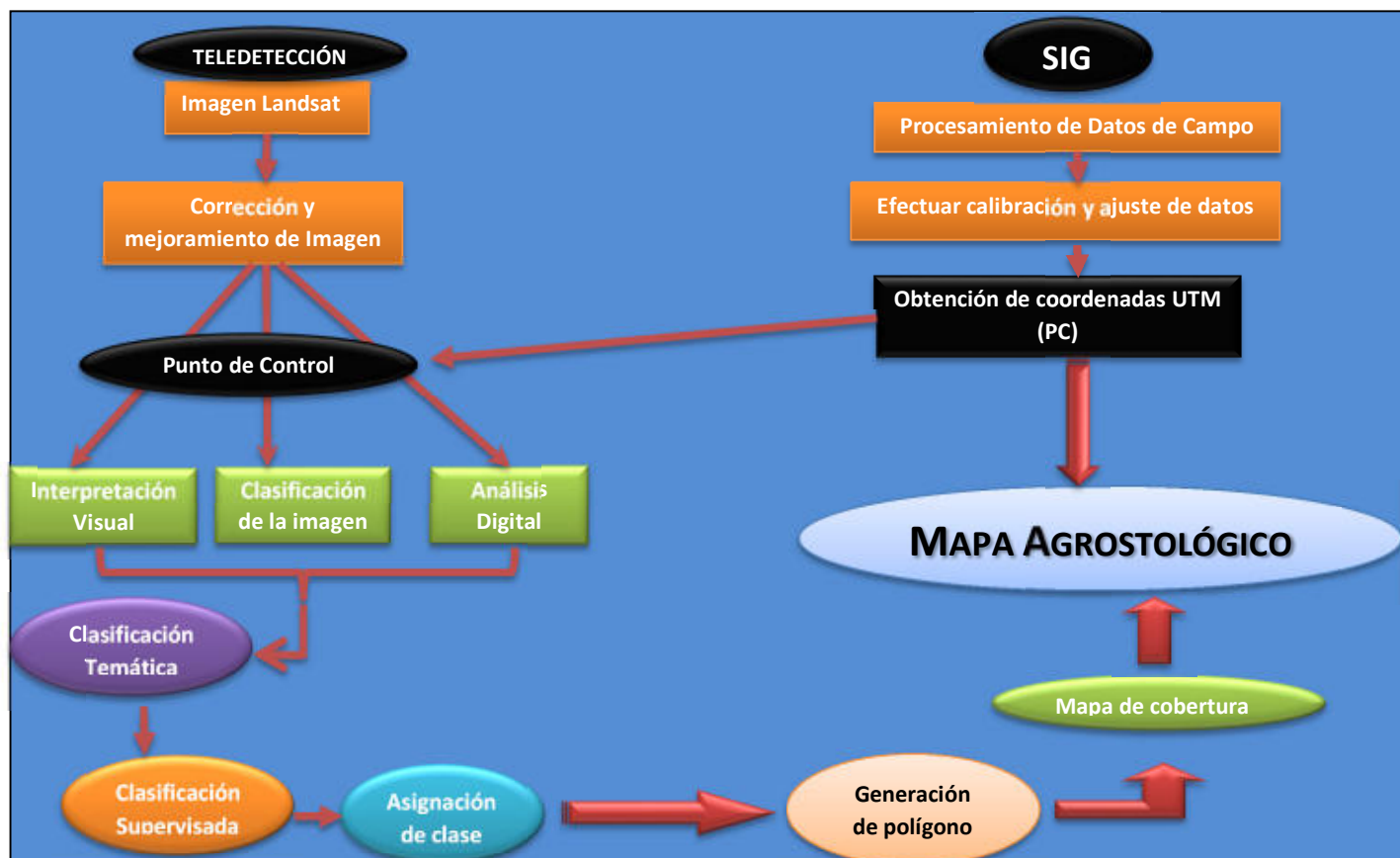
Para la agrupación de los diferentes transectos en sitios de praderas, se usó el método de la composición florística, según la dominancia de las especies, viendo la preponderancia de una o más especies con relación a otras, porque es un método cuali - cuantitativo adecuado para los objetivos de producción animal .

5.3.2. Metodología de obtención del mapa de cobertura de praderas con forraje nativo e introducido

El trabajo fue de tipo exploratorio – descriptivo. Al Inicio como exploratorio ya que se examinó un tema muy poco estudiado, o simplemente que no ha sido abordado. Fue descriptiva, ya que busca especificar las propiedades o características importantes de la utilización del recurso tierra, o cualquier otro fenómeno que sea sometido a un análisis

Por lo tanto el estudio describe la dimensión de tierra aprovechada por parte de los agricultores con respecto a los tipos de pradera con forraje, para poder llegar a una los objetivos se realizaron los siguientes procedimientos a partir de una información disponible:

FIGURA 10: CUADRO METODOLÓGICO DEL TRABAJO



Descripción de los pasos procedimentales

El siguiente trabajo se realizó en tres fases descritas a continuación:

5.3.2.1. Fase preliminar revisión de Información Secundaria

La obtención de información de estudios anteriores que facilitan el trabajo de determinación de praderas nativas e introducidas, información necesaria como: imágenes satelitales y cartografía de los municipios.

Para la delimitación de áreas homogéneas de evaluación, se utilizó shapefiles (información digital) del municipio de Calacoto referente a la fisiología, geología, pendientes, etc.

La información necesaria para esta primera etapa del análisis de información secundaria consta de las siguientes características:

a) Identificación y adquisición de imágenes

Todos los elementos presentes en la superficie terrestre, sean estos de origen natural o cultural reflejan y emiten radiación electromagnética (REM). La forma en que cada uno de ellos refleja o emite la radiación tiene que ver con sus características particulares (composición química, rugosidad de su superficie, contenido de humedad, propiedades reflectivas, etc.). Este comportamiento es único para cada tipo de cobertura y se lo denomina firma espectral.

El mapa de formas vegetales a escala regional se obtiene de la clasificación conceptual de la variabilidad ambiental presente en el terreno que puede ser medida en una imagen satelital. Esta variabilidad, es reconocida y ordenada en categorías o clases de cobertura que agrupan cubiertas con características espectrales similares.

La teledetección no se produce para un valor particular de longitud de onda de la REM, sino en un pequeño intervalo, denominado “canal” o “banda”. La banda espectral refiere a la zona del espectro electromagnético en donde se localiza el canal (por ejemplo región del visible, infrarrojos, etc.), mientras que el ancho da cuenta del rango del espectro que es abarcado por el mismo.

La firma espectral de una superficie o cobertura refleja el flujo energético que es recibido de esa cobertura por el sensor en distintos intervalos del espectro electromagnético. Cada uno de estos intervalos entonces conforma una banda espectral que no es otra cosa que la cuantificación de la energía reflejada por la cobertura para ese intervalo de longitud de onda.

En este estudio se utilizaron las imágenes multiespectrales generadas por el sensor TM (Thematic Mapper) del satélite Landsat 5 y combinaciones de bandas basadas en el comportamiento espectral de la vegetación, denominados índices de vegetación. Mediante la aplicación de técnicas de clasificación digital supervisada, apoyada en información auxiliar mediante relevamientos de campo, imágenes de muy alta resolución provenientes del sensor Quickbird y cartografía histórica de la zona generó el mapa de formaciones vegetales.

Los datos satelitales multiespectrales corresponden al satélite Landsat 5, el cual posee un sensor óptico-electrónico de barrido (scanner) multiespectral, denominado TM (Thematic Mapper) especialmente diseñado para la cartografía temática.

El Sensor Temathic Mapper posee 7 bandas espectrales y genera imágenes de una extensión aproximada de 185 km x 185 km a una resolución de pixel de 30 metros para las bandas correspondientes al espectro visible e infrarrojos, y de 120 metros para el canal térmico. La resolución temporal de la adquisición de datos (el tiempo de revisita del satélite) es de 16 días.

TABLA 13: DETALLE DE LAS BANDAS ESPECTRALES.

BANDA	INTERVALO DE FRECUENCIAS (um)
1	0.45 – 0.52
2	0.52 – 0.60
3	0.63 – 0.69
4	0.76 – 0.90
5	1.55 – 1.75
6	10.40 – 12.50
7	2.08 – 2.35

La etapa de pre procesamiento de los datos incluyó la búsqueda, recopilación y evaluación de las escenas disponibles. Luego de su identificación en el catálogo on-line de <http://www.inpe.br> se seleccionaron las escenas que cumplían con determinados criterios de búsqueda establecidos a priori como ser: poca nubosidad en las áreas de interés; integridad de los datos radiométricos (en relación a faltantes de información en determinadas áreas de la imagen o a “bandedados” o corrimientos fuera de escala de los valores espectrales, por defectos en la toma de los datos o defectos en el procesamiento de los datos crudos por lo organismos encargados de la comercialización de las imágenes); época del año, etc.

Las imágenes satelitales aptas fueron seleccionadas entonces según los criterios comentados. La escena seleccionada corresponde a las siguientes fechas de adquisición 30/04/2011 y 05/09/2011 esto para tener una imagen en época seca y otra en época

húmeda y hacer las comparaciones correspondientes al comportamiento de las praderas en las dos épocas.

b) Corrección y mejoramiento de las imágenes para una mejor clasificación
Composición de imágenes multispectrales (Multibanda)

El armado de las imágenes multispectrales, donde las diferentes bandas espectrales son “apiladas” una sobre otra (Stack), permite obtener un producto multispectral sobre el cual es posible realizar análisis sobre todas las bandas adquiridas por el sensor.

El armado de las imágenes multibanda fue efectuado mediante el módulo “Import Raster” presente en el software de procesamiento de imágenes satelitales ERDAS Imagine. Las bandas originales descargadas están en formato genérico “.dat” fueron importadas al formato de imagen propietario de ERDAS denominado “.img”. Así las nuevas composiciones multispectrales obtenidas se almacenan en este formato nativo que permite guardar la información de georreferenciación que poseen las bandas originales, y evitar la pérdida de datos radiométricos que podría suceder al almacenar las imágenes en otros formatos comprimidos, como por ejemplo JPEG.

c) Calibración y corrección atmosférica

Para poder interpretar los valores numéricos presentes en los píxeles de las imágenes, comúnmente denominados “digital number” o número de contaje digital (DN), es necesario llevar estos valores digitales a magnitudes físicas. A este procedimiento se lo denomina “calibración de los datos”.

Primeramente los valores de contaje digital fueron transformados a Radiancia como medida de la cantidad de energía que llega al sensor. Los parámetros para efectuar la calibración. Obtener la Radiancia es vital para modelar las propiedades de reflectancia de las coberturas que se quieren estudiar.

Las unidades en que se mide la radiancia en el sensor son: $\text{watts}/ (\text{m}^2 \cdot \text{steradian} \cdot \mu\text{m})$, o sea es la cantidad de energía (medida en watts) por unidad de superficie, en cada porción del espectro (banda espectral) y considerando la distribución angular de la radiación. En su viaje hacia el espacio, la energía reflejada por las cubiertas terrestres sufre una serie de afectaciones. Estas tienen que ver con la absorción y dispersión de la energía por los distintos componentes de la atmósfera (gases, vapor de agua, partículas

en suspensión, aerosoles). Las correcciones atmosféricas tienen como objetivo mejorar la precisión de las medidas de Radiancia obtenidas por el sensor.

A partir de los valores de Radiancias calibradas se procedió a calcular la Reflectancia en superficie. La Reflectancia en superficie representa la relación entre la energía incidente y la reflejada, o sea entre la energía que recibe la superficie terrestre (a través de los rayos solares) y la energía reflejada por los objetos terrestres (eliminado el efecto de dispersión y absorción por los componentes de la atmósfera).

A partir de este punto, con las imágenes calibradas y modelado y corregido el efecto atmosférico se procedió a clasificar la imagen resultante (en unidades de Reflectancia Rayleigh) mediante el módulo "Supervised Classification" del Software ERDAS Imagine.

d) Geo-referenciación

Para la interpretación de las imágenes satelitales y la identificación de praderas nativas e introducidas es indispensable georreferenciar dichas imágenes a una proyección geográfica común mediante el empleo de puntos de control que permitan enlazar las coordenadas de la imagen con las coordenadas en terreno. Una vez tomados los puntos de control con asistencia del Software ERDAS Imagine de procesamiento de imágenes y cartografía básica.

e) Tamaños de la Imagen Satelital

Para optimizar el proceso de la clasificación de imágenes basada en reglas se recomienda cortar la imagen dependiendo de la zona de interés en este caso se utiliza el polígono del municipio de Calacoto como mascara para cortar la imagen satelital mejorando de esta manera la interpretación de la clasificación que se realizara en dicha imagen al tener una imagen más pequeña de la original y por tanto menor variabilidad en la misma.

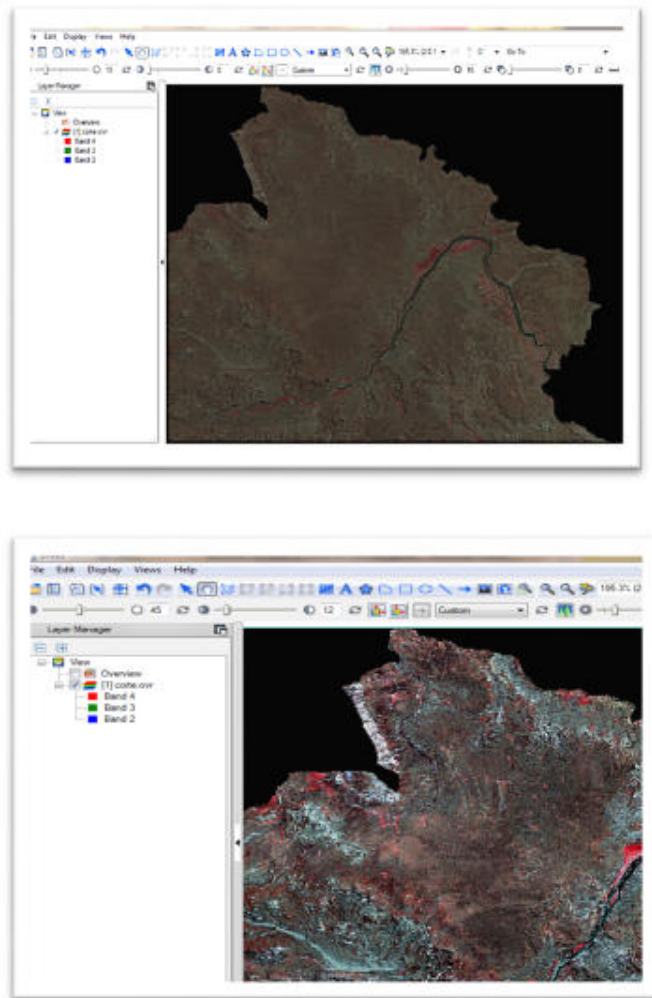
f) Mejoramientos radiométricos y espaciales

Para facilitar el proceso de interpretación visual, se aplican varios mejoramientos radiométricos y técnicas de filtro para mejorar el contraste de la imagen.

Para mejorar el proceso de interpretación visual, se hacen mejoras radiométricas a la imagen desplegada para aumentar el contraste de la imagen analizada en ciertos rangos

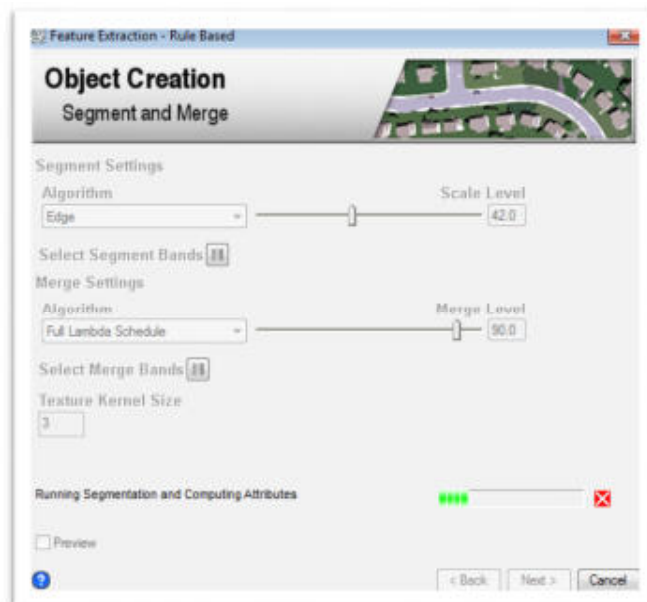
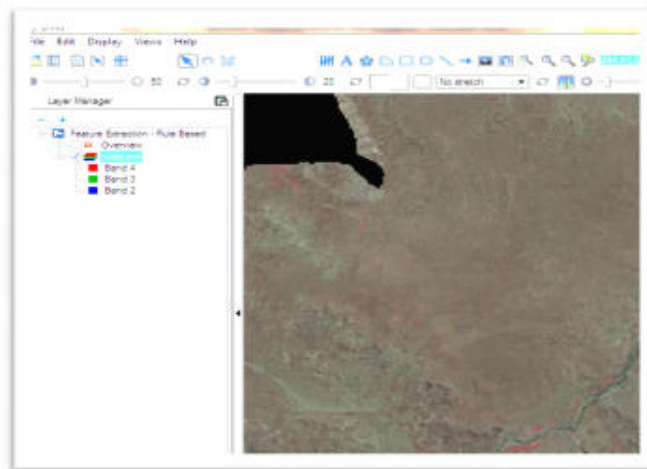
espectrales de la información (p.ej. ciertos tipos de asociaciones vegetales). Este proceso es llamado mejoramiento de contraste.

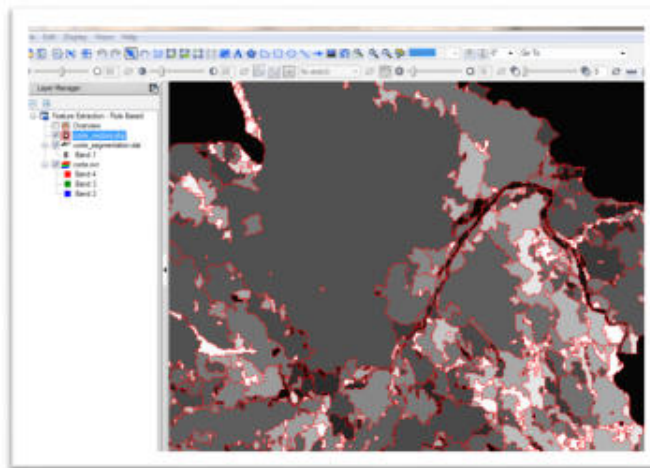
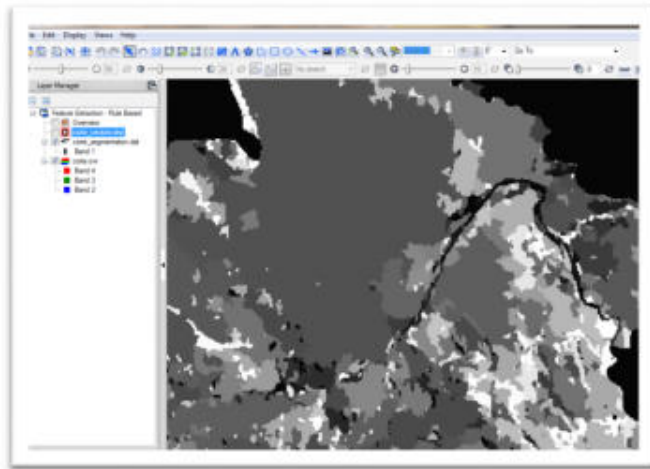
FIGURA 11: EJEMPLO DE MEJORAMIENTO RADIOMÉTRICO (ANTES Y DESPUÉS)



Para mejorar las características espaciales de una imagen, se utilizan varios filtros que modifican el valor de los píxeles, utilizando los valores de los píxeles vecinos. Mientras las mejoras radiométricas operan en píxeles individuales, el mejoramiento espacial modifica valores de píxeles basados en los valores de los píxeles alrededor. Para mejorar las características espaciales de una imagen (p.ej. suavizarla o mejorar su nitidez), se aplican filtros a la imagen cruda. Esta se consigue con el programa para ENVI para el manejo de imágenes.

FIGURA 12: EJEMPLO DE MEJORAMIENTO ESPACIAL

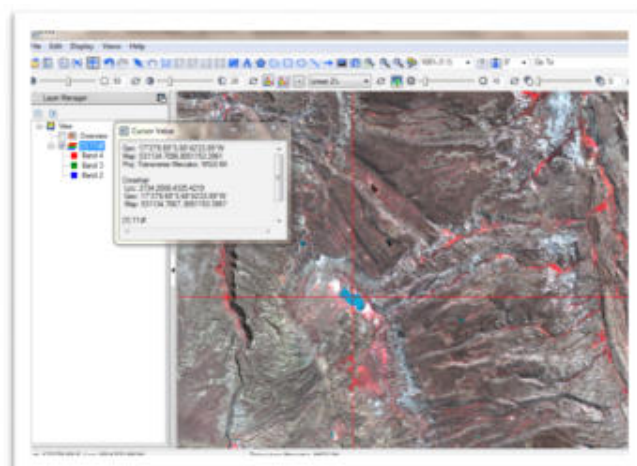
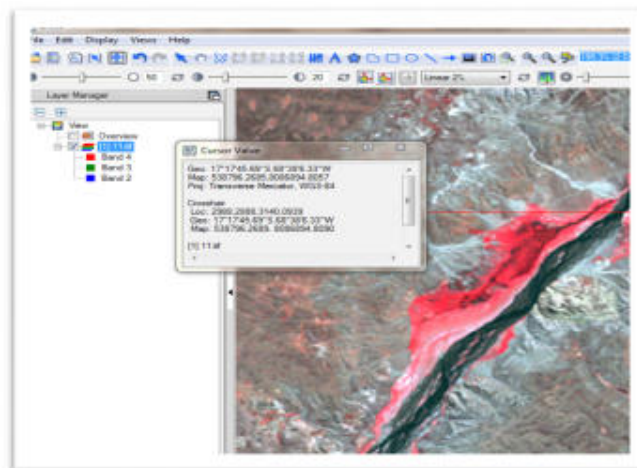
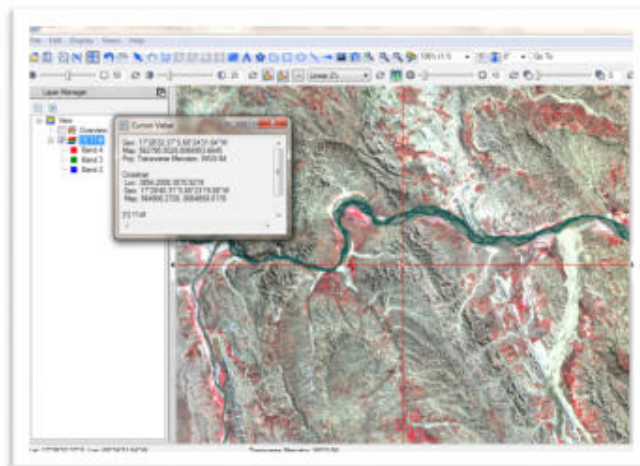




g) Identificación de muestras de entrenamiento de los diferentes tipos de vegetación y usos de la tierra que serán clasificados.

Esta fase consistió en la incorporación de los datos atributos espaciales de campo, al Sistema de Información Geográfica en forma digital. Para tal objetivo se creó una matriz de las planillas de campo con las coordenadas de los diferentes tipos de asociaciones identificadas en campo, así mismo de diferentes tipos de cobertura como cuerpos de agua, áreas descubiertas, etc. Posteriormente se transformó esta información en ficheros shapefiles que son los archivos admitidos en los programas de procesamiento de información geográfica. Todo esto permitió calcular las áreas de los polígonos generados con la información recopilada en campo, quedando una base de datos relacionada con la cobertura vegetal de la zona.

FIGURA 13: MUESTRAS DE ENTRENAMIENTO DE LAS DIFERENTES COBERTURAS VEGETALES



5.3.2.2. Análisis e interpretación cobertura en las imágenes

Para la entrada de información local de transecto de cobertura, fue necesario poder realizar un barrido y ajuste de control de acuerdo a lo observado en campo, para esto fue necesario poder definir puntos de control en base a la información extraída en los recorridos de campo. Y realizar un reajuste a la clasificación obtenida en primera instancia, con la finalidad de poder realizar la definición y reafirmar los tipos de cobertura existentes.

a) Clasificación supervisada de las praderas con el método de clasificación basado en reglas.

i. Combinación de bandas

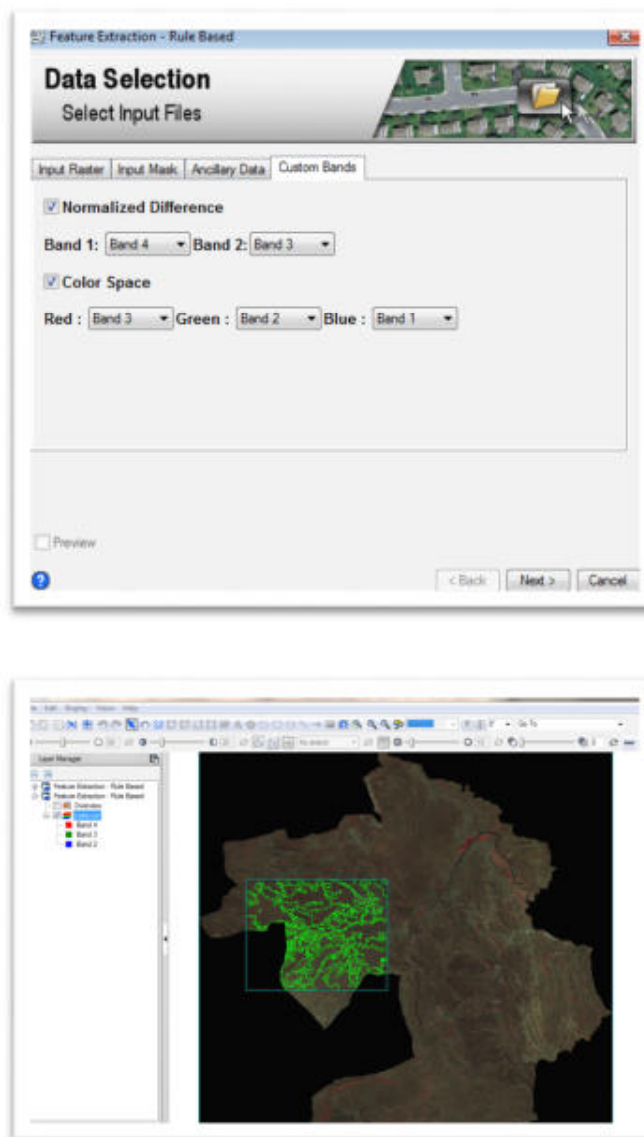
Para permitir una fácil interpretación de la imagen desplegada, es posible escoger qué banda se asigna al área visible RGB, para obtener una composición a color que realce las coberturas de interés.

Cuando se despliega una imagen satelital, se asignan colores a las capas (bandas). Los archivos de información en cada capa son las entradas para asignar el color. Los colores más útiles son aquellos que permiten una fácil interpretación de la imagen presentada.

Por ejemplo:

Una imagen que presenta los colores naturales los aproxima a aquellos colores perceptibles por el ojo humano. Una imagen de colores infrarrojos muestra la escena como ésta aparecería en un filme de colores infrarrojos, el cual es familiar para muchos analistas.

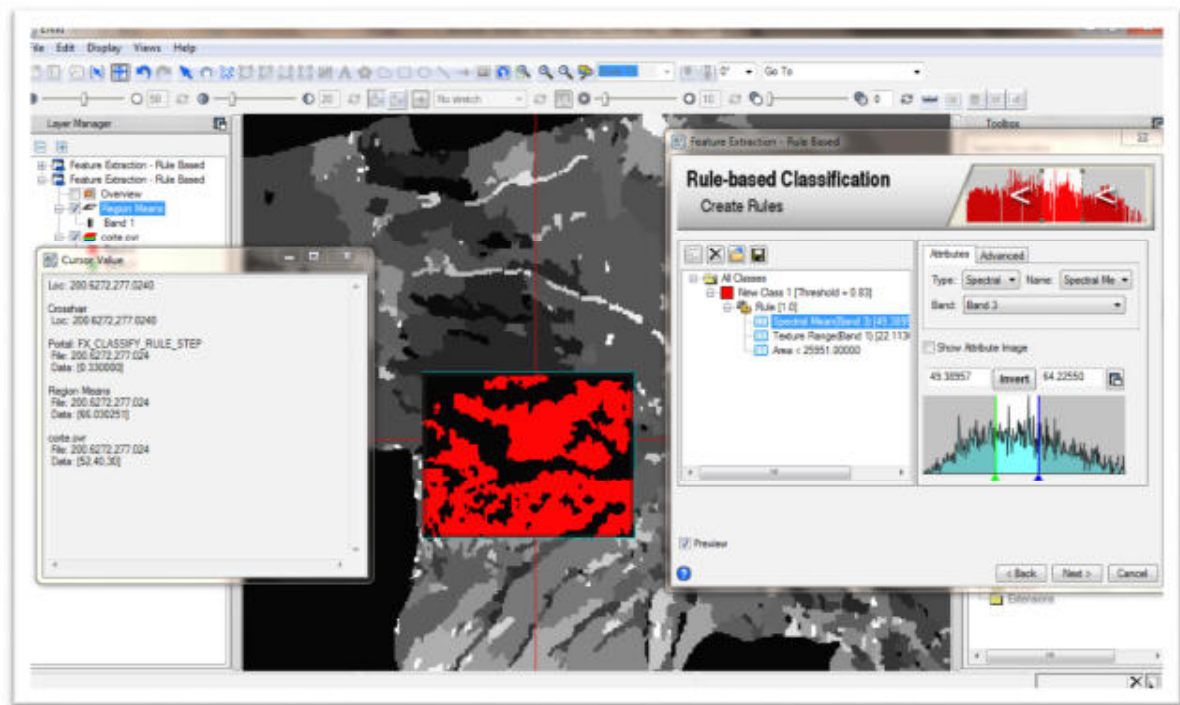
FIGURA 14: SELECCIÓN DE BANDAS APROPIADAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PRADERAS



ii. Clasificación digital de las coberturas del uso de la tierra y vegetación.

La clasificación multi-espectral es el proceso de clasificar píxeles en un número finito de clases o categorías individuales, con base en los valores del archivo de datos. Si un pixel obedece a ciertos criterios o reglas, se categoriza en la clase que corresponde a dicho criterio. Para que el sistema del computador pueda clasificar una imagen multi-espectral, éste debe ser ajustado para que reconozca patrones en la información. El ajuste puede realizarse mediante métodos supervisados o no supervisados.

FIGURA 15: EXTRACCIÓN DE PARÁMETROS DE TEXTURA DE UN PUNTO DE MUESTRO EN CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE RANGOS DE VALORES PARA LA CLASIFICACIÓN BASADA EN REGLAS



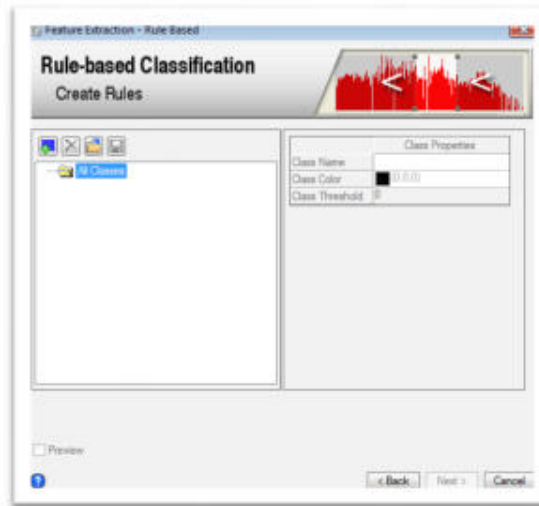
iii. Extracción de parámetros de valores espectrales de un punto de muestro en campo para la obtención de rangos para la clasificación basada en reglas.

El estudio aplica un proceso de clasificación supervisada de extracción de características (feature extraction) basada en reglas, las reglas responden a características específicas de una determinada cobertura, en la identificación de asociaciones vegetales dentro de las praderas identificadas en el área de estudio.

Estas reglas son parámetros medios en los cuales se encuentra un tipo determinado de cobertura en este caso las praderas nativas pudiendo subdividirlas según la asociación vegetal que poseen o la especie dominante en la mencionada asociación vegetal.

iv. Creación de reglas de clasificación en base a la información de campo

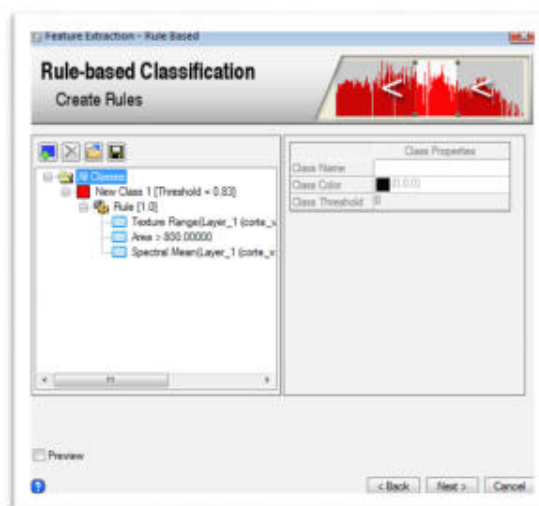
FIGURA 16: TABLA DE CREACIÓN DE REGLAS PARA EL ANÁLISIS DE LA IMAGEN SATELITAL



Las reglas se crean con los datos de ubicación en campo de las diferentes asociaciones vegetales, tomando los valores medios que resulten de los diferentes tipos de asociación, para tener un conjunto de reglas con las diferentes características para cada grupo o cobertura.

v. Reglas definidas incorporadas a la herramienta

FIGURA 17: REGLAS INCORPORADAS AL SISTEMA

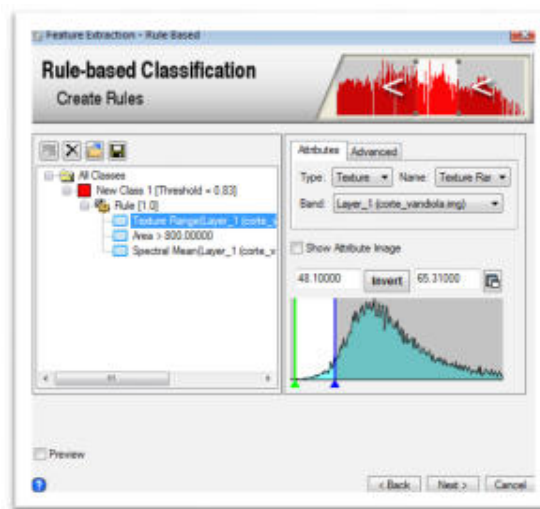


Una vez obtenida las reglas o valores de las características tanto de textura, espectro y las condiciones espaciales para cada asociación se incorporan al sistema para que este

identifique y ajupe los diferentes tipos de cobertura con las características definidas para cada una de las asociaciones vegetales en las praderas identificadas en la imagen satelital.

vi. Parámetros de textura definidos para los diferentes tipos de asociaciones en las praderas identificadas en campo.

FIGURA 18: LOS PARÁMETROS DE TEXTURA

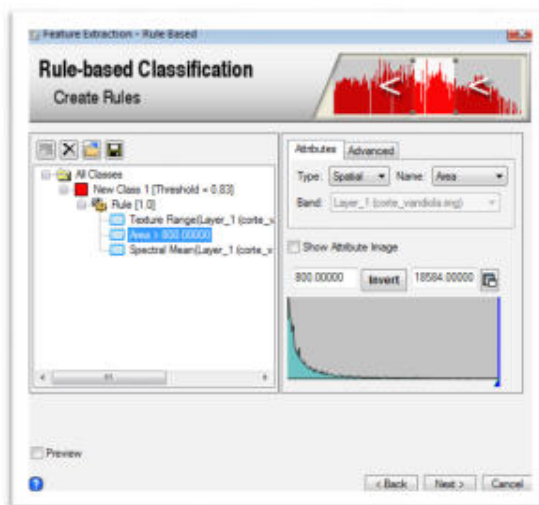


Los parámetros de textura se refieren a la agrupación de grupos de cobertura en la imagen satelital utilizando la característica física es decir la textura que tiene, el sistema identificara esta característica en la imagen para realizar la clasificación pero la asocia a las otras características definidas descartando las que no cumplan con el conjunto de reglas definidas para cada grupo o tipo de asociación vegetal definida.

vii. Parámetros de área

Este nos permite restringir áreas muy pequeñas o demasiado grandes que no corresponden a las características de las praderas nativas, permitiendo de esta manera un mejor control del resultado final de la clasificación con las características espaciales incorporadas en el sistema.

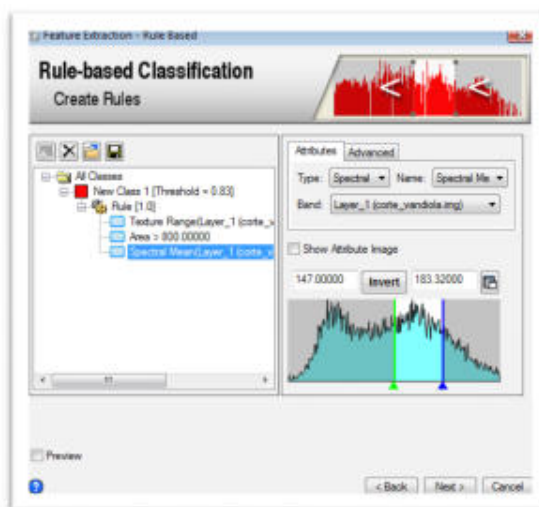
FIGURA 19: PARÁMETROS DE ÁREA



viii. *Parámetros espectrales*

Definidos para los diferentes tipos de asociaciones vegetales en las praderas identificadas en el municipio de Calacoto esta extracción o identificación de firma espectral es uno de los parámetros más importantes porque como mencionamos anteriormente cada cobertura tiene un espectro único lo que permite identificar con mayor precisión con la información del muestreo en campo, de los diferentes tipos de asociaciones, permitiendo de esta manera el entrenar al programa ENVI para la identificación de los valores espectrales de cada tipo de asociación vegetal definido en el estudio.

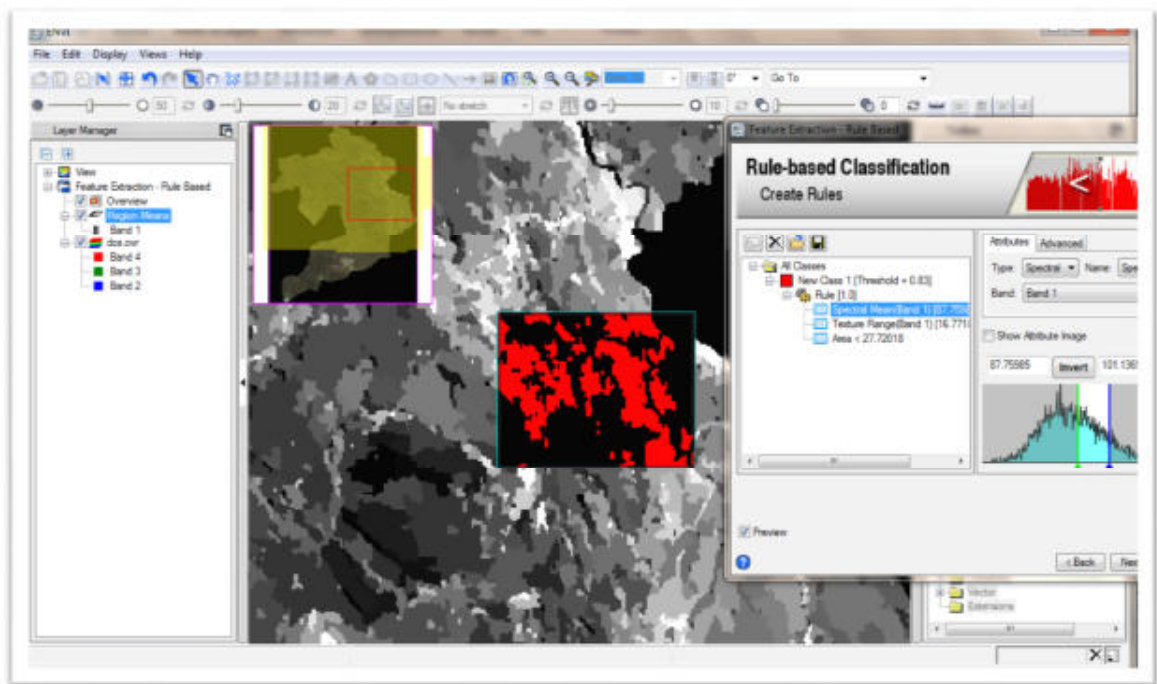
FIGURA 20: PARÁMETROS ESPECTRALES



b) Resultado final de la clasificación basada en reglas

Con la delimitación de las áreas identificadas para cada tipo de asociación vegetal es decir se tiene que armar un conjunto de características o reglas para cada tipo de asociación a ser identificadas, teniendo diferentes valores según el número de asociaciones a ser identificadas en el área de estudio del presente trabajo.

FIGURA 21: RESULTADO FINAL DE LA CLASIFICACIÓN BASADA EN REGLAS



c) Interpretación visual de las diferentes asociaciones identificadas

La identificación posterior a la clasificación realizada consiste en la comparación en base a la interpretación visual de las imágenes de satélite y en las características espectrales y morfológicas, forma, textura y patrón así como las de contexto espacial de los polígonos identificados pudiendo reducir con este proceso los errores en la clasificación automática, que puede generar áreas determinadas en zonas donde se sabe que no corresponde esta clasificación, para esta parte del proceso se necesita que el usuario tenga conocimiento de campo de la zona de estudio para que este tenga la mayor precisión posible.

d) Verificación de campo y control de calidad de los resultados.

Se realiza la verificación en campo de zonas de praderas con las asociaciones vegetales identificadas con la clasificación de la imagen satelital. Esto para poder definir la precisión de esta metodología. La estimación de la precisión de los resultados de interpretación es parte del control de calidad, esta estimación tiene dos aspectos: la precisión geométrica, que es la precisión de los límites interpretados o tamaño de las unidades de cobertura de tierra y la precisión temática que mide la confiabilidad en la identificación de clases de coberturas.

VI. RESULTADOS.

6.1. Municipio de Calacoto

El municipio Calacoto se encuentra ubicado en el Sud del departamento de La Paz, es la Tercera Sección Municipal de la provincia Pacajes.

6.1.1. Latitud y Longitud

La tercera sección municipal Calacoto se encuentra entre las siguientes coordenadas geodésicas:

69° 09' 55" – 68° 24' 37" de longitud Oeste.

17° 15' 10" – 17° 32' 01" de latitud Sud

Se tienen las siguientes latitudes y longitudes de las principales localidades del Municipio:

Contorno Calacoto: 17° 16' 54" latitud Sud, 68° 38' 06" longitud Oeste

Contorno Ulloma: 17° 29' 45" latitud Sud, 68° 29' 49" longitud Oeste

6.1.2. Límites Territoriales

La tercera sección municipal Calacoto tiene como límites:

- Al Norte con el municipio Caquiaviri (cantones: Villa Chocorosi, Vichaya y Achiri) y el municipio Coro Coro (cantones Jancko Sirpa Marca, Rosapata Huancarama y Caquingora)

- Al Sud con la república de Chile y el municipio Curahuara de Carangas (departamento Oruro) (cantones: Sajama, Caripe y Curahuara de Carangas).
- Al Oeste con el municipio Charaña (cantones: L. Cabrera, Eduardo Abaroa, Gral. Pérez y Río Blanco)
- Al Este con el municipio Callapa (Cantón Santiago de Callapa)

6.1.3. Extensión

El municipio Calacoto tiene una extensión territorial aproximada de 3.904 kilómetros cuadrados (dato del Sistema de Información Geográfica – SIG UDAPE), lo que representa el 36,88 % de la superficie con relación a la extensión territorial de la Provincia Pacajes, 2,91 % de la superficie del departamento y 0,96 % respecto a la superficie nacional, como se muestra en la tabla

TABLA 14: RELACIONES DE EXTENSIONES.

N°	Área	Superficie (km2)	Relación de superficie %
1	Municipal	3904	
2	Provincial	10.584.30	36.88
3	Departamental	133.985.00	2.91
4	Nacional	1.098.581.00	0.96

Fuente: Sistemas de Información Geográfica – SIG UDAPE y INE

6.1.4. División Política Administrativa

6.1.4.1. Distritos y cantones.

La provincia Pacajes tiene una división político-administrativa constituida por 6 secciones municipales. La tercera sección municipal Calacoto, administrativamente se encuentra dividida en 13 Cantones y 16 Ayllus (comunidades originarias).

TABLA 15: CANTONES DE LA TERCERA SECCIÓN MUNICIPAL DE CALACOTO.

N°	Cantón	Base legal de creación
1	Ulloma	DS 29-03-1856
2	Caracollo	ML 29-01-1952
3	Laguna Blanca	CCL 04-04-1985
4	Ukoruro	CCL 21-02-1989
5	General Campero	ML 20-10-1961
6	General Camacho	CCL 25-10-1961
7	Rosario	CCL 29-09-1960
8	Audiencia	CCL 18-10-1984
9	Playa Verde	CCL 14-04-1985
10	Calacoto	MDS 29-03-1956
11	Max. Toledo	
12	Challuyo	CCL 07-04-1980
13	Condoriquiña	CCL 09-11-1988

MDS Mediante Decreto Supremo

CCL Creación Cantón Ley

ML Mención Ley

6.1.4.2. Comunidades y Centros Poblados.

La tercera sección municipal ésta dividida en 2 Marcas con 16 Ayllus como se muestran en las siguientes tablas:

TABLA 16: AYLLUS Y ZONAS EN LA MARCA CALACOTO.

Ayllu	Zonas					
Contorno Calacoto	Zona A	Zona B	Zona C			
Collana A	Cruzani	Wiltani	Parí Pinaya	Villa Parí	Limari	Tupaltupa
Collana B	Calasani	Vinto Palca	Icho Collo			
Sora	Willacollo	Tikapampa	Lupirana	Tarutani	Isquillani	
Ninoca Chico	Pococollo	Challapujui	Chaco	Quellajani	Catavi	Caluta
Copacati	Tuturpata	Aguada	Kalahuankani	Anantoco	Kallanka	
Siqui	Audiencia	Qupani	Vilamuytia	Japuma	Utavi	Paco
	Jankumarca	Mallkuchusi				
Pahaza	Kalamachi	Rosario	Viscachani	Challirana	Sopocachi	Mikani
	Murumaya	Calamachi	Llallagua			
Taracollo Condoroca	Condor	Ticapata	Bamburuta	Jancochallwa	Jiguacuri	Villa Pampa
	Phaphata					
Collana Baja	Villa Remedios	Amachuma	Villa Exaltación	Villa Pata	Romero Pampa	Vilakollo
	Máx. Toledo	Pasankuta				
Junuta Condoroca	Kañupirwa "B"	Challuyu	Playa Verde	Lerko	Kañupirwa "A"	Challacirca
	Nasani	K'ak'ajawira	Siñapampa	Challuyo		

Fuente: Diagnóstico municipal Calacoto, AUDES 2007.

TABLA 17: AYLLUS Y ZONAS EN LA MARCA ULLOMA.

Ayllu	Zonas					
Chacolla Baja	Machacamarca	Laguna Blanca				
Chacolla Arriba	Playa Vinto	Mallku Chusi	Jupapani			
Tanapaca Arriba	Tanapaca	Jankujaqui	Choquepujio	Wariscata	Wancarama	Calicantu
	Irpavi					
Tanapaca Baja	Chaqueña	Tanapaca				
Tacagua	LerKo	Jancopacha	Yunguyo			
Pichaca Arriba	Okoruro	Pichaca				
Pichaca Baja	Qachuro	Chillagua	Jankora			
Contorno Ulloma	Ulloma					

Fuente: Diagnóstico municipal Calacoto, AUDES 2007.

Considerando que un centro poblado es considerado una población de 2000 a 5000 habitantes, se puede señalar que no se cuenta, con un centro poblado consolidado. Pero con mayores perspectivas de ser considerado centro poblado, se puede señalar al pueblo de Calacoto.

6.1.5. Características de la pradera nativa e introducida

6.1.5.1. Espacio físico – natural

a) Fisiografía

En el municipio Calacoto se ha determinado la presencia de tres pisos ecológicos, los cuales son; cordillera, serranías y puna. La relación de Ayllus por pisos ecológicos son: Alta serranía, laderas y pequeñas serranías y pampa.

El territorio Municipal de Calacoto, corresponde a la provincia fisiográfica de la Cordillera Occidental o volcánica. Se caracteriza por su topografía muy accidentada, constituida por materiales de origen volcánico, alta fragilidad a los procesos de erosión y con escasa cobertura vegetal.

La altitud varía desde 3813 m.s.n.m. a 4044 m.s.n.m.

Fisiográficamente, presenta serranías inter altiplánicas, conformada por cerros, colinas, serranías y altas mesetas, integradas con llanuras extensas altas y bajas.

b) Topografía

La topografía es irregular y con diferencias notables, presentando áreas escarpadas, en las áreas labradas por la acción fluvioglaciaria, como en las llanuras, el relieve y la topografía son más uniformes. En cuanto a la Geomorfología, la región del altiplano ha sufrido una evolución estructural larga e intensa que llega hasta tiempos muy recientes, con fenómenos de levantamiento y volcánicos aún activos.

El altiplano es el resultado del relleno de una fosa tectónica cuyos orígenes se remontan al Cretáceo, la cual ha recibido grandes volúmenes de materiales clásticos, en gran parte continental y vulcano-sedimentarios, dispuesto en gruesos depósitos poco cimentados. La actividad estructural reciente ha deformado estos depósitos, dando lugar a las serranías que se encuentran al interior del altiplano, conformadas por materiales poco resistentes, y a zonas endorreicas de acumulación sujetas a inundaciones

Este levantamiento reciente y actual ha generado una densa red hidrográfica bien organizada y zonas deprimidas variables en el tiempo y en el espacio, a través de las cuales se realizan tanto los fenómenos de erosión como de deposición. En estos procesos, los depósitos recientes, poco consolidados, son los que sufren el ataque erosivo más intenso. El clima contrastado, con lluvias breves, intensas y concentradas en unos pocos meses, favorece una fuerte erosión en las vertientes y lechos y un alto transporte de materiales, y genera inundaciones y depósitos en áreas deprimidas.

Durante la estación seca y fría, en cambio, el agua tiende a embalsarse en zonas llanas y las heladas favorecen la disgregación de las rocas y el debilitamiento de la cobertura vegetal, dejando el suelo expuesto a los fenómenos erosivos

En el municipio Calacoto, se puede distinguir la unidad geomorfológica, de Meseta volcánica, Se trata de altiplanicies, localizadas cerca o junto a las cordilleras y caracterizadas por superficies uniformes a ligeramente onduladas, con drenaje subparalelo de surcos netos, los cuales, al profundizarse, se encajan entre paredes escarpadas. Esta unidad está localizada principalmente en la parte central de la cuenca del Río Mauri, De acuerdo con el grado de conservación de la meseta, es posible distinguir las siguientes subunidades: mesetas conservadas, disectadas y degradadas

c) Pendiente

Las pendientes presentes en este municipio, varían en las partes planas de 0,5 a 3%. En la parte media con serranías y colinas de 15 a 25% de pendiente y en la parte alta donde las serranías presentan pendientes elevadas de aproximadamente 60 a 78% de pendiente.

d) Degradación

La degradación especialmente se suelos se da por la erosión hídrica, se da en gran parte del Municipio, se la puede catalogar como "severa", y se caracteriza por procesos de escurrimiento difuso intenso y/o erosión laminar generalizados, con una alta frecuencia de escurrimiento concentrado en surcos y cárcavas, fenómenos éstos que han destruido el suelo en su mayor parte. La cuenca más afectada es la del Mauri.

En general, los procesos de erosión severa y muy severa están asociados a las unidades geomorfológicas de terraza degradada, colinas disectadas, montañas disectadas y meseta volcánica degradada.

Se tiene también, la erosión eólica, caracterizada por procesos de deflación y acumulación de poca magnitud.

En relación con los procesos de erosión descritos, la sedimentación de cauces y depresiones también alcanza características preocupantes en algunas cuencas.

e) Erosión

La mayor parte del área que ocupa este municipio presenta procesos erosivos en distintos grados, los mismos se dan como producto de los fuerte vientos y lluvias que tienden a afectar más a las zonas altas, las mismas que a su vez se encuentran con menos cubierta vegetal que disminuya el efecto directo de la lluvia en el suelo o coadyuve a la infiltración del agua en el suelo. Es así que este municipio presenta los siguientes tipos de erosión:

- Erosión hídrica laminar
- Erosión hídrica por surco
- Erosión hídrica por cárcavas

A estos procesos erosivos también coadyuvan el sobrepastoreo y la sobrecarga animal, la cual impide la regeneración natural de las pasturas.

f) Hidrografía

El territorio municipal de Calacoto, se constituye en el área de aporte de las cuencas del Río Desaguadero y del Salar de Coipasa; que en conjunto forman parte de la Cuenca Endorreica del Altiplano.

En el Municipio, se cuenta con una gran variedad de recursos hídricos como ríos, vertientes y lagos.

Se caracteriza además por tener un déficit hídrico muy marcado, pero que cuenta con principales fuentes de agua que aún no están siendo aprovechadas.

En el mayor de los casos la agricultura en lugares en donde las condiciones climáticas lo permiten es realizada a secano, en el caso de los animales el mayor déficit lo sufren en los meses de la época seca.

6.2. Relación de especies censadas

Las especies que forman parte de la flora de este municipio se ordenaron de acuerdo a su taxonomía, siguiendo un sistema que trata de reflejar las características de cada una de las especies.

La identificación sistemática de las plantas se verificó en el Herbario Nacional del Instituto de Ecología de la ciudad de La Paz, con referencia a ejemplares de comparación y bibliografía de taxonomía vegetal. En la siguiente tabla se puede observar las familias identificadas y el número y porcentaje de especies identificadas en estas familias.

TABLA 18: RELACIÓN DE LAS ESPECIES CENSADAS DE PASTOREO (CALACOTO)

N°	FAMILIA	N° ESPECIES	%
1	Apiaceae	1	1,6
2	Asteraceae	13	21,3
3	Brassicaceae	1	1,6
4	Cactaceae	1	1,6
5	Cariophyllaceae	2	3,3
6	Cucurbitaceae	1	1,6
7	Cyperaceae	1	1,6
8	Dasypodiaceae	1	1,6
9	Ephedraceae	1	1,6
10	Fabaceae	7	11,5
11	Geraniaceae	1	1,6
12	Juncaceae	1	1,6
13	Lamiaceae	2	3,3
14	Malvaceae	1	1,6
15	Poaceae	20	32,8
16	Portulacaceae	1	1,6
17	Rosaceae	3	4,9
18	Rubiaceae	1	1,6
19	Solanaceae	1	1,6
20	Verbenaceae	1	1,6
TOTAL		61	100

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

De los transectos realizados en este municipio se encontraron 61 especies y 20 familias, de todas estas, en la familia Poaceae se encontraron la mayor cantidad de especies (20) que representa el 32,8% del total especies censadas, posteriormente la familia Asteraceae con 13 especies (21.3%), luego la Fabaceae con 7 especies (11,5%), como se ve en la anterior tabla, el resto de las especies representan un porcentaje bajo dentro del censo.

Por otra parte, las plantas de acuerdo a su respuesta ecológica al pastoreo se clasifican en deseables, poco deseables e indeseables, siguiendo este sistema se obtuvieron los siguientes resultados.

TABLA 19: RESULTADOS DE LOS TRANSECTOS REALIZADOS EN CAMPO.

DESEABLES		POCO DESEABLES		INDESEABLES	
NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO
Aguja aguja, Reloj reloj	<i>Erodium cicutarium</i> L.	Chijichipa, Suico Suico	<i>Tagetes mandoni</i> Sch. Bip.	Anu Siq'i	<i>Hypochoeris meyeniana</i> var <i>mayeria</i> (Walp) Griseb.
Alpach Khotá	<i>Distichia muscoides</i>	Chinca	<i>Lilaeopsis andina</i>	Janu k'ara	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>
Anu k'ara	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	K'auchi	<i>Suaeda foliosa</i>	K'oa	<i>Satureja boliviana</i>
Añahuaya	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen.	Kaylla	<i>Margiicarpus pinnatus</i> Kunth.	Nacka thola	<i>Baccharis incarum</i> Wedd.
Chapi	<i>Galium cf. richardianum</i>	K'ea k'ea	<i>Culcitium canescens</i>	Porqhe, Crespillo	<i>Calamagrostis curvula</i> (Wedd) Pilger
Ch'iji, Grama	<i>Muhlebergia fastigiata</i> (Prest) Henr.	Khota, Kota	<i>Junella minima</i> Meyen	Qhora, Qora	<i>Urocarpidium shepardae</i> Krap.
Ch'iji, Turu, Orqo ch'iji	<i>Distichlis humilis</i> R. E. Philipp	K'ora	<i>Urocarpidium shepardae</i> Krap.	Salvia	<i>Lepechinia meyenii</i> Epl.
Chijimo	<i>Astragalus peruvianus</i> Vog. S. I.	Lenk'ó, Lip'i lip'i	<i>Adesmia</i> sp.	Sijisilla	<i>Cardionema ramosissima</i> (Weinm)
Chilliwa	<i>Festuca dolichophylla</i> Prest.	Liapa ch'iji, Liapa	<i>Muhlebergia peruviana</i>	Soq'o pasto	<i>Cucurbita muschata</i>
Chojlla, Chojlla pasto	<i>Bromus unioloides</i>	Paja, Iru ichu	<i>Festuca orthophylla</i> Pilg.	Supo thola	<i>Parastrephya leptophylla</i> Wedd.
Diente de león	<i>Taraxacum officinalis</i> Weber.	Qawi Qawi	<i>Hypochoeris eremophila</i> Cabr.	Timillo	<i>Junella minima</i> (Meyen)
Huira huira	<i>Achyrocline alata</i> D.C.	Queña, Q'ela, Kela	<i>Lupinus ballianus</i> C.P. Smith	Uma pasto	<i>Lilaeopsis andina</i> H.
Iru ichu, Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i> Pilg.	Rok'e	<i>Psychophyllum</i> sp.	Warak'o	<i>Opuntia boliviana</i> Salm-Dyck
Kacho, Kachu	<i>Poa perigulata</i> Pilger	Sanca layu	<i>Astragalus minimus</i> Berth.	Wartocca, rok'e	<i>Psychophyllum</i> sp.
Kapaso, Kapaso	<i>Portulaca</i> sp.	Sillu Sillu	<i>Lachenilla pinnata</i> R. & P.		
Kaylla, Kailla	<i>Margiicarpus pinnatus</i> Kunth.	Siq'i	<i>Hypochoeris taraxacoides</i> (Walp) B. & H.		

DESEABLES		POCO DESEABLES		INDESEABLES	
NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO	%	NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO	%
Kela, Kela kela, tarwi silvestre	<i>Lupinus chlorolepis</i> C. P. Smith.		SN	<i>Brumus</i> sp.	
Kheña, K'ëña	<i>Calamagrostis vicunarum</i>		Supo thola	<i>Parastrephya lepidophylla</i> Wedd.	
Khota, K'ota	<i>Junella minima</i> Meyen.		Taya	<i>Baccharis</i> sp.	
Kokosa	<i>Hypochoeris</i> sp.		Thola, Nak'a thola	<i>Baccharis incarum</i> Wedd.	
K'ora, Qora	<i>Urocarpidium shepardae</i> Krap.		Tomat tomat, Samu sanu	<i>Ephedra cf. breana</i> Phil.	
Layo, Layu	<i>Trifolium amabile</i> H. B. K.				
Lecherita, Rosasita, Janco janco	<i>Belloa schultzei</i> (Weed.) Cabr.				
Lenko, Lip'i lip'i	<i>Adesmia</i> sp.				
Llapa	<i>Muhlenbergia peruviana</i>				
Llapa pasto, Chiji Pasto	<i>Chondrosium simplex</i> (Lag.) Kunth				
Orko llapa	<i>Muhlenbergia ligularis</i> (Hack) Hitach				
Paja	<i>Stipa hians meyeri</i>				
Pasto Cola de raton, Cola de raton azul, Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i> L.				
Pasto rabadilla	<i>Calamagrostis</i> sp.				
Qarwa pasto	<i>Nassella meyeniana</i> Trin. Rupr.				
Qemillo	<i>Eleocharis albibractea</i>				
Rabadilla	<i>Calamagrostis heterophylla</i> Wedd.				

DESEABLES		%	POCO DESEABLES		%	INDESEABLES		%
NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO		NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO		NOMBRES COMUNES	NOMBRE CIENTIFICO	
Sicuya, Sicuy wichu	<i>Stipa ichu</i> R. & P.							
Sjisilla	<i>Cardionema ramosissima</i> Weinm.							
Siqi	<i>Hypochoeris taraxacoides</i> (Walp) B. & H.							
SN 1	<i>Alchemilla diplophylla</i> Diels							
SN 2	<i>Bromus</i> sp.							
Supo thola, Lefia	<i>Parastrephia lepidophylla</i> Wedd.							
Tequerere, aphaaru	<i>Solanum acaule</i> Bitter.							
Thola, Naca thola	<i>Baccharis incarum</i> Wedd.							
Tolk'a thola	<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen)							
Waraq'u	<i>Opuntia boliviana</i> Salm-Dyck							
Yawara	<i>Nasella rupestris</i> (Phil.) F. Rojas							
TOTAL		55,7	TOTAL		26,6	TOTAL		17,7

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

Como se observa en la anterior tabla las especies deseables presentan mayor potencial como alimento para el ganado, ya que alcanzan a 55.7% del total de especies vegetales, así también las especies poco deseables e indeseables alcanzan a 44,3% del total del censo.

Este comportamiento nos indica la adaptación que presentan las especies deseables a la acción depredadora del hombre mediante el sobre pastoreo o mal manejo, el cual si no es regulado incrementara el porcentaje de plantas poco deseables e indeseables y la desaparición o reducción de las plantas deseables.

6.3. Cobertura vegetal

Las características de la región altoandina son extremas ya que esta se ve azotada por las inclemencias del clima, como granizadas, heladas sequía, etc. La vegetación existente en esta zona es mayor en la época de lluvias en donde las especies existentes aprovechan esta época para crecer y reproducirse, en la época seca desaparecen quedando únicamente las semillas diseminadas a la espera de la próxima temporada de lluvias. Las especies que son perennes son en menor cantidad y están representadas en su mayoría por plantas xerofitas y otras cuya característica es la modificación estructural presentando hojas pequeñas o espinas para evitar la pérdida de agua. Es así en la época de lluvias se presenta una cobertura bastante diversa y en época seca la cobertura vegetal es menor mostrándose un paisaje árido y seco, esto afecta drásticamente al ganado camélido, el cual tiene bastante alimento en la época de lluvias y tiende a sufrir de escases de alimento en la época seca.

Como se muestra en la siguiente tabla, existe una reducción significativa de plantas deseables, poco deseables e indeseables, las mismas reducen de 44 especies deseables (55,7%), a 16 especies en época seca (55,2%), el mismo fenómeno ocurre en las especies poco deseables de 21 especies (26,6%) a 8 especies (27,6) en época seca.

TABLA 20: COBERTURA VEGETAL EN ÉPOCA HÚMEDA Y ÉPOCA SECA (CALACOTO)

TIPO DE ESPECIE	ÉPOCA HÚMEDA		ÉPOCA SECA	
	Nº ESPECIES	%	Nº ESPECIES	%
DESEABLE	44	55,7	16	55,2
POCO DESEABLE	21	26,6	8	27,6
INDESEABLE	14	17,7	5	17,2
TOTAL	79	100,0	29	100,0

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

El detalle de las especies existentes en época seca y húmeda se la puede observar en Anexos.

6.4. Asociaciones vegetales

Las asociaciones vegetales han sido identificadas a través de la composición florística en los censos de vegetación, observándose que una comunidad vegetal de composición florística determinada, refleja las condiciones de su medio ambiente; así como las alteraciones producidas por el hombre y los animales.

Se consideró además la dominancia de las especies cuando una especie se encuentra en un mayor porcentaje en relación de las otras que componen la asociación vegetal en la pradera, como criterio de estratificación y diferenciación de las asociaciones. Para ello, se ordenaron las tablas de los censos según el número decreciente total de especies, tomándose los de la primera y segunda dominancia, como una forma o combinación característica que constituye el armazón básico de la asociación.

En la siguiente tabla se presentan las especies dominantes codificadas en clave, las dos primeras letras corresponden al género y las dos últimas a la especie y expresan a 13 asociaciones como resultado de los censos de vegetación en este municipio. La presencia de especies diferenciales permite reconocer los censos semejantes y los que por ser diferentes corresponden a asociaciones diferentes.

TABLA 21: ASOCIACIONES VEGETALES EN PRADERA NATIVA (CALACOTO)

N°	DENOMINACIÓN	DOMINANCIA		FRECUENCIA
		1	2	
1	Gramadal Bofedal de DiHu - Posp	DiHu	Posp	1
2	Gramadal Mixto de Mupe - DiHu	Mupe	DiHu	1
3	Gramadal pajonal de Mufa - Feor	Mufa	Feor	2
4	Gramadal Tholar de Devi - Pale	Devi	Pale	1
5	Gramadal tholar de Mufa - Pale	Mufa	Pale	1
6	Gramadal tholar de Mupe - Bain	Mupe	Bain	1
7	Kayllar Gramadal de Mapi - Devi	Mapi	Devi	3
8	Kayllar pajonal de Mapi - Stic	Mapi	Stic	4
9	Khauchial gramadal de Sufo - DiHu	Sufo	DiHu	1
10	Pajonal Gramadal de Fedo - DiHu	Fedo	DiHu	1
11	Tholar gramadal de Pale - Devi	Pale	Devi	2
12	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Bain	Mapi	2
13	Tholar Pajonal de Pale - Stic	Pale	Stic	1

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo

Como se observa en la anterior tabla en este municipio se identificaron 13 asociaciones, dentro de estas no existe una especie en común que caracterice la zona en su conjunto, entre las especies que resultan ser las más dominantes en las diferentes asociaciones son; *Margyricarpus pinnatus* (Mapi) *Muhlebergia peruviana* (Mupe), *Parastrepia lepidophylla* (Pale) y *Muhlebergia fastigiata* (Mufa), las mismas le dan la característica a la zona en la cual se desarrollan, teniéndose pajonales, kayllares y gramadales.

6.5. Determinación de los sitios de pradera para el mapa agrostológico.

En base a la vegetación y otros atributos característicos observados (ubicación, suelo y otros) se ha determinado los sitios de pradera más representativos que determinan su condición ecológica en un momento determinado.

Considerando la composición florística de los diferentes censos de vegetación se agruparon en cinco tipos de pradera según la dominancia o características de la especies.

TABLA 22: SITIOS DE PRADERA (CALACOTO)

Tipo de Pradera	Asociación	Código		Especie dominante	Superficie (has)	%
Gramadal Denso	Gramadal Bofedal de DiHu - Posp	DiHu	Posp	<i>Distichlis humilis</i>	34842	8,8
	Gramadal Mixto de Mupe - DiHu	Mupe	DiHu	<i>Muhlebergia peruviana</i>		
	Gramadal tholar de Mufa - Pale	Mufa	Pale	<i>Muhlebergia fastigiata</i>		
	Gramadal tholar de Mupe - Bain	Mupe	Bain	<i>Muhlebergia peruviana</i>		
	Gramadal Tholar de Devi - Pale	Devi	Pale	<i>Deyeuxia cf. violacea</i>		
Gramadal poco Denso	Gramadal pajonal de Mufa - Feor	Mufa	Feor	<i>Muhlebergia fastigiata</i>	40821	10,3
Kayllar	Kayllar Gramadal de Mapi - Devi	Mapi	Devi	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	72583	18,3
	Kayllar pajonal de Mapi - Stic	Mapi	Stic	<i>Margyricarpus pinnatus</i>		
Tipo de Pradera	Asociación	Código		Especie dominante	Superficie (has)	%
Pajonal	Pajonal Gramadal de Fedo - DiHu	Fedo	DiHu	<i>Festuca dolichophylla</i> Prest.	65916	16,7

Tholar	Tholar gramadal de Pale - Devi	Pale	Devi	<i>Parastrepia lepidophylla</i>	31319	7,9
	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Bain	Mapi	<i>Baccharis incarum</i>		
	Tholar Pajonal de Pale - Stic	Pale	Stic	<i>Parastrepia lepidophylla</i>		
Cultivo					73987	18,7
TOTAL					319468	80,7

FUENTE: Elaboración propia en base a SIG y trabajo de campo.

La denominación propuesta para cada sitio de pradera es una combinación de sus características físicas: fisionomía y especie dominante, que desde el punto de vista agrostológico reflejan su composición botánica y sus atributos.

Como se observa en la anterior tabla, la pradera denominada como “Kayllar” es la que ocupa el mayor área de pradera dentro del municipio llegando a representar el 18,3 % en este sitio de pradera las asociaciones presentes son kayllar de Mapi - Devi (kayllar gramadal) y Mapi - Stic (kayllar pajonal). Dentro de las mismas las especies dominantes son *Margiricarpus pinnatus* Kunth.

Así también otro tipo de pradera importante es el “Pajonal”, en este sitio las asociaciones identificadas son pajonal de Mufa - Feor, y Pale - Stic. Cuya superficie cubierta con este sitio de pradera es de 16,7% de la superficie total de pradera del municipio.

Otra pradera es la denominada como “Gramadal poco denso”, que está representado por la asociación de Gramadal pajonal de Mufa - Feor que representa el 10.3% de la pradera nativa del municipio.

También se ha identificado al sitio de pradera de tipo “Gramadal denso” con cinco asociaciones entre ellos se tiene a los gramadales de; Gramadal Bofedal de Dihú – Posp, Gramadal Mixto de Mupe – Dihú, Gramadal tholar de Mufa – Pale, Gramadal tholar de Mupe – Bain y Gramadal Tholar de Devi – Pale, todos estos representan el 8,8% del total de la superficie de pradera.

Por último se encuentra la pradera identificada como “Tholar” en este se identificaron tres tipos de asociación; Tholar gramadal de Pale – Devi, Tholar kayllar de Bain – Mapi y Tholar Pajonal de Pale – Stic, que representa el 7,91% de la superficie con praderas.

La superficie con cobertura vegetal compuesta por pastizales nativos abarca a 319468 has. lo que representa el 80,7% del territorio en el municipio de Calacoto, el restante 19,3% abarca centros poblados, ríos, caminos, cerros nevados y otras reas que no son consideradas como áreas de pastizales.

6.6. Descripción de los principales sitios de praderas.

De acuerdo con las características florísticas y agrologicas de la pradera se determinaron los principales sitios de pradera. Cada uno de estos se describen, según el criterio adoptado para el trabajo.

6.6.1. Composición botánica

Podemos indicar que la cobertura vegetal en la zona de estudio en este municipio, es la de una pradera donde la vegetación es el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto de especies que cohabitan en un espacio continuo, siendo el reflejo de la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes.

Por otra parte, no se debe olvidar que la vegetación de una pradera nativa es el producto del impacto humano durante cientos y aún miles de años. En general, el área estudiada también presenta una alteración de vegetación nativa, ocasionada por la acción del hombre como consecuencia del pastoreo y la habilitación de tierras agrícolas. Además se observa diferentes niveles de degradación de esta vegetación, acentuada por los procesos erosivos sean hídricos y eólicos, favorecido por las pendientes fuertes y la escasa cobertura vegetal. Dentro de estos se describen los siguientes sitios de pradera:

6.6.1.1. Gramadal denso

Dentro de este sitio de pradera tenemos que en el municipio de Calacoto existen cinco tipos de asociaciones, las mismas se desarrollan en suelos pobres, ligeros, franco -

arenosos, arenos arcillosos llegando a formar grandes comunidades de vegetación, las mismas también se desarrollan en suelos que presentan procesos de erosión avanzada, estas asociaciones se ubican en planicies y pie de serranías. Los suelos, poseen estas características, siendo así que la mayor parte de su territorio no posee aptitud agrícola, debiendo aprovecharse la riqueza existente para la crianza y producción de ganado.

TABLA 23: TIPOS DE GRAMADAL DENSO (MUNICIPIO CALACOTO)

Tipo de Pradera	Asociación	Código	
Gramadal Denso	Gramadal Bofedal de Dihú - Posp	Dihu	Posp
	Gramadal Mixto de Mupe - Dihú	Mupe	Dihu
	Gramadal tholar de Mufa - Pale	Mufa	Pale
	Gramadal tholar de Mupe - Bain	Mupe	Bain
	Gramadal Tholar de Devi - Pale	Devi	Pale

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

6.6.1.2. Tholar

Dentro de esta pradera se identificaron tres asociaciones vegetales, las mismas se desarrollan en suelos franco arcillo limosos con pH neutro, la vegetación existente crece en serranías, planicies, laderas, quebradas pedregosas, rocosas y secas. Por estas características este tipo de asociaciones vegetales son las que desarrollan bien en este municipio.

TABLA 24: TIPOS DE THOLAR (MUNICIPIO CALACOTO)

Tipo de Pradera	Asociación	Código	
Tholar	Tholar gramadal de Pale - Devi	Pale	Devi
	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Bain	Mapi
	Tholar Pajonal de Pale - Stic	Pale	Stic

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo

6.6.1.3. Pajonal

En este municipio se identificó una de asociación Pajonal Gramadal de Fedo - Diyu. Las especies de este sitio de pradera desarrollan en suelos pobres, ligeros, franco - arenosos, arena arcillosos llegando a formar grandes comunidades de vegetación, también crecen en suelos de erosión avanzadas, las mismas se encuentran en planicies, laderas medias y laderas de clima frío del altiplano. Las principales especies que conforman este tipo de pradera son de bajo valor nutritivo y que es consumida por los animales en épocas de escasez de alimento, en especial por el ganado camélido.

TABLA 25: TIPOS DE PAJONAL (MUNICIPIO CALACOTO)

Tipo de Pradera	Asociación	Código	
Pajonal	Pajonal Gramadal de Fedo - Diyu	Fedo	Diyu

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo

6.6.1.4. Kayllar

En la zona de estudio que enmarca el municipio de Calacoto se identificaron dos sitios de asociación que responden a esta pradera, la misma se desarrolla en suelos franco arcillo limosos con pH neutro, crece en planicies, laderas, quebradas pedregosas, rocosas y secas.

También desarrolla en suelos erosionados pobres en materia orgánica, como en áreas pastoreadas asociadas con especies de la familia de las Poaceae y fabáceas en terrenos en descanso.

TABLA 26: TIPOS DE KAYLLAR (MUNICIPIO CALACOTO)

Tipo de Pradera	Asociación	Código	
Kayllar	Kayllar Gramadal de Mapi - Devi	Mapi	Devi
	Kayllar pajonal de Mapi - Stic	Mapi	Stic

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo

6.6.1.5. Gramadal poco denso

Generalmente se encuentran asociados con otras especies como tholares, pajonales y kayllares, en lugares en donde estas otras desarrollan, estos gramadales desarrollan a la cubierta de estas especies de mayor porte, las mismas desaparecen en la época seca ya que no soportan las condiciones climáticas adversa, como sequias y heladas.

TABLA 27: TIPOS DE GRAMADAL POCO DENSO (CALACOTO)

Tipo de Pradera	Asociación	Código	
Gramadal poco Denso	Gramadal pajonal de Mufa - Feor	Mufa	Feor

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

6.6.2. Mapa Agrostológico municipio de Calacoto Provincia Pacajes del departamento de La Paz.

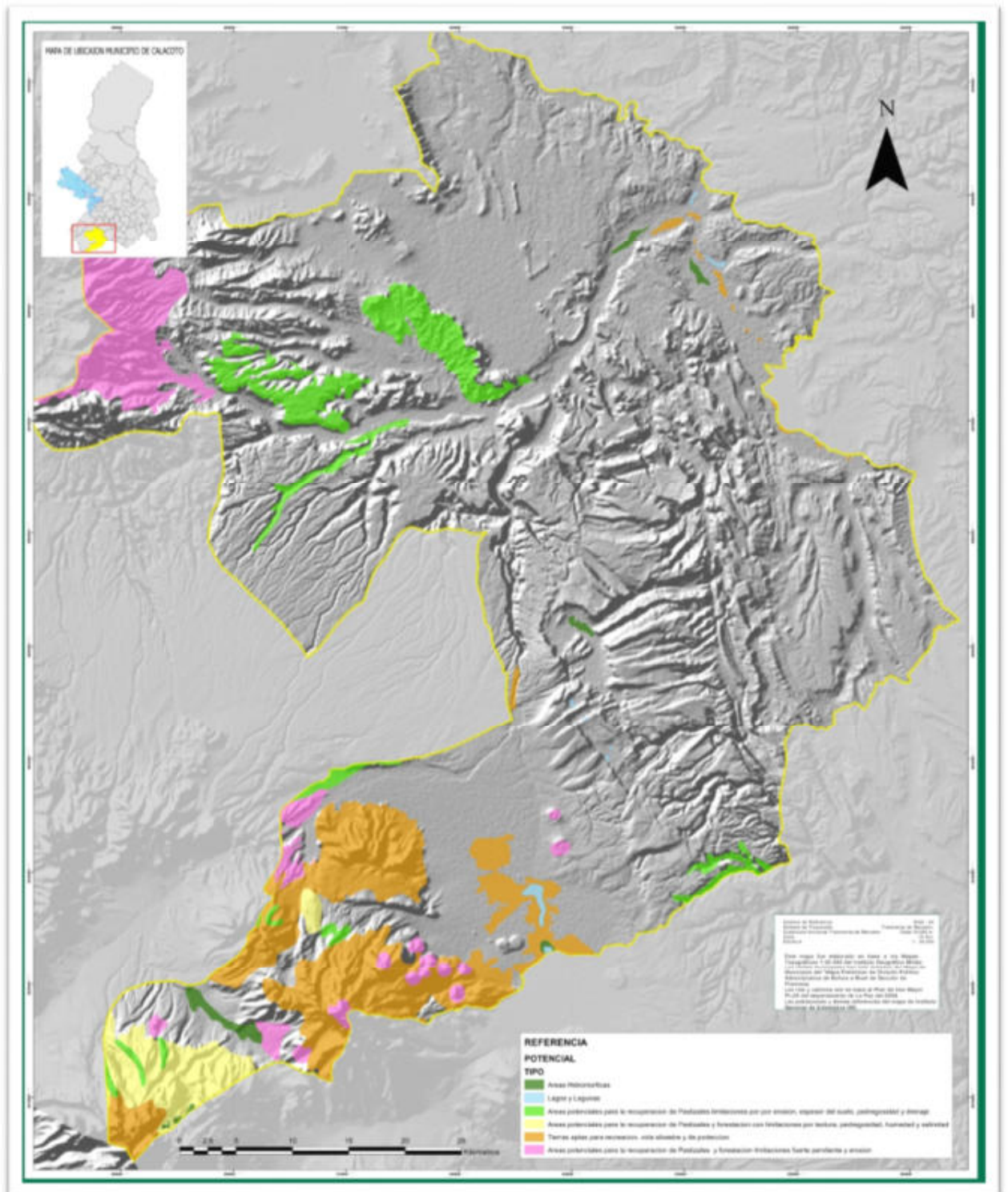
Para la elaboración del mapa agrostológico del municipio de Calacoto se realizaron varios análisis, en los mismos que se tuvieron procesos para poder determinar las características de delimitación de praderas tanto nativas como introducidas, en las que se determinó el tipo de asociación en el caso de las praderas nativas y se considera como las introducidas a cultivos los cuales también fueron identificados.

Para esta clasificación se realizaron modelamientos para determinar zonas potenciales tanto para praderas nativas como introducidas.

6.6.2.1. Mapa de áreas potenciales para Praderas Nativas

El mapa de áreas potenciales fue generado en base al modelamiento de la información utilizando datos de altura, tipo de suelo, pendientes, y características físico geomorfológicas de la zona de estudio dando como resultado el siguiente mapa.

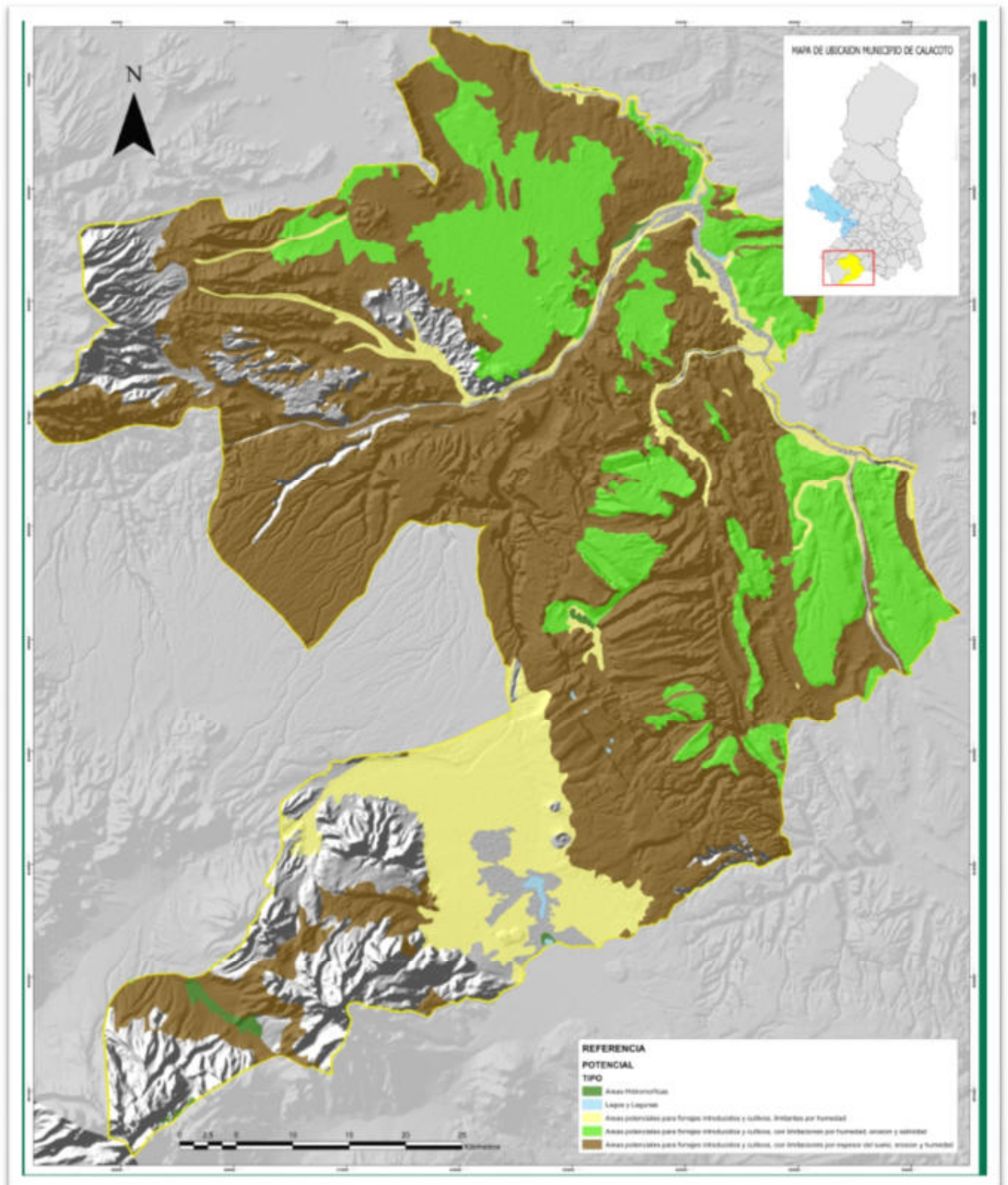
FIGURA 22: MAPA DE POTENCIALIDAD PARA PRADERAS NATIVAS



6.6.2.2. Mapa de áreas potenciales para Praderas Introducidas

El mapa de áreas potenciales fue generado en base al modelamiento de la información utilizando datos de altura, tipo de suelo, pendientes, y características físico geomorfológicas de la zona de estudio dando como resultado el siguiente mapa.

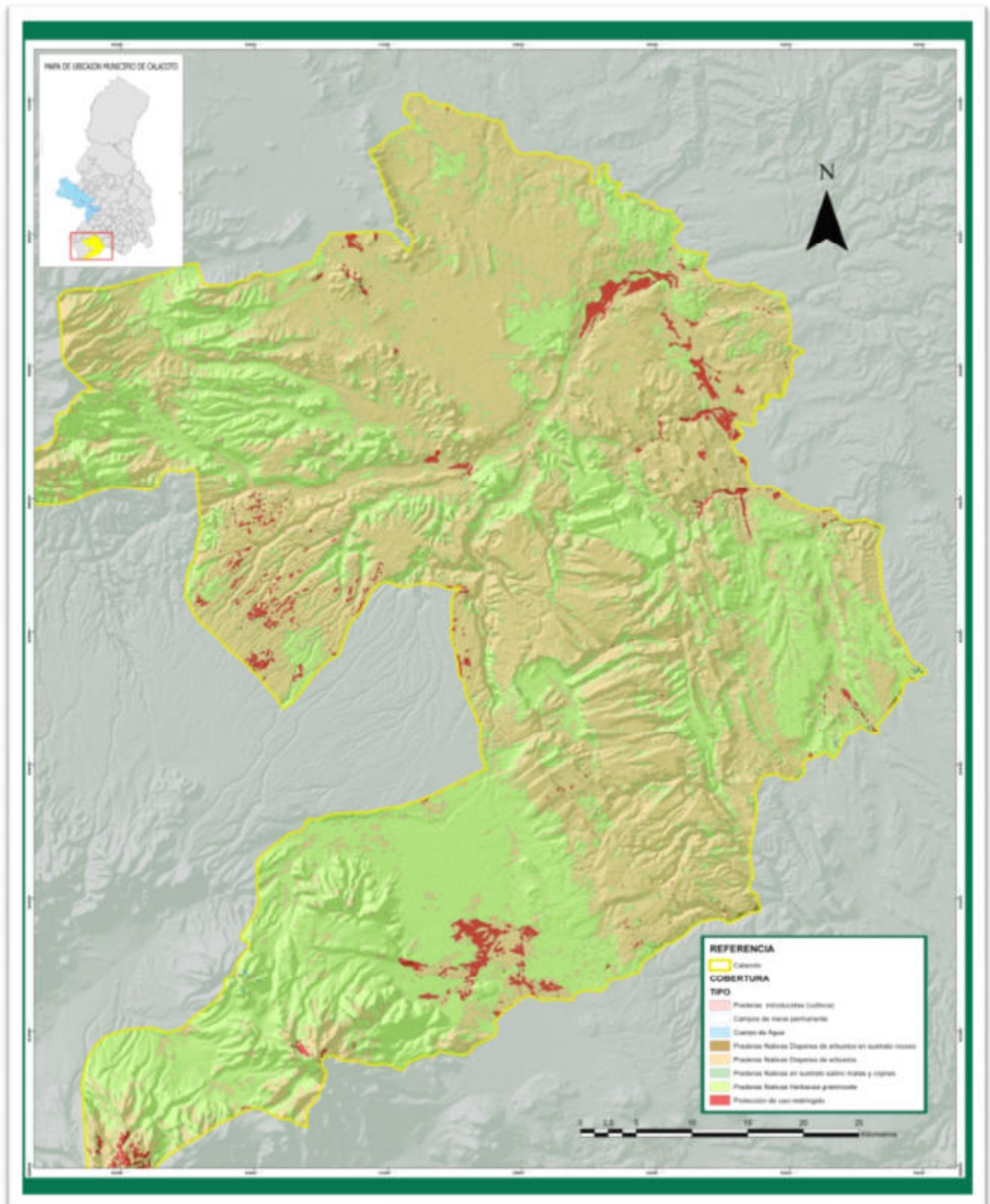
FIGURA 23: MAPA DE POTENCIALIDAD PARA PRADERAS INTRODUCIDAS



6.6.2.3. Mapa de cobertura Municipio de Calacoto

Entre los análisis previos se realizó la delimitación de la cobertura del municipio de Calacoto donde se clasificó en forma general y con información tanto visual como de campo los diferentes tipos de cobertura que existen en el municipio con la finalidad de contar con la información base para poder generar el mapa agrostológico donde se tiene identificado las diferentes asociaciones vegetales para el municipio

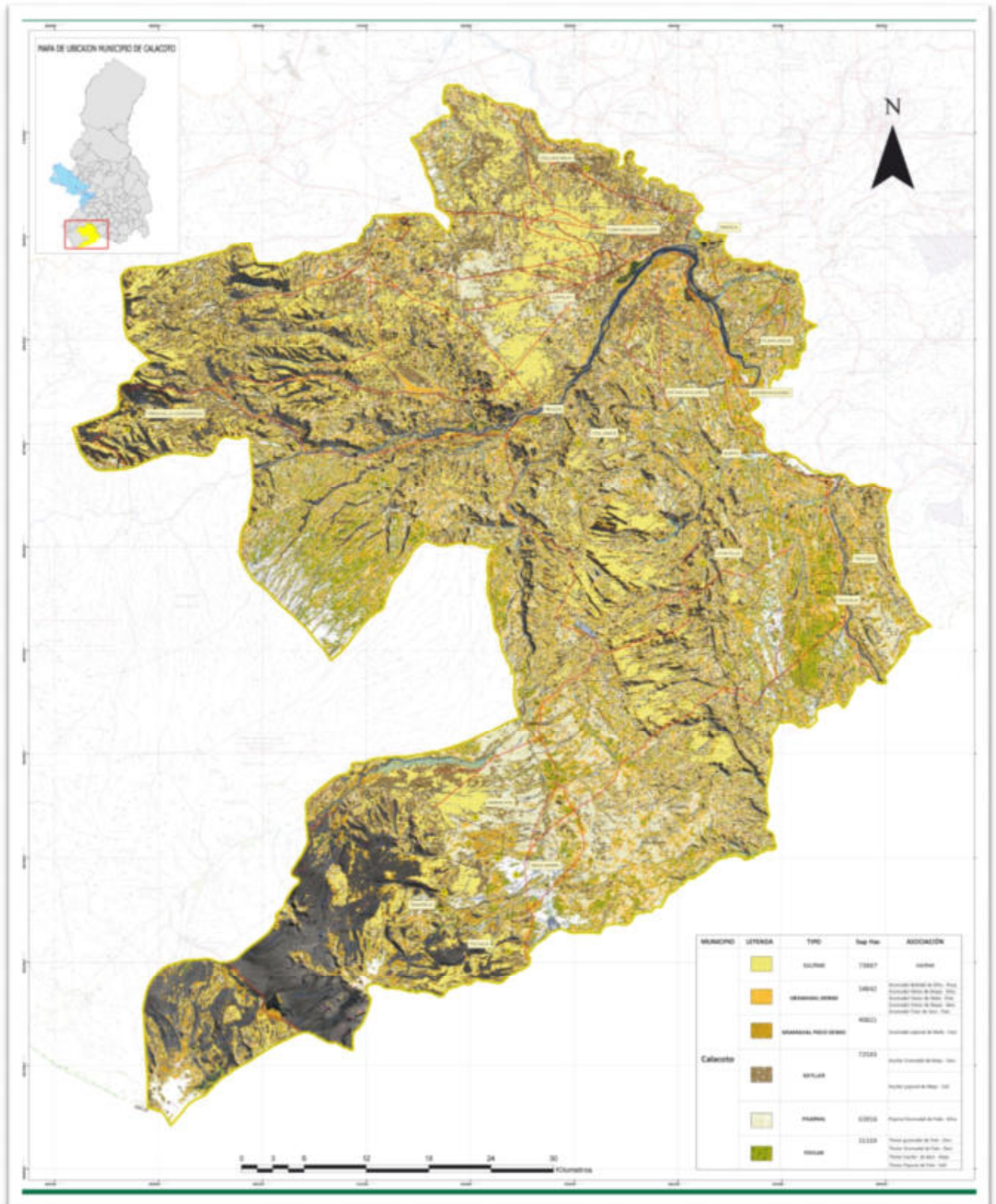
FIGURA 24: MAPA DE COBERTURA VEGETAL MUNICIPIO DE CALACOTO



6.6.2.4. Mapa Agrostológico

El mapa agrostológico tiene la virtud de poder identificar gráficamente las diferentes asociaciones vegetales en las praderas nativas, como también la ubicación de las introducidas (cultivos), en el municipio de Calacoto permitiendo de esta manera el poder saber las superficies de cada una de los tipos de asociaciones vegetales que existen. Esta información es fundamental en la planificación tanto de recursos como de ubicación de actividades que beneficien en este caso al sector ganadero del municipio teniendo una visión general del municipio y sus características Agrostológica que se cruzaran con las regiones productoras y las instalaciones para tener el mapa de priorización que nos permitía tener una ubicación grafica de las zonas con mayores potencialidades tanto físicas como estructurales para la incorporación de actividades de desarrollo que permitan el trabajo eficiente en el municipio.

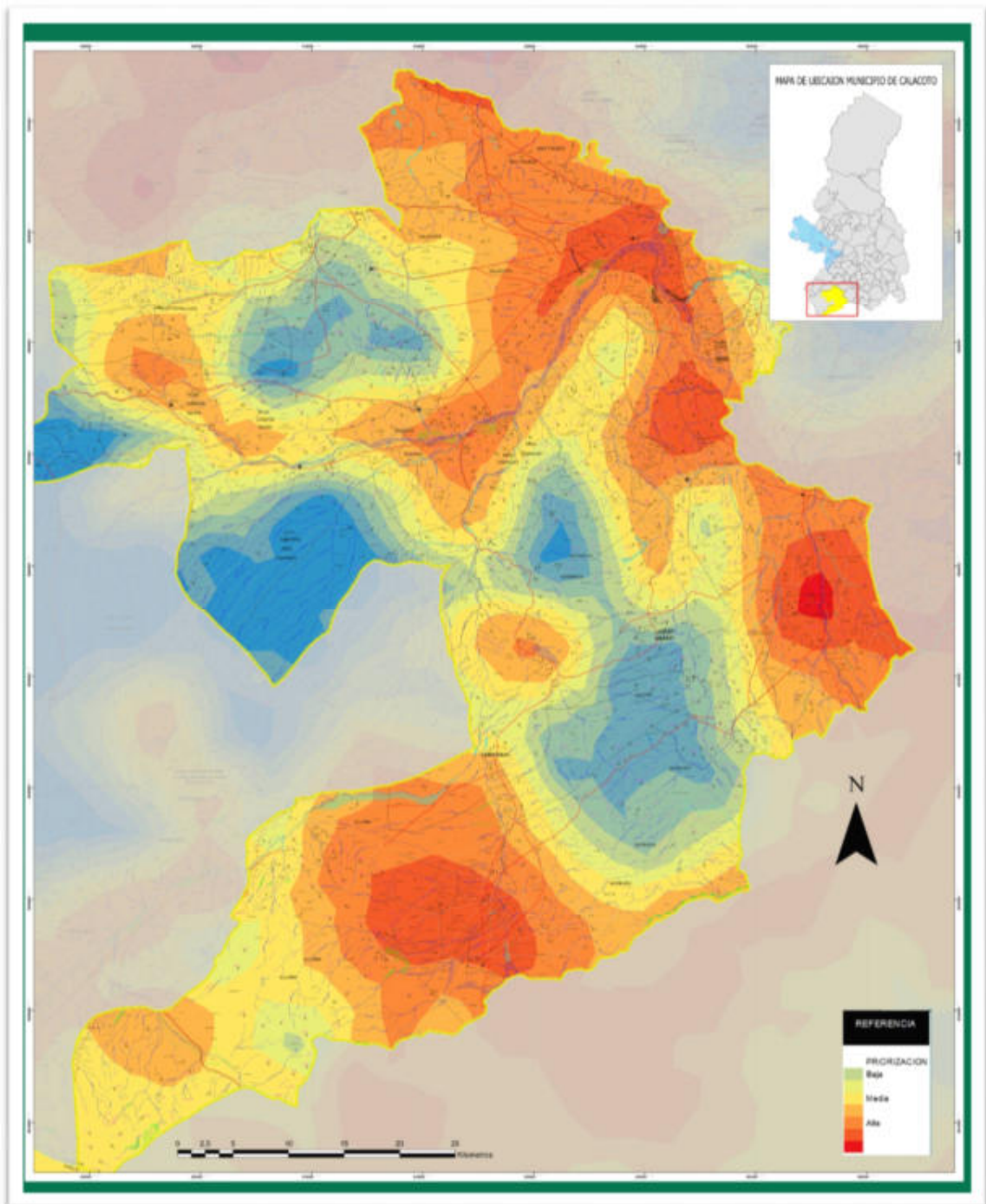
FIGURA 25: MAPA AGROSTOLÓGICO MUNICIPIO DE CALACOTO



6.6.2.5. Mapa de Priorización para la intervención

Este mapa nos permite identificar gráficamente la ubicación de las regiones con mayor potencial y por tanto las que se deben priorizar en cuanto a la actividad pecuaria, teniendo las mejores condiciones tanto físicas como estructurales, es decir que cuentan con el material vegetal (praderas) y también con las condiciones de accesibilidad y disponibilidad de infraestructura adecuada para esta actividad dando la oportunidad de poder priorizar estas en la planificación de proyectos en el municipio de Calacoto.

FIGURA 26: MAPA DE PRIORIZACIÓN DE RECURSOS FORRAJEROS MUNICIPIO DE CALACOTO



6.6.3. Clasificación de la condición de pradera

Para el efecto, según se explica en la descripción del método "Transección al paso", se ha efectuado el resumen de los datos registrados en las hojas de censos de vegetación (transectos) agrupándose por sitios de pradera, se clasificó el porcentaje de composición florística en especies deseables, poco deseables, indeseables y suelo desnudo; estos porcentajes permitieron hallar los índices de especies decrecientes, índice forrajero e índice B-R-P, al que se suma el índice de vigor.

De acuerdo al porcentaje de cada uno de estos índices, se asignó un puntaje parcial que determinó la calidad del sitio, la suma de estos parciales dan el puntaje total que determina la condición de la pradera tanto para época húmeda como seca.

6.6.4. Clasificación de la condición de pradera en época húmeda

Según las metodologías descritas se determinó la condición de los diferentes sitios de pradera en la siguiente tabla.

TABLA 28: CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PRADERA EN ÉPOCA HÚMEDA (MUNICIPIO CALACOTO)

MUNICIPIO		Calacoto																				
COMUNIDAD		Calacoto																				
	NUMERO DE MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	X	517569	517465	522602	524406	555531	554027	544306	544463	544888	546594	520480	531280	542485	542572	523678	539345	542370	526240	531166	530411	486981
	Y	8026630	8026783	8029898	8028349	8057971	8056156	8073591	8073680	8075946	8078471	8033872	8082801	8067810	8089787	8021041	8091736	8058434	8072136	8096560	8070111	8071353
	ASOCIACIÓN VEGETAL	Gramadal tholar de Mupa - Bain	Tholar gramadal de Pale - Devi	Gramadal pajonal de Mupa - Feor	Khauchial gramadal de Suro - Dihu	Kayllar Gramadal de Bain - Devi	Tholar de Devi - Pale	Kayllar pajonal de Bain - Suro - Sitic	Tholar Pajonal de Pale - Sitic	Gramadal Botedal de Dihu - Poso	Mixto de Mupa - Dihu	Gramadal tholar de Mupa - Dihu	Pajonal gramadal de Bain - Dihu	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Gramadal pajonal de Mupa - Feor	Kayllar Gramadal de Bain - Devi	Kayllar pajonal de Bain - Suro - Sitic	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Kayllar Gramadal de Bain - Devi	Kayllar pajonal de Bain - Suro - Sitic	Tholar gramadal de Pale - Devi	Kayllar pajonal de Bain - Suro - Sitic
	INDICE DE ESPECIES DESEABLES	63	77	72	11	53	74	52	67,5	73	85	72,5	74	45	72	53	52	45	53	52	77	52
	INDICE FORRAJERO	68	77	79	53	83	76	67,5	89,5	82	88	74	74	60,5	79	83	67,5	60,5	83	67,5	77	67,5
	ÍNDICE DE VIGOR	76,39	69,32	63,25	59,82	57,56	76,09	62,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,20	63,25	57,56	62,33	70,20	57,56	62,33	69,32	62,33
	INDICE DE SUELO DESNUDO, ROCA Y PAVIMENTO DE EROSIÓN	32	23	6	13	14	14,5	28,5	5,5	6	10	23	4	39,5	6	14	28,5	39,5	14	28,5	23	28,5
	CONDICIÓN DEL PASTIZAL EN ÉPOCA HÚMEDA	66,34	76,23	76,93	39,48	66,06	76,91	60,03	70,55	71,70	78,10	66,45	71,00	53,72	76,93	66,06	60,03	53,72	66,06	60,03	76,23	60,03
		BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

En la anterior tabla se muestran los valores promedio para cada índice que determinan la condición de cada pradera identificada, en la misma se puede distinguir además la predominancia de la condición buena para ganado en 18 tipos de asociaciones únicamente en tres tipos de asociación se presenta la condición regular, realizado el análisis de estos datos se puede observar el gran potencial que tiene las praderas de este municipio para la crianza de ganado especialmente camélido y su alimentación mediante el pastoreo en praderas nativas.

6.6.5. Clasificación de la condición de pradera en época seca

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio calculados, determinándose 5 sitios de pradera con la condición regular, 12 sitios con la condición pobre y 4 sitios de pradera con la condición de muy pobre.

Así también se puede observar que existe un cambio muy drástico en la condición ya que las praderas o sitios de pradera cuya condición es buena o regular en época humedad bajan a condiciones de regular a muy pobre, entonces las praderas que época humedad son aptas para el pastoreo cambian en época seca, teniéndose que tener mucho cuidado con estas praderas ya que las mismas podrían desaparecer volviéndose praderas con especies indeseables, y por ende ya no puedan ser aprovechadas por el ganado.

TABLA 29: CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE PRADERA EN ÉPOCA SECA (CALACOTO)

MUNICIPIO		Calacoto																				
COMUNIDAD		Tanapaca Est. Pokasi	Tanapaca Est. Pokasi	Wariscata	Wancarama	Tacagua	Tacagua	Estancia Alvaro	Estancia Alvaro	Estancia Alvaro	Playa Verde	Wariscata	Copacati	Tarquemaaya	Ninoca	Pichaca	Contorno Calacoto	Chacolla	Pahaza	Collana Baja	Collana "B"	Taracollo
NUMERO DE MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Coordenada X		517569	517465	522602	524406	555531	554027	544306	544463	544888	546594	520480	531280	542485	542572	523678	539345	542370	526240	531166	530411	486981
Coordenada Y		8026630	8026783	8029898	8028349	8057971	8056156	8073591	8073680	8075946	8078471	8033872	8082801	8067810	8089787	8021041	8091736	8058434	8072136	8096560	8070111	8071353
ÍNDICE DE ESPECIES DESEABLES		31	33	34	0	12,5	13,5	30	17,5	17	14	22	44	30	34	12,5	30	30	12,5	30	33	30
ÍNDICE FORRAJERO		31	33	41	42	29,5	13,5	35	35	23	17	23	44	40	41	29,5	35	40	29,5	35	33	35
ÍNDICE DE VIGOR		76,39	69,32	63,25	59,82	57,56	76,09	62,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,20	63,25	57,56	62,33	70,20	57,56	62,33	69,32	62,33
ÍNDICE DE SUELO DESNUDO, ROCA Y PAVIMENTO DE EROSIÓN		69	67	44	24	68	77	65	61	71	81	74	55	60	44	68	65	60	88	65	67	65
CONDICIÓN DEL PASTIZAL EN ÉPOCA SECA		POBRE	POBRE	REGULAR	POBRE	POBRE	MUY POBRE	POBRE	POBRE	MUY POBRE	MUY POBRE	MUY POBRE	REGULAR	REGULAR	REGULAR	POBRE	POBRE	REGULAR	POBRE	POBRE	POBRE	POBRE
		35,54	36,63	42,73	29,58	24,31	21,66	35,23	23,55	18,90	14,20	20,80	39,80	38,02	42,73	24,31	35,23	38,02	24,31	35,23	36,63	35,23

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

6.7. Capacidad de carga animal

De la misma forma se indica la capacidad de carga correspondiente por condición de vegetación para este caso se toma como ejemplo el ganado camélido por la importancia que tiene este en el municipio de Calacoto, determinada en forma indirecta según indican las tablas propuestas por en la descripción de la metodología de Transección al paso:

Para el cálculo de la capacidad de carga se basó en la metodología de Flores M.A. (2005), el cual determina de forma indirecta la capacidad de carga, dichas tablas se describen a continuación, las mismas también son descritas en evaluaciones en donde se utiliza el método de transección al paso.

TABLA 30: PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL

Condición	Ovinos	Alpaca	Llama	Vicuñas
Excelente	4	2,7	1,8	4,44
Bueno	3	2	1,3	3,33
Regular	1,5	1	0,7	1,65
Pobre	0,5	0,3	0,2	0,55
Muy pobre	0,25	0,17	0,1	0,28

FUENTE: FLORES, A., 2005.

Los resultados que se muestran en la siguiente tabla indican la condición determinada para cada sitio de pradera, valorización que está en relación directa a la composición florística que posee y la especie animal de pastoreo, en este caso el camélido.

6.7.1. Capacidad de carga animal en época húmeda

TABLA 31: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL EN ÉPOCA HÚMEDA (CALACOTO)

MUNICIPIO		Calacoto																				
COMUNIDAD																						
NUMERO DE MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Coordenada X		Tanapaca Est. Phokasi	Tanapaca Est. Phokasi	Wariscata	Wancarama	Tacagua	Tacagua	Estancia Alvaro	Estancia Alvaro	Estancia Alvaro	Playa Verde	Wariscata	Copacati	Tarqueamaya	Ninoca	Pichaca	Contorno Calacoto	Chacolla	Pahaza	Collana Baja	Collana "B"	Taracollo Condoroca
Coordenada Y		517569	517465	522602	524406	555531	554027	544306	544463	544888	546594	520480	531280	542485	542572	523678	539345	542370	526240	531166	530411	486981
ASOCIACIÓN VEGETAL		8026630	8026783	8029898	8028349	8057971	8056156	8073591	8073680	8075946	8078471	8033872	8082801	8067810	8089787	8021041	8091736	8058434	8072136	8096560	8070111	8071353
		Gramadal tholar de Mupe - Bain	Tholar gramadal de Pale - Devi	Gramadal pajonal de Mufa - Feor	Khanchial gramadal de Sufo - Bain	Kayllar Gramadal de Mapi - Devi	Gramadal Tholar de Devi - Pale	Kayllar pajonal de Mapi - Stic	Tholar Pajonal de Pale - Stic	Gramadal Bofedal de Dihu - Posp	Gramadal Mixto de Mupe - Dihu	Gramadal tholar de Mufa - Pale	Pajonal gramadal de Fedo - Dihu	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Gramadal pajonal de Mufa - Feor	Kayllar Gramadal de Mapi - Devi	Kayllar pajonal de Mapi - Stic	Tholar kayllar de Bain - Mapi	Kayllar Gramadal de Mapi - Devi	Kayllar pajonal de Mapi - Stic	Tholar gramadal de Pale - Devi	Kayllar pajonal de Mapi - Stic
CONDICIÓN DEL PASTIZAL EN ÉPOCA HÚMEDA		BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
CAPACIDAD DE CARGA PARA GANADO CAMELIDO (Nº DE ANIMALES HAJAÑO)		1,3	1,3	1,3	0,7	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,7	1,3	1,3	1,3	0,7	1,3	1,3	1,3	1,3
		66,34	76,23	76,93	39,48	66,06	76,91	60,03	70,55	71,70	78,10	66,45	71,00	53,72	76,93	66,06	60,03	53,72	69,06	60,03	76,23	60,03

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

Una vez realizadas las interpretaciones según la condición de cada pradera, se pudo determinar que 18 sitios de praderas presentan una capacidad de carga igual a 1,3 unidades animales por hectárea de pradera, únicamente tres sitios de pradera presentan una capacidad de carga de 0,7 unidades animales, esta característica presentada muestra el gran potencial de estos sitios de pradera como alimento para el ganado, el cual puede ser alimentado mediante el pastoreo en las mismas.

6.7.2. Capacidad de carga animal en época seca

En la siguiente tabla se puede observar la capacidad de carga en época seca, como se observa en la misma que 7 sitios de praderas tiene una capacidad de carga de 0,7 UA por hectárea de pradera, 12 sitios de pradera presentan una capacidad de carga de 0,2 UA por hectárea e pradera y 4 sitios de pradera presentan una capacidad de carga igual a 0,1 UA por hectárea de pradera.

Este comportamiento se da a razón de la fragilidad de las especies existentes en época húmeda las cuales no soportan la escasez de agua, la cantidad de plantas deseables para el ganado camélido se reducen significativamente. Todo esto repercute directamente en la capacidad de carga la cual baja drásticamente.

Estos sitios de pradera cuya condición baja deben ser manejados adecuadamente pues en caso contrario podría ocurrir que su capacidad de carga se reduzca hasta llegar a ser praderas con ninguna capacidad de carga, Impidiendo la crianza o explotación del ganado camélido.

TABLA 32: DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL EN ÉPOCA SECA (CALACOTO)

		Calacoto																				
COMUNIDAD		Tanapaca Est. Phokasi	Tanapaca Est. Phokasi	Wariacata	Wancarama	Tacagua	Tacagua	Estancia Alvaro	Estancia Alvaro	Estancia Alvaro	Playa Verde	Wariacata	Copacati	Tarquemaaya	Ninoca	Pichaca	Contorno Calacoto	Chacolla	Pahaza	Collana Baja	Collana "B"	Taracollo Condoroca
NUMERO DE MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Coordenada X		517569	517465	522602	524406	555531	554027	544306	544463	544888	546594	520480	531280	542485	542572	523678	539345	542370	526240	531166	530411	486981
Coordenada Y		8026630	8026783	8029898	8028349	8057971	8056156	8073591	8073680	8075946	8078471	8033872	8082801	8067810	8089787	8021041	8091736	8058434	8072136	8096560	8070111	8071353
CONDICIÓN DEL PASTIZAL EN ÉPOCA SECA		POBRE	POBRE	REGULAR	POBRE	POBRE	MUY POBRE	POBRE	POBRE	MUY POBRE	MUY POBRE	MUY POBRE	REGULAR	REGULAR	REGULAR	POBRE	POBRE	REGULAR	POBRE	POBRE	POBRE	POBRE
CAPACIDAD DE CARGA PARA GANADO CAMÉLIDO (Nº DE ANIMALES HA/AÑO)		0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
		35,54	36,63	42,73	29,58	24,31	21,66	35,23	23,55	18,90	14,20	20,80	39,80	38,02	42,73	24,31	35,23	38,02	24,31	35,23	36,63	35,23

FUENTE: Elaboración propia en base a trabajo de campo.

VII. CONCLUSIONES

- El uso de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se convierten en herramientas fundamentales para la identificación, zonificación y evaluación de praderas nativas e introducidas, al poder manejar la información del muestreo de campo para realizar un mapa de ubicación de los diferentes tipos de asociaciones vegetales, permitiendo así planificar en forma más eficiente el manejo de las praderas y el recurso forrajero.
- La metodología empleada utiliza herramientas de libre acceso como son las imágenes satelitales disponibles en el internet y los programas para el manejo de información digital también de fácil acceso.
- Las posibilidades de uso de estas herramientas son amplias y lo suficientemente flexibles para poder generar la información necesaria para las diferentes actividades que se pretenden incorporar en campo, con la ventaja que ahorra en gran manera el uso de recursos humanos y económicos optimizando con esto la posibilidad de crear proyectos que tengan el respaldo necesario para la toma de decisiones.
- El censo de las especies forrajeras para el presente trabajo fueron desarrolladas en dos épocas del año, la época húmeda y la época seca, donde las características varían notablemente, en la época húmeda se encontraron 61 especies y 20 familias siendo la familia Poaceae la de mayor dominancia con 20 especies (32,8% del total especies censadas), seguido de la familia Asteraceae con 13 especies (21.3%), luego la Fabaceae con 7 especies (11,5%), el resto de las especies representan un porcentaje bajo dentro del censo.
- En la identificación de estas especies se tiene un porcentaje alto de especies deseables (55.7% del total de las especies censadas), y un 44.3% dentro del grupo de poco deseables e indeseables. Esto nos muestra que el municipio tiene una vocación importante para la ganadería en especial la camélida, al contar con el recurso forrajero con las características adecuadas para su alimentación; pero que sin embargo, se tiene que manejar de la forma más sostenible posible para beneficio de las futuras generaciones.

- En cuanto a la cobertura vegetal, se concluye que está en relación directa a las condiciones climáticas, ya que en ambas épocas existe una gran diferencia, muchas especies presentes en época húmeda desaparecen en la seca, lo cual afecta a la alimentación del ganado. En el estudio se evidenció que esta reducción es significativa al tener 44 especies deseables en época húmeda, reduciéndose a sólo 16 especies en época seca, este fenómeno también influye en las especies poco deseables, de 21 a 8 especies. Por lo tanto, el análisis de esta situación es muy importante en la planificación de crianza de ganado para evitar el sobrepastoreo y escasas de alimento.
- Se identificaron 13 asociaciones vegetales representativas, teniendo mucha influencia la época del año, porque la dominancia de una especie en una época puede cambiar en la otra al desaparecer ésta. La distribución de las praderas nativas en el municipio de Calacoto nos da los siguientes resultados: praderas introducidas que son usados como alimento para el ganado 18.7%; Kayllar con un 18.3%; Pajonal con el 16.7%; Gramadal poco denso con el 10.3%; Gramadal denso con el 8.8% y Tholar con el 7.9% de la cobertura identificada en el municipio, toda esta cobertura representa el 80.7% del municipio teniendo 319.468 hectáreas y el restante 19.3% abarca a los poblados, ríos, caminos, cerros y otros que no son considerados como áreas de pastizales.
- La identificación de zonas de priorización está relacionada a las características físico climáticas, además de las condiciones de acceso, cercanía a centros poblados con vocación ganadera y la disponibilidad del recurso forrajero. Todos estos factores nos permiten tener una identificación de las zonas con mejores características para el manejo de praderas con vocación ganadera.
- En cuanto a la condición de las praderas del municipio de Calacoto, el estudio nos muestra que en época húmeda del total de las asociaciones identificadas, el 85% de éstas tienen predominancia de condición buena para la alimentación del ganado y solamente el 15% tienen la condición regular. Esta condición es favorable para el pastoreo pero se tiene que tener mucho cuidado y evitar el sobrepastoreo que es la principal causa de pérdida de este recurso ya que esta actividad evita la regeneración natural de praderas. En época seca, esta condición cambia drásticamente, 24% de las asociaciones vegetales tienen condición regular, 57% pobre y 19% muy pobre.

- La determinación de las limitaciones agrostológicas que tienen las praderas con el cálculo de la condición y la soportabilidad, permite determinar de manera general la cantidad de carga animal soportada por cada tipo de asociación y de esta manera determinar un mejor aprovechamiento de las mismas, velando por la conservación de las praderas, evitando un daño irreparable al medio ambiente y permitiendo la sostenibilidad de este recurso. Al mismo tiempo dándole al productor las herramientas técnicas adecuadas para que él conozca y opte por las de mejor desempeño y rendimiento para la alimentación de su ganado.

- Para el cálculo de la capacidad de carga animal, se consideró el ganado camélido que es el más representativo en el municipio de Calacoto, se determinó para la época húmeda que 18 sitios de praderas presentan una capacidad de carga igual a 1,3 U.A./Ha; tres sitios de pradera presentan 0,7 U.A./Ha. Esta característica muestra el gran potencial de estos sitios de pradera para alimento del ganado. Mientras que la capacidad de carga en época seca, se tiene 7 sitios de praderas con una capacidad de carga de 0,7 U.A./Ha de pradera, 12 presentan una capacidad de carga de 0,2 U.A./Ha y 4 presentan una capacidad de carga igual a 0,1 U.A./Ha. Este comportamiento se da a razón de la fragilidad de las especies existentes en época húmeda, la cantidad de plantas deseables para el ganado camélido se reducen significativamente. Por esta razón la planificación de la crianza de ganado tiene que tomar en cuenta la prioridad de las praderas con condiciones favorables en la época húmeda y no tan favorables en época seca donde se debe tener un suplemento alimenticio para el ganado.

VIII. RECOMENDACIONES.

- Proseguir con los estudios agrostológicos con la finalidad de establecer el verdadero potencial y las limitaciones de este recurso, de manera que ayude a elaborar una propuesta integral de uso y manejo de praderas.
- Propiciar programas de manejo y mejoramiento de praderas, para las zonas en las cuales se dispone de mayor extensión de dicho recurso.
- Para las praderas sujetas de este estudio se recomienda la incorporación de abonamiento mediante el aprovechamiento del estiércol de ganado y fertilizantes, pastoreo rotativo, recuperación y restitución de especies forrajeras mediante la clausura de canchas y re poblamiento con especies nativas.
- En el municipio de Calacoto se recomienda la ampliación de praderas con especies nativas deseables para el ganado camélido para obtener mejores rendimientos de producción.
- Para tener un análisis de mayor precisión se recomienda comprar imágenes de alta resolución y de zonas específicas, ya que las imágenes que se utilizaron para este estudio son de baja resolución y de gran extensión porque se analizaba el municipio en su totalidad.
- Para el diseño de un buen mapa agrostológico es imprescindible un buen trabajo de campo que acompañe a las imágenes satelitales. El resultado de esta combinación no solo permite identificar las diferentes asociaciones vegetales sino también desarrollar una mejor planificación de la actividad ganadera.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- ANTIGUO PIGLOVE, 2008. "Espectro Electromagnético".
En <http://antiguo.piglove.lapiluka.org/photos/441> (10 de septiembre 2013).
- AUDES, 2007 "Diagnóstico municipal Calacoto".
- DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE, 2013 "Aspectos técnicos de las imágenes Landsat" México.
- E., Salas, J., & Martín, P. 2008 "Prácticas de Tratamiento Digital de Imágenes Chuvieco", España: Universidad de Alcalá.
- FLORES MARTÍNEZ, Arturo, 2005 "Manual de Pastos y Forrajes Alto Andinos", Digital Perfect Point, Lima – Perú.
- Folleto divulgativo. Proyecto, Flores, E.R. 1992, "Manejo y evaluación de pastizales" Lima - Perú.
- GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Ley N 3358, 21 de febrero de 2006 "Declaración de la necesidad y de utilidad, la recuperación, preservación, conservación y aprovechamiento sostenible de las praderas nativas ubicadas en el altiplano orureño".
- GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Ley 1333, 27 de Abril 1992 "Ley de Medio Ambiente".
- UNIDAD DE ANÁLISIS DE POLÍTICAS SOCIALES Y ECONÓMICAS 2013 "Portal del Sistema de Información Geográfica - SIG UDAPE"
En http://www.udape.gob.bo/portales_html/portalSIG/u06inicio.htm (15 de septiembre 2013).
- GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Decreto Supremo 1641, 10-Julio-2013, "Ampliar el listado de Actividades, Obras o Proyectos".
- GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA Decreto Supremo 0335, 21-Octubre-2009, "Declara Situación de Emergencia con Aplicación en los Municipios de Huanuni, Machacamarca, El Choro y Poopó del Departamento de Oruro. Área de Influencia de la sub - cuenca Huanuni"
- JENSEN, J. 2000. "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective".

- MARTINEZ – TORRES Y COLS 1988 "Elementos de la teledetección".
En www.kalipedia.com (10 de septiembre 2013).
- MIRANDA E.E. 2002 "Posibles aportes de los Sistemas de Información Geográficas al diseño de sistemas de producción". Santiago de Chile.
- NÚÑEZ W. 2010 "Fortalecimiento del Desarrollo de Capacidades de Ordenamiento Territorial en la Región del Cusco", Perú.
- PLAZA, Orlando y SEPÚLVEDA, Sergio 1996 "Metodología para el Diagnostico Micro regional" IICA. San José, Costa Rica.
- SARRIA, Francisco Alonso "SIG aplicados al análisis y cartografía de riesgos climáticos" Dpto. Geografía Física, Humana y Análisis Geográfico Regional, España.
- SRGIS.cl, 2013 "Guía Básica de Imágenes Satelitales y sus Productos".
En http://www.srgis.cl/pdf/guia_basica_imagenes_satelitales.pdf (10 de septiembre 2013).
- TOVAR, O. Y OSCANO L. 2002, "Guía para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera". Proyecto FOCAL
- WILKIPEDIA, 2008 "Radiación electromagnética".
En http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica (10 de septiembre 2013).

X. ANEXOS

Especies identificadas en el trabajo de campo

Nombre común	Nombre especies	Familia	Monocotiledoneas
Sikuya	<i>Stipa ichu</i>	Gramineae	
Llawara	<i>Stipa sp.</i>	Gramineae	
Paja Brava	<i>Festuca orthophylla</i>	Gramineae	
Chiji negro	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Gramineae	
Keña	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Gramineae	
Cebadilla	<i>Bromus uniloides</i>	Gramineae o Poaceae	
Chillihua	<i>Festuca dolichophylla</i>	Gramineae	
Iru ichu	<i>Festuca orthophylla</i>	Gramineae	
Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i>	Gramineae	
Gramas Salada (chiji)	<i>Distichlis humilis</i>	Gramineae	
Anu sik'i	<i>Hypochoeris meyeniana</i>	Gramineae	
Llapa Chiji	<i>Aciachne acicularis Laegaard</i>	Gramineae	
Socklla	<i>Bromus pitensis Humb. Bonpl.et Kunth</i>	Gramineae	
Chojlla	<i>Bromus unioloides</i>	Gramineae	
Cebadilla - Choolla q'achu	<i>Bromus unioloides. Bromus catharticus Vahl.</i>	Gramineae	
Chiji - Grama pasto	<i>Distichlis humilis R.E. Phillipp</i>	Gramineae	
Iru Ichu - Paja Brava	<i>Festuca andicola H. B. K.</i>	Gramineae	
Ch'iji o llapa pasto.	<i>Muhlenbergia fastigiata (Presl) Henrad</i>	Gramineae	
Paja	<i>Stipa ichu</i>	Gramineae	
Jichu - Ichhu - Sicuya	<i>Stipa ichu (R. et P.) Kunth.</i>	Gramineae	
Ichu	<i>Stipa mucronata Humboldt, Bonpland y Kunth</i>	Gramineae	
Pasto Rabadilla		Gramineae	
K'achu		Gramineae	
Orko llapa		Gramineae	
Quemillo o Paku.	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Cyperaceae	
Totorilla	<i>Scirpus rigidus</i>	Cyperaceae	
Tatora	<i>Schoenoplectus tatora</i>	Cyperaceae	
Paco	<i>Distichia muscoides</i>		
Paco	<i>Aciachne pulvianata</i>		
Sij Silla			
Uma sutu	<i>Luzula peruviana Desv</i>	Juncaceae	
Zapatilla	<i>Calceolaria parvifolia</i>		
Lloque	<i>Pycnophyllum molle</i>		
Chachacoma	<i>Senecio graveolens</i>		
Kokosa			

Nombre común	Nombre especies	Familia
Tarwi silvestre o k'ela	<i>Lupinus tatei</i> Rusby	Fabaceae
K'ota	<i>Azorella compacta</i> Phil	Apiaceae
Salvia	<i>Salvia officinalis</i>	Lamiaceae
Apharu	<i>Solanum acaule</i> Bitter.	Solanaceae
Cola de Caballo	<i>Equisetum giganteum</i> L.	Equisetaceae
Wulsa	<i>Capsella bursa pastoris</i>	Cruciferaeae
Mostaza	<i>Brassica campestris</i>	Cruciferaeae
Sillu	<i>Lachemila pinnata</i>	Rosaceae
Kanlli - Kanlla - China kanlli - Toco Kanlla	<i>Margyricarpus pinnatus</i> ; <i>Margyricarpus setosus</i> R. et P.; <i>Margyricarpus strictus</i> .	Rosaceae
Lecherita o Rosasita		
Añahuaya	<i>Adesmia spinosissima</i>	Leguminoceae
Layu	<i>Trifolium amabile</i>	Leguminoceae
Garbancillo	<i>Astragalus garbancillo</i> Vog.	Leguminoceae
Algarrobo	<i>Çprosopis juliflora</i>	Leguminoceae
Sanka layu		
Lipi o lenk'o		Leguminoceae
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Compositaceae
Wira	<i>Gnaphalium c.f. graveolens</i>	Compositaceae
Supu thola	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Compositaceae
Naka thola	<i>Baccharis incarum</i>	Compositaceae
Muña	<i>Satureja boliviana</i>	Compositaceae
Thola	<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>	Compositaceae
Qariwa	<i>Senecio clivicolus</i>	Compositaceae
Khanapaqu	<i>Senecio vulgaris</i>	Compositaceae
Kailla	<i>Tetraglochin cristatum</i>	Compositaceae
Ojotilla - Wila layu	<i>Geranium sessiliflorum</i> Cav.	Geraneaceae
Yauri o aguj	<i>Erodium cicutarum</i>	Geraneaceae
Qora	<i>Urocarpidium shepardae</i> (Johnston)K.	Malvaceae
Sankayo	<i>Echinopsis maximiliana</i> Heyder; <i>Lobivia maximiliana</i> (Heyder) Backbg.	Cactaceae
Sankayo	<i>Tephaocactus</i> Sp	Cactaceae
Warak'o	<i>Opuntia flocosa</i>	Cactaceae
Uña de llama - Qarwa sillu	<i>Azorella biloba</i> (Schlecht.)Wedd.	Umbeliferae
Yareta	<i>Azorella compacta</i> Phil	Umbeliferae
Choque kailla	<i>Mulinum spinosum</i> (cav.) Pers.	Umbeliferae
Anu k'ara	<i>Oreomyrris andicola</i> (H.B.K.) Hook.f.	Umbeliferae
P'enqa	<i>Gentiana escarlatina</i> (Gilg) Fabris	Gentianaceae

Dicotiledoneas

Nombre común	Nombre especies	Familia
Tani	<i>Gentianella primuloides</i> (Gilg) Pringle	Gentianaceae
Llanti o llantén	<i>Plantago orbignyana</i> Steinh	Plantaginaceae
Ch'uku chùku	<i>Gomphrena meyeniana</i> Walp	Amarantaceae
Thola	<i>Baccharis incarum</i>	Asteraceae
T'anta thola	<i>Baccharis obtusifolia</i> H.B.K	Asteraceae
Añawaya	<i>Adesmia miraflorensis</i> Remy	Asteraceae
Loma añawaya	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyes ex Vog.	Asteraceae
Chij chipa	<i>Tagetes multiflora</i>	Asteraceae
K'ea	<i>Stuckertiella capitata</i> (Wedd.) Beauv.	Asteraceae
Muña	<i>Hedeoma mandonianum</i> Wedd	Asteraceae
Muña	<i>Satureja parvifolia</i>	Asteraceae
Kiswara	<i>Budlea incana</i>	Coreaceae
Queñua	<i>Polylepis incana</i>	Coreaceae
Keñua	<i>Polylepis tarapacana</i>	Coreaceae

Puntos de muestreo de las diferentes asociaciones vegetales

Municipio	Comunidad	zona	paisaje	Asociacion	Grupo de identificación	Coordenada X	Coordenada Y
Calacoto	Tacagua	Puncupuri	Bofedal	Kayllar gramadal de Mapi - Devi	PAJONAL	555531	8057971
	Tanapaca Est. Phokasi		Serrania	Gramadal tholar de Mupe - Bain	GRAMADAL	517569	8026630
	Tanapaca Est. Phokasi	Laviña pampa	Planicie (tholar)	Tholar gramadal de Pale - Devi	THOLAR	517465	8026783
	Wariscata	Uman pata	Planicie	Gramadal pajonal de Peca - Feor	GRAMADAL	522602	8029898
	Wancarama	Sura pampa	Planicie	Khauchial gramadal de Dihú	PAJONAL	524406	8028349
	Tacagua	Thola pata - Huaña huma	Planicie	Gramadal mixto de Devi - Mupe	GRAMADAL	554027	8056156
	Estancia Albaro	Pari	Serranía	Kayllar pajonal de Mapi - Jaic	KAYLLAR	544306	8073591
	Estancia Albaro	Pari	Planicie	Tholar Pajonal de Pale - Jaic	THOLAR	544463	8073680
	Estancia Alvaro	Pari	Humedal planicie (playa Río Q'añu Jahuira)	Bofedal de Dihú - Hita	BOFEDAL	544888	8075946
	Playa Verde	Apaza	Planicie	Gramadal mixto de Mupe - Dihú	GRAMADAL	546594	8078471
	Wariscata		Planicie	Gramadal tholar de Mufa - Pale	GRAMADAL	520480	8033872

Priorización para la implementación de forrajes

CUADRO DE PRIORIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE FORRAJES EN EL MUNICIPIO DE CALACOTO Y SUS COMUNIDADES						
COMUNIDAD	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (Humedal, bofedal, planicie y serranía)	PRESENCIA DE ÁREAS COMUNALES	ACTIVIDAD ECONÓMICA A LA QUE SE DEDICA	PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURAS	RECOMENDACIONES PARA PRIORIZAR INTRODUCCIÓN DE ESPECIES DE FORRAJERAS	OBSERVACIONES
Tacagua – Marka Ulloma	Planicie	Existen áreas comunales en los pastizales y en los bofedales y humedales parcelados.	Es camélida como agrícola	Presencia de cerramientos en los bofedales y humedales algunas con ayuda de instituciones y otras de manera personales.	Re poblamientos con especies de lugar y cerramientos en lugares de humedales como bofedales. También con cebada que desarrolla muy bien.	Una comunidad con presencia de quebradas poco pronunciadas, planicies con predominancia de tólares inmensas de buen porte, presencia de río que alimenta a los bofedales y humedales. Tienen organización que no están siendo representados. Su accesibilidad de carreteras poco transitables en época de lluvias.
Estancia Albaro – Marka Calacoto	Planicie, humedal y serranía.	No tiene área comunal todos son parcelados	Es camélida y poco agrícola para el autoconsumo, presencia de ovino y vacuno	No se pudo evidenciar presencia de infraestructura camélida	Cerramientos en los humedales y bofedales. En las serranías re poblamientos. Con cultivo de cebada utilizado como forraje suplementario	Existe buena extensión de humedales donde pueden ser aprovechados de manera favorable. Sus serranías con grados de erosión, en el lugar planicie con buena cobertura vegetal predominancia de tholares, pajonales y kaillares. Su carretera poco transitable. Están organizados.
Playa Verde – Marka Calacoto	Planicie	No existe áreas comunales están todos parcelados	Camélida, agrícola, crianza de ovinos y vacunos	No se pudo evidenciar presencia de infraestructura camélida	Con cerramientos en los humedales y bofedales. Re poblamientos en las serranías, con cultivos de cebada utilizada como forraje suplementario para los ganados	Es una comunidad que se encuentra a las orillas del río desaguadero. Presenta serranías con grados de erosión y una buena parte de sus suelos son planicies con predominancia de tholares. Tiene humedales que son utilizados como forrajes en épocas de estiaje. Su carretera transitable. Están organizados.

Imágenes de puntos de muestreo para los transectos en las diferentes asociaciones vegetales

