

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL PASTIZAL  
NATURAL EN CONDICIONES DE CLAUSURA EN TRES ZONAS  
DEL ALTIPLANO NORTE DE LA PAZ**

**José Salomón Lafuente Vargas**

**La Paz – Bolivia**

**2007**

**Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Agronomía  
Carrera de Ingeniería Agronómica**

**EVALUACION DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL  
PASTIZAL NATURAL EN CONDICIONES DE  
CLAUSURA EN TRES ZONAS DEL  
ALTIPLANO NORTE DE LA PAZ**

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título de Licenciado en  
Ingeniería Agronómica

**José Salomón Lafuente Vargas**

**Asesor:**

Ing. Zenón Martínez Flores

-----

**Comité Revisor:**

Ing. Hugo Mendieta Pedrazas

-----

Ing. Diego Gutiérrez Gonzáles

-----

Ing. Tito Rodríguez Claros

-----

**Aprobado**

**Presidente tribunal**

-----

-----

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>INDICE</b>	3
<b>INDICE DE CUADROS</b>	8
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	11
<b>ANEXOS</b>	12
<b>DEDICATORIA</b>	14
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	15
<b>RESUMEN</b>	16
<b>SUMMARY</b>	17
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
1.1. Objetivos	19
1.1.1. Objetivo general	19
1.1.2. Objetivos específicos	19
<b>2. REVISION DE LITERATURA</b>	<b>20</b>
2.1. Concepto de Pastizal Natural	20
2.1.1. Los pastizales en América del sur	20
2.1.2. Superficie de la Pradera en Bolivia	21
2.2. Características generales del Altiplano	21
2.2.1. Altiplano Norte	22
2.2.2. Cuenca del Lago Titicaca	22
2.2.3. Producción agrícola en el Altiplano Norte	23
2.3. Clasificación de pastos naturales o pastizales	23
A. Pastizales Chilliwa	24
B. Pastizal de “crespillo	24
C. Pastizal de Ichu	25
D. Pastizal de Iru Ichu	25

E.	Pastizales de Tisña	26
F.	Césped de Puna	26
G.	Oqhonales	26
H.	Bosquecillos de Qewña	27
I.	Pastizales Invasidos	27
2.4.	Producción de Semilla de plantas forrajeras nativas	28
2.5.	Sucesión de la condición del pastizal	29
2.6.	Cambios por características de las especies	30
2.7.	Cambios por condiciones climatológicas	30
2.8.	Técnicas de muestreo de pastizales	30
2.8.1.	Cuadro	30
2.8.2.	Circulo	31
2.8.3.	Transecto rectangular	31
2.8.4.	Transecto en línea	31
2.8.5.	Armazón de puntos (puntos de contacto)	32
2.8.6.	Punta de Pie	32
2.8.7.	Método de Daubinmire	33
2.8.8.	Cuadrantes centrados en un punto (punto de cuadrante)	33
2.8.9.	Método de parcela variable	33
2.8.10.	Fotografías aéreas	33
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>34</b>
3.1.	Localización	34
3.1.1.	Características de tiwanacu	34
3.1.1.1.	Fisiografía	34
3.1.1.2.	Suelos	35
3.1.1.3.	Clima	35
3.1.1.4.	Vegetación	35
3.1.2.	Características del Aeropuerto	35
3.1.2.1.	Fisiografía	35
3.1.2.2.	Suelos	35
3.1.2.3.	Clima	36

<b>3.1.2.4. Vegetación</b>	36
<b>3.1.3. Características de Choquenaira</b>	36
<b>3.1.3.1. Fisiografía</b>	36
<b>3.1.3.2. Suelos</b>	36
<b>3.1.3.3. Clima</b>	37
<b>3.1.3.4. Vegetación</b>	37
<b>3.2. Materiales</b>	37
<b>3.2.1. Laboratorio</b>	37
<b>3.2.2. De Campo</b>	37
<b>3.2.3. De Gabinete</b>	37
<b>3.3. Métodos</b>	38
<b>3.3.1. Procedimiento Experimental</b>	38
<b>3.3.2. Análisis estadístico</b>	39
<b>3.3.3. Zonas de estudio, superficie y años de clausura</b>	40
<b>3.3.4. Producción de biomasa</b>	40
<b>3.3.5. Calidad del Pastizal</b>	41
<b>3.3.6. Carga Animal</b>	41
<b>3.3.7. Cantidad de forraje</b>	42
<b>3.3.8. Clasificación de la condición de los Pastizales</b>	42
<b>3.3.9. Variables de Respuesta</b>	43
<b>3.3.9.1. Composición botánica</b>	43
<b>3.3.9.2. Cobertura vegetal</b>	43
<b>3.3.9.3. Frecuencia de especies</b>	44
<b>3.3.9.4. Vigor de las plantas</b>	44
<b>3.3.9.5. Densidad de las especies</b>	44
<b>3.3.9.6. Rendimiento de materia seca</b>	44
<b>3.3.9.7. Capacidad de Carga Animal</b>	45
<b>3.3.9.8. Rendimiento de Semilla</b>	45
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES<sup>1</sup></b>	46
<b>4.1. Zona del Museo de Tiwanacu (26 años de clausura)</b>	47

---

<sup>1</sup> Se estructuró la presentación de resultados para cada sitio de estudio

4.1.1. Composición Botánica	47
4.1.2. Frecuencia de las Especies	48
4.1.3. Vigor de las especies	48
4.1.4. Condición del Pastizal	49
4.1.5. Cobertura de las especies	50
4.1.6. Densidad de las especies	51
4.1.7. Calidad del pastizal	53
4.1.8. Rendimiento de la Materia Seca	54
4.1.9. Producción estimada de Biomasa	55
4.1.10. Cantidad de Forraje	56
4.1.11. Capacidad de Carga Animal	57
4.1.12. Rendimiento de Semilla	58
4.2. Zona del Aeropuerto Internacional de El Alto (15 años de Clausura)	59
4.2.1. Composición Botánica	59
4.2.2. Frecuencia de las Especies	60
4.2.3. Vigor de las especies	61
4.2.4. Condición del Pastizal	61
4.2.5. Cobertura de las especies	62
4.2.6. Densidad de las especies	63
4.2.7. Calidad del pastizal	65
4.2.8. Rendimiento de la Materia Seca	65
4.2.9. Producción estimada de Biomasa	66
4.2.10. Cantidad de Forraje	67
4.2.11. Capacidad de Carga Animal	68
4.2.12. Rendimiento de Semilla	69
4.3. Zona estación Experimental de Choquenaira (un año de clausura)	69
4.3.1. Composición Botánica	69
4.3.2. Frecuencia de las Especies	70
4.3.3. Vigor de las especies	71
4.3.4. Condición del Pastizal	72
4.3.5. Cobertura de las especies	72
4.3.6. Densidad de las especies	73
4.3.7. Calidad del pastizal	75

4.3.8. Rendimiento de la Materia Seca	75
4.3.9. Producción estimada de Biomasa	76
4.3.10. Cantidad de Forraje	77
4.3.11. Capacidad de Carga Animal	78
4.3.12. Rendimiento de Semilla	79
4.4. Comparación de resultados entre las tres localidades	79
4.4.1. Calidad del pastizal	79
4.4.2. Rendimiento de Materia seca	80
4.4.3. Producción estimada de biomasa	81
4.4.4. Cantidad de forraje	81
4.4.5. Capacidad de carga	82
4.4.6. Rendimiento de semilla	82
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>84</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1</b>	Producción estimada de los pastizales en la región de Andes Altos, con rumiantes domésticos. 20
<b>Cuadro 2</b>	Superficie de praderas pasturadas y cultivos anuales forrajeros en Bolivia en km <sup>2</sup> 21
<b>Cuadro 3</b>	Principales tipos de praderas en la Zona Andina de Bolivia 28
<b>Cuadro 4</b>	Algunas especies interesantes para producción de semillas 29
<b>Cuadro 5</b>	Zonas de estudio, superficie y años de clausura 40
<b>Cuadro 6</b>	Calificación de la vegetación según el porcentaje de especies deseables y poco deseables. 41
<b>Cuadro 7</b>	Nombres comunes, nombres científicos y código de especies presentes en el museo de Tiwanacu 46
<b>Cuadro 8</b>	Frecuencia de especies (%), en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca 47
<b>Cuadro 9</b>	Estadísticos de la altura de las especies (promedios, desvío estándar, altura máxima, altura mínima, moda), para el vigor (%) en Tiwanacu, en la época húmeda y seca. 49
<b>Cuadro 10</b>	Condición del pastizal en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca 49
<b>Cuadro 11</b>	Cobertura vegetal (%) en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca. 50
<b>Cuadro 12</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Cobertura en el Museo de Tiwanacu 51
<b>Cuadro 13</b>	Densidad (%) en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca. Calidad del Pastizal en el Museo de Tiwanacu, para la época húmeda y seca 52
<b>Cuadro 14</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Densidad en el Museo de Tiwanacu 53
<b>Cuadro 15</b>	Calidad del pastizal en el Museo de Tiwanacu, para la época húmeda y seca. 54
<b>Cuadro 16</b>	Rendimiento de materia seca de forrajes en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca 55

<b>Cuadro 17</b>	Prueba de <b>t</b> , para el total de Materia Seca en el Museo de Tiwanacu.	55
<b>Cuadro 18</b>	Ecuaciones de estimación de biomasa, para las especies encontradas en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca	56
<b>Cuadro 19</b>	Disponibilidad de forraje en el Museo de Tiwanacu por especie vegetal, época húmeda y seca	56
<b>Cuadro 20</b>	Estimación de capacidad de carga animal para el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca	57
<b>Cuadro 21</b>	Soportabilidad de ganado	58
<b>Cuadro 22</b>	Rendimiento de semilla, en el Museo de Tiwanacu	59
<b>Cuadro 23</b>	Nombres comunes, nombres científicos y código de especies presentes en el Aeropuerto Internacional de El Alto	59
<b>Cuadro 24</b>	Frecuencia de especies (%), en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca	60
<b>Cuadro 25</b>	Estadísticos de la altura de las especies (promedios, desvío estándar, altura máxima, altura mínima, moda), para el vigor (%) en Aeropuerto Internacional de El Alto, en la época húmeda y seca.	61
<b>Cuadro 26</b>	Condición del pastizal en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca	62
<b>Cuadro 27</b>	Cobertura vegetal (%) en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.	62
<b>Cuadro 28</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Cobertura en el Aeropuerto Internacional de El Alto	63
<b>Cuadro 29</b>	Densidad (%) en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.	64
<b>Cuadro 30</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Densidad en el Aeropuerto Internacional de El Alto	64
<b>Cuadro 31</b>	Calidad del Pastizal en el Aeropuerto Internacional de El Alto, para la época húmeda y seca	65
<b>Cuadro 32</b>	Rendimiento de materia seca de forrajes en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca	66
<b>Cuadro 33</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Materia Seca en el Aeropuerto Internacional de El Alto	66

<b>Cuadro 34</b>	Ecuaciones de estimación de biomasa, para las especies encontradas en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca	67
<b>Cuadro 35</b>	Disponibilidad de forraje en el Aeropuerto Internacional de El Alto por especie vegetal, época húmeda y seca	67
<b>Cuadro 36</b>	Estimación de capacidad de carga animal para el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca	68
<b>Cuadro 37</b>	Soportabilidad de ganado	68
<b>Cuadro 38</b>	Rendimiento de semilla, en el Aeropuerto Internacional de El Alto	69
<b>Cuadro 39</b>	Nombres comunes, nombres científicos y código de especies presentes en La Estación Experimental de Choquenaira.	69
<b>Cuadro 40</b>	Frecuencia de especies (%), en La Estación Experimental de Choquenaira., en época húmeda y seca	70
<b>Cuadro 41</b>	Estadísticos de la altura de las especies (promedios, desvío estándar, altura máxima, altura mínima, moda), para el vigor (%) en La Estación Experimental de Choquenaira, en la época húmeda y seca.	71
<b>Cuadro 42</b>	Condición del pastizal en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca	72
<b>Cuadro 43</b>	Cobertura vegetal (%) en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.	73
<b>Cuadro 44</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Cobertura en la Estación Experimental de Choquenaira	73
<b>Cuadro 45</b>	Densidad (%) en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.	74
<b>Cuadro 46</b>	Prueba de <b>t</b> , para la Densidad en la Estación Experimental de Choquenaira	74
<b>Cuadro 47</b>	Calidad del Pastizal en La Estación Experimental de Choquenaira, para la época húmeda y seca	75
<b>Cuadro 48</b>	Rendimiento de materia seca de forrajes en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca	76

<b>Cuadro 49</b>	Prueba de <i>t</i> , para la Materia seca en la Estación Experimental de Choquenaira	76
<b>Cuadro 50</b>	Ecuaciones de estimación de biomasa, para las especies encontradas en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca	77
<b>Cuadro 51</b>	Disponibilidad de forraje en el La Estación Experimental de Choquenaira por especie vegetal, época húmeda y seca	77
<b>Cuadro 52</b>	Estimación de capacidad de carga animal para La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca	78
<b>Cuadro 53</b>	Soportabilidad de ganado	78
<b>Cuadro 54</b>	Rendimiento de semilla, en La Estación Experimental de Choquenaira.	79
<b>Cuadro 55</b>	Calidad del pastizal en las tres zonas de estudio	80
<b>Cuadro 56</b>	Rendimiento de Materia seca (Kg. MS/Ha.), en las tres zonas de estudio	80
<b>Cuadro 57</b>	Producción estimada de biomasa (Kg. MS/Ha.), dentro las tres zonas de estudio	81
<b>Cuadro 58</b>	Cantidad de forraje (Kg. MS/Ha.), dentro las tres zonas de estudio	81
<b>Cuadro 59</b>	Capacidad de carga en las tres zonas de estudio	82
<b>Cuadro 60</b>	Rendimiento de semilla de la <i>Festuca dolichophylla</i> , en las tres zonas de estudio	83

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b>	Unidad de muestreo del cuadro 31
<b>Figura 2</b>	Línea Transecta 32
<b>Figura 3</b>	Armazón de puntos 32

## ANEXOS

- Anexo 1A** Planilla de evaluación de pastizales
- Anexo 1B** Clasificación de la Condición de los Pastizales
- Anexo 2A** Mapa de precipitación del Departamento de La Paz.
- Anexo 2B** Imagen Satelital. Vista Aérea Del Museo De Tiwanacu Altura Aproximada De 200 m.
- Anexo 2C** Imagen Satelital. Vista Aérea Del Aeropuerto Internacional De El Alto Altura Aproximada De 200 m.
- Anexo 2D** Imagen Satelital. Vista Aérea De La Estación Experimental De Choquenaira Altura Aproximada De 200 m.
- Anexo 3A** Transecto de especies de Tiwanacu en época húmeda
- Anexo 3B** Transecto de especies de Tiwanacu en época seca
- Anexo 4** Altura de especies con una frecuencia mayor al 5 %, en Tiwanacu en época húmeda y época seca.
- Anexo 5A** Análisis de materia seca. En la época húmeda (marzo 2006)
- Anexo 5B** Análisis de materia seca. En la época seca (junio 2006)
- Anexo 6A** Calculo de biomasa en Tiwanacu en la época húmeda
- Anexo 6B** Calculo de biomasa en Tiwanacu en la época seca
- Anexo 7A** Transecto de especies del Aeropuerto en época húmeda
- Anexo 7B** Transecto de especies de Aeropuerto en época seca
- Anexo 8** Altura de especies con una frecuencia mayor al 5 %, en el Aeropuerto en época húmeda y época seca
- Anexo 9A** Análisis de materia seca. En la época húmeda (marzo 2006)
- Anexo 9B** Análisis de materia seca. En la época seca (junio 2006)
- Anexo 10A** Calculo de biomasa en el Aeropuerto en la época húmeda
- Anexo 10B** Calculo de biomasa en el Aeropuerto en la época seca
- Anexo 11A** Transecto de especies de Choquenaira en época húmeda
- Anexo 11B** Transecto de especies de Choquenaira en época seca
- Anexo 12** Altura de especies con una frecuencia mayor al 5 %, en Choquenaira en época húmeda y época seca

- Anexo 13A** Análisis de materia seca. En la época húmeda (marzo 2006)
- Anexo 13B** Análisis de materia seca. En la época seca (junio 2006)
- Anexo 14A** Calculo de biomasa en Choquenaira en la época húmeda
- Anexo 14B** Calculo de biomasa en Choquenaira en la época seca
- Anexo 15** Rendimiento de semilla en las tres localidades de estudio (marzo y abril 2006)
- Anexo 16** Factores de conversión para cálculos de carga animal y capacidad de carga en la zona andina de Bolivia
- Anexo 17** Fotografías de las zonas de estudio

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mis padres David Lafuente y Enriqueta Vargas, como también a mis hermanos Senaida, Soledad y Beymar que me apoyaron constantemente, para poder alcanzar esta meta. Gracias.

## AGRADECIMIENTOS

Debo expresar mi agradecimiento y gratitud a las siguientes personas e instituciones que colaboraron en la realización del presente trabajo:

Al Museo de Tiwanacu por haberme permitido entrar en sus instalaciones para poder realizar el presente trabajo.

A SABSA por dar el permiso para realizar la investigación en el Aeropuerto Internacional de El Alto.

Al Ing. Zenón Martínez, por la orientación, colaboración y sugerencias brindadas en el desarrollo del trabajo.

A los Ing. Hugo Mendieta, Ing. Tito Rodríguez y Ing. Diego Gutiérrez, por las correcciones realizadas al presente trabajo.

A la Lic. Beatriz Herrera por haberme enseñado mucho en la parte de redacción de un trabajo o informe.

A mis entrañables amigos, David Quispe, Monica Quisbert, Omar Mollinedo, Magda Condori, Edwin Arias, Erick Perez, Franklin Quelca, Teresa Condori y Jhonny Calcina, por todo el tiempo que dedicaron a ayudarme y apoyarme, sin otro compromiso que la consecuencia y la amistad.

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Agronomía y miembros e integrantes del Centro Cultural de Agronomía **Ce.Cu.A.**, por su valiosa amistad y permanente apoyo moral.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo entre los meses de febrero y junio de 2006, con los objetivos de evaluar el tipo de pastizal, frecuencia de especies, vigor, cobertura, densidad, rendimiento de materia seca, capacidad de carga animal, de praderas nativas, de tres zonas del altiplano norte, con 26 años de clausura (Museo de Tiwanacu), 15 años de clausura (Aeropuerto Internacional de El Alto), y un año de clausura (Estación Experimental de Choquenaira); se realizó el estudio, tanto en la época húmeda (febrero a marzo) y época seca (junio). Las variables de frecuencia y vigor fueron medidas mediante el método de transectos al paso, y la cobertura, densidad, rendimiento de materia seca y de semilla fueron medidas con el método del metro cuadrado tomando para las muestras 0,25 m<sup>2</sup>. En la composición botánica se observó que la zona de Tiwanacu tuvo 16 especies, el Aeropuerto 13 especies y Choquenaira 8 especies. La especie predominante en las tres zonas fue la *Festuca dolichophylla*. Para los parámetros de vigor se optó por tomar especies que sobrepasen en 5% de frecuencia dentro del pastizal natural destacándose especies como *Festuca dolichophylla*, *Muhlenbergia Fastigiata*, *Hordeum muticum* y *Stipa mucronata*. La cobertura y densidad, muestra la presencia de las especies en relativa cantidad, en estas se destacaron *Festuca dolichophylla* y *Stipa mucronata* en Tiwanacu y el Aeropuerto, mientras que en Choquenaira se destacaron *Festuca dolichophylla*, *Muhlenbergia Fastigiata* y *Hordeum muticum*. La calidad de los pastizales según la presencia de especies deseables en la época húmeda fue de Buena en Tiwanacu y Choquenaira, en el Aeropuerto fue pobre, y por la densidad de forrajes fue buena para Choquenaira, regular para Tiwanacu y el Aeropuerto. En la época seca según la densidad de las especies fue pobre para las tres localidades, y según la presencia de especies deseables fue buena para Choquenaira y regular para Tiwanacu y el Aeropuerto. El rendimiento de materia seca mostró diferencia dentro de las dos épocas de estudio en cada zona, debido a que muchas de las plantas se secan o mueren para la época seca. La capacidad de carga animal fue buena en las tres zonas destacándose la época húmeda donde se tiene una mayor capacidad de carga.

## SUMMARY

The present investigation work was carried out between the months of February and June of 2006, with the objectives of evaluating the pastizal type, frequency of species, vigour, covering, density, yield of dry matter, capacity of load animal, of native prairies, of three areas of the north highland, with 26 years of closing (Museum of Tiwanacu), 15 years of closing (International Airport of The High one), and a year of closing (Experimental Station of Choquenaira); one carries out the study, so much in the humid time (February to March) and dry time (June). The variables of frequency and vigour were measured by means of the transectos method to the step, and the covering, density, yield of dry matter and of seed they were measured with the method of the square meter taking for the samples 0,25 m<sup>2</sup>. In the botanical composition one observes that the area of Tiwanacu had 16 species, the Airport 13 species and Choquenaira 8 species. The predominant species in the three areas was the *Festuca dolichophylla*. For the parameters of vigour you opts to take species that surpass in 5% of frequency inside the natural pastizal standing out species like *Festuca dolichophylla*, *Muhlenbergia Fastigiata*, *Hordeum muticum* and *Stipa mucronata*. The covering and density, show the presence of the species in relative quantity, in these *Festuca dolichophylla* and *Stipa mucronata* stood out in Tiwanacu and the Airport, while in Choquenaira *Festuca dolichophylla* stood out, *Muhlenbergia Fastigiata* and *Hordeum muticum*. The quality of the pastizales according to the presence of desirable species in the humid time was of Good in Tiwanacu and Choquenaira, in the Airport it was poor, and for the density of forages it was good for Choquenaira, to regulate for Tiwanacu and the Airport. In the dry time according to the density of the species was poor for the three towns, and according to the presence of desirable species it was good for Choquenaira and to regulate for Tiwanacu and the Airport. The yield of dry matter showed difference inside the two study times in each area, because many of the plants dry off or they die for the dry time. The capacity of load animal was good in the three areas standing out the humid time where one has a bigger load capacity.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Altiplano Norte con una superficie de 40.689 km<sup>2</sup>, es una de las zonas con mayor producción ganadera de todo el Altiplano Boliviano. La alimentación de los animales depende en gran parte de los pastizales naturales.

Pero para especies como la llama, alpaca, incluyendo a los ovinos criollos, el forraje de las praderas naturales constituye el 100 % de la fuente de alimentación, y en menor porcentaje para el ganado vacuno de altura.

La mayoría de las praderas nativas están sobre pastoreadas, debido al manejo irracional, y la alta capacidad de carga animal que sostiene.

Una alternativa para mejorar la producción de la pradera natural, es mediante la clausura por un determinado tiempo. Este diferimiento permite la recuperación de aquellas plantas forrajeras palatables y deseables para el animal.

El pastoreo continuo del mismo sitio de la pradera ocasiona daños irreversibles, por que los animales especialmente introducidos tienen un bajo índice de similitud, es decir seleccionan los mismos pastos hasta su desaparición.

Las praderas con mayor tiempo de clausura deberían tener un rendimiento superior de materia seca y composición florística riquísima, comparado con aquellas praderas de uso permanente.

Se plantea la necesidad de explorar la regeneración natural que existe en praderas en clausura para fines consiguientes de un manejo racional, aprovechando el tiempo de diferimiento obligado que tienen las praderas naturales a cargo de Instituciones.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

- Evaluar el potencial forrajero del pastizal natural en tres diferentes zonas del altiplano y con diferentes periodos de clausura.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar el tipo de pastizal nativo de las localidades del Museo de Tiwanacu, Aeropuerto Internacional de El Alto, y la Estación Experimental de Choquenaira.
- Evaluar el rendimiento de materia seca de las especies forrajeras más dominantes.
- Evaluar la composición botánica, la cobertura vegetal, el vigor y la densidad de los forrajes, para identificar la condición del pastizal natural en las tres localidades.
- Conocer la capacidad de carga del pastizal natural en las tres localidades.
- Evaluar el rendimiento de semilla para las especies forrajeras dominantes.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1. Concepto de Pastizal Natural

Se considera como pastizal natural a todas las tierras no cultivadas, incluyendo los pastizales naturales, pero también las sabanas, los campos bajos y húmedos, dominados por gramíneas y plantas semejantes, adecuadas para el pastoreo, así como ciertas comunidades de arbustos, hierbas y chaparrales (Berlijn, 1997).

Las praderas nativas se presentan distribuidas en la zona andina de Bolivia con marcadas diferencias en sus componentes vegetales en respuesta a variaciones de altitud, de manejo, de suelos, de topografía y de clima (Alzérreca, 1992).

#### 2.1.1. Los pastizales en Sur América

En Sur América, los pastizales son muy variables, en cuanto a productividad, uso y altura sobre el nivel del mar (Tapia, 1979) y gran parte de ellos están degradados. Se pueden diferenciar zonas como la "catinga" en el Brasil, provincias del monte en el norte argentino, la provincia del desierto en la costa del Pacífico a partir del grado 5 sur, la zona patagónica del sur de Argentina y Chile y las provincias andinas prepuneña, puneña y alto-andina de Ecuador, Perú y Bolivia, de acuerdo a la clasificación fito-geográfica de Cabrera (1973). Incluso la región andina presenta una alta variabilidad en cuanto a su producción, como se puede ver en el Cuadro 1 de Cardozo (1974). Todos estos datos han sido citados por Tapia y Flores (1984).

**Cuadro 1.** Producción estimada de los pastizales en la región de Andes Altos, con rumiantes domésticos (Cardozo, 1974).

País	Peso vivo T.M./miles	Superficie Estimada Ha./millones	Peso vivo Kg./Ha.	Producción Económica US\$/Km <sup>2</sup>
Chile	6,3	3,5	1,8	6,60
Argentina	26,7	12,8	2,1	10,69
Bolivia	315,7	10,5	30,0	192,30
Perú	144,0	24,0	60,1	558,13
Colombia	988,5	9,1	108,5	1.484,51
Ecuador	311,8	2,8	109,7	2.225,39

### 2.1.2. Superficie de la pradera en Bolivia.

En cuanto a la superficie de los CANAPAS (campos Nativos de Pastoreo) y su clasificación a nivel macro, no existe acuerdo entre autores y se reportan diferencias considerables, especialmente en cuanto a superficies. Así el ZONIZIC (1998) cita a diferentes fuentes como, el Ministerio de Agricultura (1972) que indica una extensión de 414.868 km<sup>2</sup>, Namur *et al.* (1984) señalan que estos ecosistemas abarcarían 338.307 km<sup>2</sup>, Cochrane (1973), a diferencia de los anteriores, afirma que los CANAPAS comprenderían un 63 % del territorio nacional con 693.910 km<sup>2</sup>. coincidente con este dato reportado por Alzérreca (1983) que estima la superficie de las praderas en 671.344 (61 %).

**Cuadro 2.** Superficie de praderas pasturadas y cultivos anuales forrajeros en Bolivia en km<sup>2</sup> Alzérreca (1990).

<b>ALTITUD m.s.n.m.</b>	<b>CANAPAS*</b>	<b>PASTURAS</b>	<b>CULTIVOS ANUALES</b>
<b>&gt; DE 3.000</b>	201.924	.....	.....
<b>&lt; DE 3.000</b>	505.257	.....	.....
<b>TOTAL</b>	707.181	2.817	9.195
<b>% DE SUP. DEL PAIS</b>	64.4	0.002	0.008

\*CANAPAS = Campos Nativos de Pastoreo.

### 2.2. Características generales del altiplano

Es una meseta endorreica, ubicada entre el complejo volcánico y la cadena montañosa, al occidente y oriente respectivamente. Por el Norte esta limitado por la frontera peruana y por el sur se extiende hasta las cabeceras de la cuenca del salar de Uyuni. Tiene una altura promedio de 3700 m.s.n.m. con una superficie aproximada de 130.000 km<sup>2</sup>, una temperatura media anual de 10 °C y una densidad poblacional de 9 habitantes/km<sup>2</sup>. políticamente, comprende el sector occidental de los departamentos de La Paz, Potosí y casi la integridad del departamento de Oruro (ZONIZIC, 1998).

En el sector norte todos los ríos fluyen hacia el lago Titicaca, constituyéndose como la zona agrícola más importante. El sector Central corresponde al Lago Poopo y al Sur

está la zona más árida del país, donde se encuentran las cuencas evaporíticas de los salares de Coipasa y Uyuni, que están siendo contaminadas por los afluentes provenientes de la industria minera, localizada en ese sector (ZONIZIC, 1998).

### **2.2.1. Altiplano Norte**

Comprende la parte del territorio, que esta bajo la influencia del Lago Titicaca. Es más conocida como zona agrícola, la ganadería es solo complementaria y relegada a áreas marginales para la actividad agrícola (IIDMA, 1986).

### **2.2.2. Cuenca del lago Titicaca**

Según Montes de Oca (1997). La cuenca del lago Titicaca tiene las siguientes características:

Cuenca vertiente	56.700 km <sup>2</sup>
Superficie media (lago)	8.400 km <sup>2</sup>
Cota media del lago	3.810 m.
Volumen medio	930 km <sup>3</sup>

La cuenca del lago Titicaca abarca tres sub cuencas:

- Suches, cerca de la frontera con el Perú, con el caudal de aporte más importante, aunque con un valle estrecho donde existe una agricultura restringida.
- Achacachi, que recoge gran parte de las aguas que bajan de la cordillera Real, llegan a la cuenca de Peñas y continúan hacia Achacachi por el Río Keka. La amplia pampa de Peñas presenta excelentes condiciones para la agricultura, aunque en épocas de lluvia puede inundarse por el exceso del nivel freático de las aguas subterráneas que llega hasta la superficie.
- Catari, recoge las aguas de El Alto, Viacha, Comanche, alturas de Tiwanacu y Guaqui. Es la subcuenca más extensa en superficie que aporte al lago, localmente él río Tiwanacu rodeado por las altas serranías, forma una unidad local más pequeña en el contexto general de la subcuenca de Catari.

### **2.2.3. Producción agrícola en el Altiplano Norte**

Según Montes de Oca (1997), las condiciones ecológicas han permitido, un desarrollo agropecuario y económico aceptable de esta zona fría de Bolivia. Sin embargo, existe una migración campo-ciudad que a frenado un mejor desarrollo. La producción es netamente primaria sin acceder a los procesos de transformación. La biota es pobre y limitada por los caracteres de temperatura y humedad. En la producción agrícola se destacan los cultivos de papa, maíz de altura, habas, tarwi, trigo pelado, cebada para grano, quinua, cañahua y pastos.

La producción agrícola del altiplano norte que tuvo el siguiente comportamiento en promedio entre 1985 a 1995.

Cereales. Superficie promedio de 17 a 18.000 Ha. y una producción de 13 a 15.000 T.M. por año.

Forrajes. Superficie promedio de 30.000 Ha. y una producción de 85.000 T.M. por año.

Hortalizas. Superficie promedio de 4 a 5.000 Ha. y una producción de 7.000 T.M. por año.

Tubérculos. Superficie promedio de 15 a 16.000 Ha. y una producción de 80 a 85.000 T.M. por año.

### **2.3. Clasificación de Pastos naturales o Pastizales.**

Son áreas cubiertas por una vegetación herbácea, predominantemente de gramíneas, ciperáceas y rosáceas y que varían en su composición fundamentalmente de acuerdo a la humedad del suelo, exposición y características edafológicas como textura y contenido de materia orgánica (Tapia y Flores, 1984).

Tapia (1975) al referirse a los pastizales del altiplano, propone la siguiente clasificación.

- A. Pastizales chilliwa
- B. Pastizales de "crespillo"
- C. Pastizales de ichu
- D. Pastizales de iro-ichu
- E. Pastizales de tisña

- F. Césped de puna
- G. Oqhonales
- H. Bosquecillos de qewña
- I. Pastizales invadidos.

Esta clasificación se sugiere la presencia de una especie dominante o “especie clave” que está muy relacionada a las características del suelo y así directamente a la producción de biomasa y capacidad de carga (Tapia y Flores, 1984).

#### **A. Pastizales chilliwa**

Son pastizales generalmente de zonas planas con suelos profundos y con la predominancia de especies como *Festuca dolichophylla* (chilliwa o chilwa); la “grama” o chiji (*Muhlenbergia fastigiata*) y otras especies menores como *Hypochoeris taraxacoides*, (pilli). La presencia de gramíneas altas como la chilliwa, crea un área sombreada que permite el desarrollo de un trébol nativo que prospera en las planicies (*trifolium amabile*), mientras que el *Trifolium peruvianum* de flores algo rosadas, crece en las laderas de suelos pedregosos con pH 5,6 a 8,8. Acompañan a estas especies como especies secundarias la ciperácea *Carex equadorica* y la rosácea Alchemilla pinnata que son muy palatables y apetitosas por el ganado ovino (Tapia y Flores, 1984).

La biomasa producida por esta vegetación sería de 5 a 6 T.M. de materia seca por temporada. Si solo el 50% de esta vegetación se utilizará como forraje, se puede estimar que la carga potencial máxima de este pastizal podría ser de 8 a 10 U.O. por hectárea/año, (Tapia y Flores, 1984).

#### **B. Pastizales de “crespillo”**

También ocupan áreas planas, pero de suelos delgados y con una capa generalmente endurecida que le confiere malas condiciones de drenaje. El término “crespillo” o “porke” se da a varias especies de género *Calamagrostis*, entre las que destaca el *C. vicunarum* y su nombre se refiere al hecho que las hojas basales se enroscan conforme avanza la época seca (Tapia y Flores, 1984).

La producción de biomasa es menor que la del anterior pastizal y se estima que podrá variar entre 3 y 4 T.M./Ha./año, pero que el porcentaje que se puede utilizar como forraje es menor. La carga potencial máxima de estos pastizales, considerados de segunda calidad, no es mayor de 4 a 5 U.O. por Ha./año, (Tapia y Flores, 1984).

### **C. Pastizales de Ichu**

Son vegetaciones distribuidas en diferentes pisos térmicos desde los 3.500 hasta los 4.000 m.s.n.m., cubriendo planicies y laderas, en áreas de condiciones xerofíticas y de suelos delgados. La especie dominante es la *Stipa ichu* que tiene un corto periodo de rebrote, permaneciendo seca la mayor parte del año. Algunas especies que acompañan al ichu en las laderas son *Asistida enodis* y en forma menos frecuente *Hypochoeris taraxacoides* (Tapia y Flores, 1984).

Estos pastizales son de muy baja capacidad de carga a pesar de que aparentemente muestran una buena biomasa. Se considera que la carga máxima sería de 1 U.O. Ha./año, pero que quizás las llamas utilizaran mejor estos pastizales (Tapia y Flores, 1984).

### **D. Pastizales de Iru Ichu**

Las especie dominante es la *Festuca orthophylla* que se reconoce fácilmente, pues al madurar se lignifica y endurece de manera que las hojas son punzantes y pueden dañar el hocico de los animales tiernos. Esta gramínea cespitosa forma matas que al envejecerse producen formas anulares o semianulares, distantes entre sí y dejando amplias zonas desnudas. Esta vegetación se desarrolla en suelos arenosos a las orillas de los ríos en el altiplano y en planicies sobre los 4.000 m.s.n.m.. (Tapia y Flores, 1984).

Debido a la baja cobertura que ofrece, la biomasa producida también es menor que en los otros pastizales y el forraje producido anualmente, muy escasamente alimentaría 0,6 U.O. Ha./año, (Tapia y Flores, 1984).

### **E. Pastizales de Tisña**

Es un pastizal de laderas, dominado por una especie que recibe el nombre de tisña (*Stipa obtusa*) y que al madurar presenta inflorescencias algo oscuras. Crece en suelos pedregosos y se asocia en forma indistinta con *Stipa ichu* o *Festuca dichoclada*, formando una vegetación alta y que puede confundir al estimar su capacidad de carga (Tapia y Flores, 1984).

Es un pastizal muy apetecido por las llamas, los vacunos y en menor grado por los ovinos. Su capacidad de carga es baja (< 1 U.O. Ha./año) a pesar de que su rendimiento de biomasa pueda parecer alto (Tapia y Flores, 1984).

### **F. Césped de Puna**

Es probablemente la vegetación más extensa y también la más variable. Entre los pastos más frecuentes se puede mencionar *Scirpus rigidus*, *Alchemilla erodiifolia*, así como las gramíneas altas *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis vicunarum*, *Nasella pudiflora*. La gran diferencia con las otras asociaciones es la riqueza y variedad de especies cortas y que suministran recurso forrajero. Weberbauer (1945) menciona que entre las formaciones alto andinas, ésta contiene probablemente el mayor número de especies y que se caracteriza por ocupar terrenos más o menos planos de suelos pedregosos y sólo medianamente húmedos (Tapia y Flores, 1984).

Se puede afirmar que estos pastizales son los que mantiene la población de camélidos (alpacas y llamas) y que la capacidad de carga puede variar entre 0,55 a 1,7 unidades alpaca Ha./año, (Tapia y Flores, 1984).

### **G. Oqhonaes**

Son pequeñas asociaciones localizadas en las zonas altas y que tienen un buen suministro de agua durante todo el año. La composición vegetal puede variar entre aquellas en que la especie dominante es la *Distichia muscoides* en áreas muy reducidas; o las vegetaciones de zonas húmedas más extendidas en donde la especie dominante es

*Liliaeopsis andina*, una umbelífera que adopta un porte erecto cuando se encuentra sumergida en aguas estancadas y que se mantiene postrada cuando está fuera de ellas. Antezana (1972), indica que *Isoetes lechleri* (qhanqawi) se encuentra en los bofedales sobre los 4.000 m.s.n.m.. Otras especies que se pueden encontrar son *Festuca dolichophylla*, *Gentiana peruviana*, *Calamagrostis sp.*, *Scirpus sp.* (Tapia y Flores, 1984).

La producción de biomasa no es muy alta pero ofrece un alto porcentaje de uso forrajero y un crecimiento bien distribuido durante todo el año, razón por la cual la capacidad de carga es elevada, entre 8 a 12 U.O. Ha./año, (Tapia y Flores, 1984).

#### **H. Bosquecillos de Qewña**

Este arbusto nativo (*polylepis incana*) está ampliamente distribuido en todos los Andes y constituye los únicos bosques naturales de las partes altas, siendo cada vez más reducidos por el pastoreo y uso de su leña.

La vegetación crece debajo de los arbustos no es forrajera significativa y en vez de permitir su pastoreo, deberían considerarse como áreas reservadas (Tapia y Flores, 1984).

#### **I. Pastizales invadidos**

Las vegetaciones que se mencionan a continuación presentan condiciones de retrogresión y por efecto de sobre pastoreo, quema indiscriminada o laboreo excesivo del suelo, se ha modificado sustancialmente la cobertura natural. Después de varios años de cultivo aparecen en los terrenos en descanso las especies anuales: *Aristida enodis*, *Bouteloua simplex*, *Muhlenbergia peruviana*, *Tagetes sp.*, *Capsella bursa pastoris*, *Malvastrum sp.*, etc. (Tapia y Flores, 1984).

En algunos pastizales, la especie *Margiricarpus pinnatus* puede invadir extensas áreas cuando las gramíneas perennes han desaparecido por sobre pastoreo, debido a la presencia de espinas no es utilizada por el ganado. En cambio, los campesinos del altiplano aprovechan ampliamente esta especie como combustible (Tapia y Flores, 1984).

El siguiente cuadro describe los principales pastizales encontrados en la zona andina de Bolivia planteado por Alzérreca (1986).

**Cuadro 3.** Principales tipos de praderas en la zona andina de Bolivia (Alzérreca, 1986)

<b>TIPOS DE PRADERA, GENEROS Y ESPECIES REPRESENTATIVAS</b>	
PROVINCIA DE PASTIZALES DE: TUNDRA NORMAL-ALTOANDINA ESTEPA INTERANDINA-ALTIPLANO ESTEPA TRANSICIONAL TITICACA DESIERTO MUY FRIO DE ALTURA	
1. Bofedales	<i>Distichia muscoides, Oxichlone andina, Plantago tubulosa, Carex spp., Ranunculus spp., Poa spp.,</i>
2. Chillihuales	<i>Juncus spp.</i>
3. Pajonales de iru ichu	<i>Festuca dolichophylla, Lachemilla pinnata, Trifolium amabile.</i>
4. Totorales	<i>Festuca ortophylla, Stipa spp., Calamagrostis spp.</i>
5. Pajonales de Ichu	<i>Parastrephia spp., Baccharis spp., Senecio spp.,</i>
6. Tholar-pajonal	<i>Adesmia spp., Fabiana densa. Stipa ichu, Stipa spp., Erodium cicutarum,</i>
7. Matorrales de Polylepis	<i>Aristida spp. Parastrephia spp., Baccharis spp., Festuca spp.,</i>
8. Pajonales de Kenia	<i>Stipa spp., Nasella spp. Polylepis tomentella, P. tarapacana, Stipa spp.,</i>
9. Gramadales	<i>Festuca spp.</i>
10. Arbustales de Kauchi	<i>Calamagrostis vicunarum, C. curvula, C.</i>
11. Totorales	<i>Heterophylla. Distichlis humilis, Muhlenbergia fastigiata. Suaeda foliosa, Atriplex cristata, Salicornia peruviana, Distichlis humilis. Schenoplectus californicus var. Totora Ruppia filifolia.</i>

#### 2.4. Producción de semilla de plantas forrajeras nativas

Hasta donde se sabe, no se cuenta con programas concretos de producción de semillas de forrajeras, sino esta actividad es efectuada en escala pequeña, como por ejemplo el PAC (Programa de Auto desarrollo Campesino) en Oruro y por algunos ganaderos progresistas. Esta realidad de la falta de semilla suficiente eventualmente podría impedir programas masivos de recuperación de CANAPAS (Alzérreca, 1990).

Por otra parte, el Centro de Investigación en Forrajes (CIF) de la Universidad Mayor de San Simón – Facultad de Agronomía (UMSS-FAC) de Cochabamba a organizado una sección de investigación en CANAPAS y producción de semilla, por lo menos en identificación de especies potencialmente interesantes en los Valles cálidos de Cochabamba (Alzérreca, 1990).

Alzérreca (1990), presenta un listado, muy preliminar circunscrito a la zona altiplanica y alto andina, de lo que considero especies con potencial para trabajos de producción de semillas (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Algunas especies interesantes para producción de semillas Alzérreca (1986).

Grupo de Halófilas	Grupo de las leguminosas	Grupo de las gramíneas semejantes	Grupo de las forbias y
<i>Suaeda foliosa</i>	<i>Lupinus spp.</i>	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Lachemilla pinnata</i>
<i>Baccharis juncea</i>	<i>Trifolium amabile</i>	<i>Poa buchtienii</i>	<i>Hipochroeris taraxacoides</i>
<i>Hordeum muticum</i>	<i>Medicago spp.</i>	<i>Poa asperiflora</i>	<i>Geranium sesiliflorum</i>
<i>Schenoplectus totora</i>	<i>Acacia spp.</i>	<i>Bromus unioloides</i>	
	<i>Prosopis ferox</i>	<i>Bromus lanatus</i>	
	<i>Tipuana tipa</i>	<i>Stipa brachyphylla</i>	
	<i>Prosopis juliflora</i>	<i>Nasella pubiflora</i>	
		<i>Poa horridula</i>	
		<i>Poa condamoana</i>	
		<i>Poa gymnantha.</i>	
		<i>Trisetum spicatum</i>	
		<i>Scirpus rigidus</i>	
		<i>Eleocharis spp.</i>	
		<i>Calamagrostis spp.</i>	

## 2.5. Sucesión de la condición del pastizal

La condición del pastizal natural no es constante. Evaluaciones hechas a intervalos de tiempo muestran casi siempre resultados diferentes. Al respecto, se habla de la sucesión, que es el proceso de desarrollo de la vegetación a través del tiempo. Implica un concepto dinámico, en donde la comunidad de plantas esta en permanente cambio. La sucesión puede ser regresiva, estable o progresiva. Si el pastizal se encuentra en condición excelente y se desplaza hacia una condición buena, habrá regresión. Si se

desplaza de una condición regular a una buena, habrá una sucesión progresiva. Si queda igual, habrá equilibrio (Berlijn, 1997).

## **2.6. Cambios por características de las especies**

Los pastos que se reproducen por semillas pueden dominar el pastizal temprano en el verano. Después del primer corte para la henificación, las especies anuales disminuyen o casi desaparecen. Luego, las especies perennes forman una mayor parte en la composición botánica del pastizal (Berlijn, 1997).

## **2.7. Cambios por condiciones climatológicas**

En general las estaciones del año, pero particularmente las fluctuaciones de las condiciones climatológicas, pueden tener una influencia marcada sobre la composición botánica y condición del pastizal natural. La resistencia de diversas especies a condiciones adversas de clima es diferente (Berlijn, 1997).

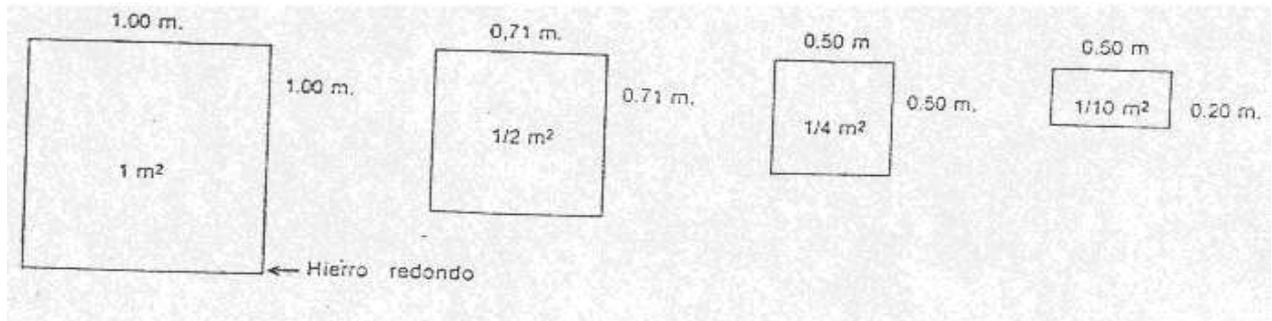
El medio físico, que incluye los factores climatológicos y de suelo, presenta en los Andes y particularmente a partir de los 3.000 m.s.n.m., condiciones que lo diferencian de otras regiones y afectan todos los procesos vitales. Existe una escasez de oxígeno marcada, a la cual tanto los humanos como las plantas y animales se han adaptado a través de los siglos, lo mismo que a los otros factores climáticos como radiación solar, temperatura, precipitación, evaporación, etc. El clima contribuyó en eliminar por selección natural las especies o variedades que no se adaptaron a las condiciones y de la misma forma condiciona la introducción de posibles nuevas especies (Ruiz y Tapia, 1987).

## **2.8. Técnicas de muestreo de pastizales**

### **2.8.1. Cuadro**

Como regla general, el cuadro de 1  $m^2$  o sus submúltiplos, es un instrumento de medición que permite cuantificar todos los parámetros: frecuencia, densidad, cobertura y producción. El metro cuadrado es usualmente para frecuencia y producción, pero tal vez

es muy grande para densidad y cobertura, especialmente en el caso de hierbas y gramíneas. Fácilmente se puede medir erróneamente la cobertura y/o densidad en el metro cuadrado. Los cuadros más pequeños están menos sujetos a errores y permiten tomar mayor número de muestras en menor tiempo. Un cuadro de  $0,25 \text{ m}^2$  (50 cm. x 50 cm.) o menor, es considerado más preciso para densidad y cobertura que un metro cuadrado, especialmente con un gran número de muestras (Huss, 1986).



**Figura 1.** Unidad de muestreo del cuadro (Huss, 1986).

### 2.8.2. Circulo

Ya se ha discutido la ventaja del círculo en las medidas de producción, también los círculos pueden ser usados para determinar frecuencia, densidad y cobertura (Huss, 1986).

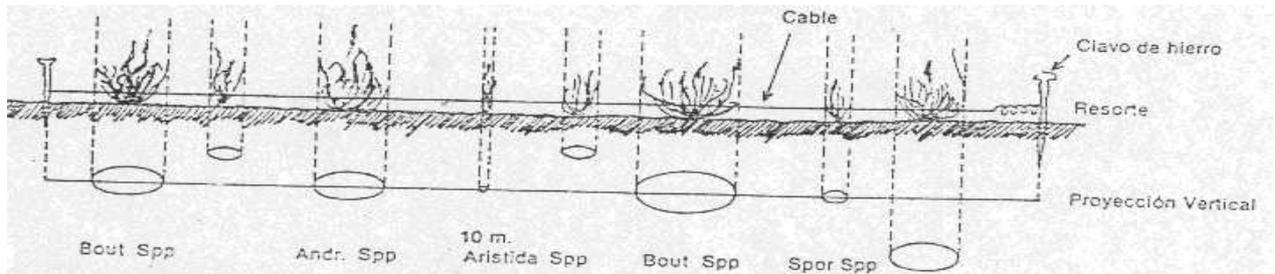
### 2.8.3. Transecto rectangular

El transecto rectangular es como su nombre lo dice una parcela rectangular, de las medidas deseadas. Usualmente es de un metro de ancho y 20 o más metros de largo (Huss, 1986).

### 2.8.4. Transecto en línea

El transecto en línea fue desarrollado por Canfield (1941) y es usado principalmente para determinar el porcentaje de cobertura total o basal. El método consiste en usar una línea (una cinta métrica, un cordón o alambre) para el transecto. La longitud variará de

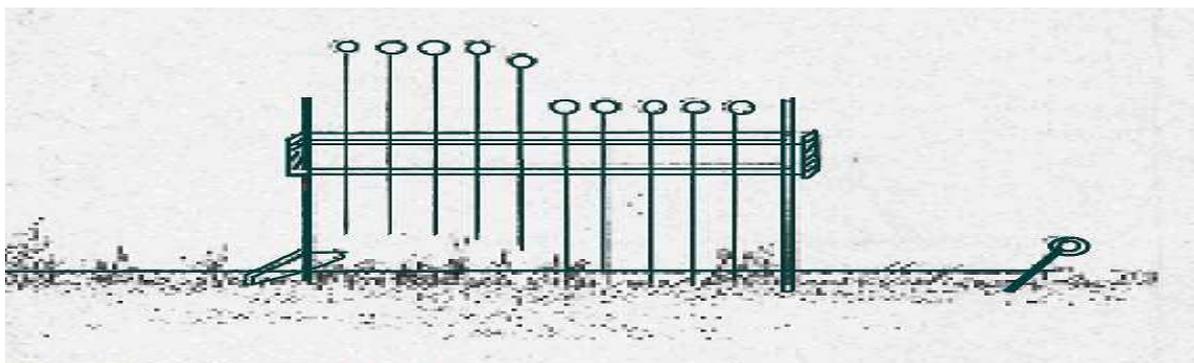
acuerdo a la vegetación que se muestrea y la misma esta en relación con el tiempo que se tarda en tomar todos los registros (Huss, 1986).



**Figura 2.** Línea Transecta (Huss, 1986).

### 2.8.5. Armazón de puntos (Puntos de contacto)

El muestreo por puntos fue revisado críticamente por Goodall (1952) y concluyó que el muestreo de puntos provee datos confiables para analizar diferentes tipos de vegetación. Teóricamente los puntos no tienen dimensión y el muestreo por puntos está basado en este concepto. Actualmente, los puntos usados en el muestreo de vegetación son hechos de agujas de diferentes tamaños y grosores, y aunque todos son puntiagudos, aun tienen cierto grosor (Huss, 1986).



**Figura 3.** Armazón de puntos (Huss, 1986)

### 2.8.6. Punta de pie

El método consiste en ir caminando y anotar las especies que entran en contacto en cada paso o cada cierto número determinado de pasos, haciendo la lectura de la especie

o suelo sin cubierta que quede en contacto con una marca hecha en la punta de zapato (Huss, 1986).

#### **2.8.7. Método de Daubimire**

Un método que ha dado buenos resultados en el estudio de vegetación de praderas abiertas es el Daubemire (1959), que es una combinación de la línea y el cuadro. El instrumento es un marco rectangular de hierro por ejemplo alambre de 4 a 5 mm. de grosor (3/16") con dimensiones interiores de 20 x 50 cm. lo que hace una superficie de 1/10 de metro cuadrado. Este marco se repite a distancias equidistantes sobre una línea fija y se registran datos de frecuencia, densidad y cobertura de acuerdo a una escala numérica propuesta por el autor del método (Huss, 1986).

#### **2.8.8. Cuadrantes centrados en un punto (Punto de Cuadrante)**

Muchos investigadores sostienen que los métodos de muestreo sin parcelas son los más precisos de las técnicas de muestreo. Uno de los métodos sin parcelas es el de cuadrantes en un punto, descrito por Cottam y Curtis (1956). El método consiste en establecer un punto dividido en cuatro cuadrantes en un ángulo de 90 grados, midiéndose las distancias entre la planta más cercana en cada cuadrante (Huss, 1986).

#### **2.8.9. Método de parcela variable**

Este método también es llamado método de Bitterlich y fue revisado por Cooper (1957). Se usa principalmente para determinar la cobertura de especies leñosas (Huss, 1986).

#### **2.8.10. Fotografías aéreas**

Las fotografías aéreas constituyen una ayuda útil para los estudios y análisis de praderas naturales. Son sumamente útiles en la construcción de mapas topográficos y en la clasificación de suelos (Huss, 1986).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

El presente estudio se realizó en tres localidades del Altiplano Norte, con diferentes periodos de clausura, características climáticas, tipo de suelos y distintos niveles de precipitación (Anexo 2A) encontrados en cada localidad. También se describen las principales características de estas localidades.

##### **3.1.1. Características de Tiwanacu**

Geográficamente se halla entre 16° 33' longitud Sur y 68° 40' longitud Oeste con una altitud de 3.840 m.s.n.m., el municipio alcanza una extensión territorial de 640.1 km<sup>2</sup>, la región es beneficiada por la carretera asfaltada entre Río Seco y Desaguadero. Datos de la UAC (1990) citados por Mamani (1994). (Anexo 2B).

##### **3.1.1.1. Fisiografía**

En el municipio de Tiwanacu fisiográficamente el 59,8% de su superficie es llanuras; el 17,7% colinas y el 22,45% corresponde a serranías Datos de la UAC (1990) citados por Mamani (1994).

##### **3.1.1.2. Suelos**

Tiwanacu se halla influenciado por la subcuenca de Guaqui, los suelos tiene una profundidad de capa arable de 10 a 30 cm. presenta una textura franco-arenosa arcillo-limosa y son pobres en materia orgánica entre 1,30 – 2,03 % MO. (Mamani, 1994).

Las características del suelo son las siguientes: textura franco arcillosa, con predominancia de limo 47%, seguido de arcilla 31% y arena 22%. Posee un pH neutro 7,19, por lo tanto es adecuado para los cultivo. El contenido de nitrógeno es de 0,12% que es muy bajo y la materia orgánica es de 2,25%, el cual contribuye también aflojar el suelo y retener agua (Nina, 2006).

### **3.1.1.3. Clima**

Clima semiárido, con invierno seco fijo, con una temperatura media anual de 7,9 °C. la temperatura máxima extrema de 17,6 °C, la temperatura mínima extrema -2 °C., la precipitación anual es de 626 mm./año (PROSUDO 1997, citado por Callisaya 1999).

### **3.1.1.4. Vegetación**

Estaba conformada por: gramíneas, (*Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*, *Muhlenbergia fastigiata*, *Hordeum muticum*), *Poa candamoana*, compositaceas y otros, se presentan malezas como Aliniski (*Erodium moschatum*), Layulayu (*Trifolium amabile*), Mostaza (*Brasita sp.*), Amqaqura (*Senecio vulgare*). (Mamani, 1994).

## **3.1.2. Características del Aeropuerto**

Las instalaciones del Aeropuerto Internacional de El Alto, esta situada entre los 16° 30' 36" de latitud Sur y 68° 10' 52" de longitud Oeste y una altitud de 4.008 m.s.n.m., (SABSA, 2006). (Anexo 2C).

### **3.1.2.1. Fisiografía**

El Alto esta ubicado a 4.000 m.s.n.m., sobre una meseta altiplanica de amplísimo horizonte; sin embargo, de acuerdo a estudios geológicos, la zona presenta riesgos de sismos y deslizamientos de tierras, además de contener en su suelo subterráneo, una serie pequeños ríos que podrían poner en peligro, las construcciones civiles (Sandoval y Sostres, 1989).

### **3.1.2.2. Suelos**

Según Quisbert (2006), el suelo de la zona del aeropuerto es franco arenoso con una capa arable delgada aproximadamente de unos 15 cm., la presencia de materia orgánica demasiado baja, con un pH es ligeramente alcalina de 8 – 9, la densidad de 3,45 gr./cm<sup>3</sup>, presencia baja en fósforo, y presencia de potasio alto.

### **3.1.2.3. Clima**

Su temperatura es marcadamente baja llegando a alcanzar un promedio de 16 °C, con fuertes vientos predominantes del Este con un 67% y del Oeste con 29%, su precipitación anual media alcanza 550 mm. (SABSA, 2006).

### **3.1.2.4. Vegetación**

Según Quisbert (2006), la vegetación predominante de la zona era *Festuca dolichophylla* (chillihua), *Festuca orthophylla* (Paja Brava), entre los más importantes; pero la vegetación actual es más pobre por ser una zona urbana.

### **3.1.3. Características de Choquenaira**

La Estación Experimental de Choquenaira se halla en la provincia Ingavi del departamento de La Paz, situada entre los 16° 42' 08" de latitud Sur y 68° 15' 54" de longitud Oeste y una altitud de 3.958 m.s.n.m. Anexo 2D. (Callisaya, 1995).

#### **3.1.3.1. Fisiografía**

Unzueta (1975) citado por Callisaya (1995), identifica dos paisajes fisiográficos: las serranías, de topografía abierta con pendientes empinadas, valles estrechos en forma de V y ríos intermitentes; y la planicie, con ondulaciones y cauces poco profundos.

#### **3.1.3.2. Suelos**

Callisaya (1994), sostiene que la Estación Experimental de Choquenaira presenta suelos de origen aluvio-coluvial de formación reciente, textura arcilloso a franco areno arcilloso, estructura migajoso, moderado a fina, el pH moderadamente alcalino (>7,6); en el subsuelo varía de moderadamente alcalino a alcalino (>7,6 y >8,1), densidad aparente de 1,16 a 1,32 gr./cm<sup>3</sup>, la porosidad de 50 a 53%, fósforo disponible bajo de 9,65 a 8,38 ppm., potasio intercambiable muy alto de (>0,76 y >1,0 meq./100g).

### **3.1.3.3. Clima**

De acuerdo a la clasificación climática de Holdridge (1982), basada en zonas de vida el Altiplano Central corresponde a estepa montaña templado frío, con una precipitación media anual de 619 mm., y temperaturas entre 6 y 11 °C.

### **3.1.3.4. Vegetación.**

La vegetación nativa de la zona esta constituida por: *Festuca dolichophylla* (chillihua), *Bromus unioloides* (cebadilla), *Scirpus rigidus* (Totorilla), *Hordeum andicola* (Cola de Ratón), *Festuca orthophylla* (Paja Brava), *Distichis umilis* (Chiji Blanco), *Malvastrum* (Kcora), *Lepidophyllum cuadrangulare* (Thola), entre los más importantes. (Callisaya, 1995).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1 Laboratorio**

- Balanza
- Estufa

### **3.2.2. De Campo**

- Cinta métrica
- Bolsas plásticas
- Anillo censador
- Cuadro metálico de 0,25 m<sup>2</sup>

### **3.2.3. De Gabinete**

- Material de escritorio

### 3.3. Métodos

La metodología que se utilizó para este estudio fue la de Transección Al Paso, para medir la frecuencia de las especies y el método del metro cuadrado para medir la cobertura, densidad, materia seca y semilla (Febres, 2001).

#### 3.3.1. Procedimiento Experimental

- a) Se ubicó un lugar representativo de la pradera para delimitar los sitios de estudio.
- b) Se ubicó tres líneas en cada zona para realizar los transectos. En esta secuencia, se confeccionó una relación de las especies forrajeras predominantes y se determina su vigor (altura de la planta en centímetros).
- c) Demarcando un total de 3 Transectos por cada zona de estudio, en una línea recta de 100 pasos dobles, se identifico y registro al azar la especie, el suelo desnudo, presencia de roca, mediante un anillo censador de 2 cm. de diámetro, soldado a una varilla de hierro colocado perpendicularmente al suelo, a medida que iban siendo localizadas en este orificio pequeño cada uno de los componentes de la pradera se tomaron los datos.
- d) Los componentes de la pradera identificados en el momento de realizar los transectos fueron registrados en un formulario experimental (Anexo 1A). Al finalizar el trabajo de campo, se separaron los toques de cada columna, los que deben sumar un total de 100. Para cada especie, se sumaron todas las lecturas de los tres transectos, se dividió el resultado entre tres y se obtuvo, así, el porcentaje existente por especie.
- e) Para la medición del vigor de las plantas solo se tomo a las especies que sobrepasan el 5% de presencia en la frecuencia de las praderas de las tres zonas de estudio haciendo un mayor énfasis *Festuca dolichophylla* y la *Stipa mucronata* por ser dominantes, ya que para calcular el vigor de las especies Febres (2001) recomienda solo tomar a tres especies dominantes de la zona de estudio.

- f) Para la parte de cobertura y densidad de especies se detallan a cada especie encontrada en la zona, siendo esta deseable, poco deseable, o no deseable, roca y suelo desnudo existente en cada medición, estas se representan en porcentajes.
- g) Para el rendimiento de materia seca se tomo en cuenta a las especies de *Festuca dolichophylla* y la *stipa mucronata* por separado, porque estaban presentes continuamente en cada repetición, las otras especies por tener una presencia ocasional solo en determinadas áreas de cada localidad estudiada se tomaron en conjunto. Para obtener este rendimiento de materia seca se utilizo el método del cuadro.
- h) Para el rendimiento de semilla solo se tomaron en cuenta dos especies que son la *Festuca dolichophylla* y la *Stipa mucronata*, estas mediciones se realizaron por el método del cuadrado planteado por Huss 1986, tomando un cuarto de metro cuadrado para cada evaluación.
- i) Las mediciones y los transeptos fueron realizados en dos épocas del año: en la época húmeda mes de Febrero y en la época seca mes de Junio.

### **3.3.2. Análisis estadístico.**

En el estudio se recurrió al análisis básico de las variables (medias, varianza, regresiones, correlaciones), apoyándose en un método informal, basado en la experiencia el sentido común y la intuición del investigador (Matteucci y Colmah 1986 citado por Copa 2001).

Para observar si existe diferencia de las variables que se estudio dentro cada localidad, entre la época húmeda y seca se realizó la prueba de t. Esta es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias (Hernández, *et al.*, 2003).

Según Hernández, *et al.*, (2003), el valor de t se obtiene mediante la formula:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

$\overline{X}$  = media de cada grupo

$s^2$  = varianza de cada grupo

$n$  = tamaño de cada grupo

### 3.3.3. Zonas de estudio, superficie y años de clausura.

En el Cuadro 5 se detalla las tres zonas donde se realizó el estudio del pastizal natural encontrado similitudes en el tipo de pradera como ser los chillihuales encontrados en el Museo de Tiwanacu, el Aeropuerto Internacional de El Alto y la Estación Experimental de Choquenaira ubicados en el Altiplano Norte de La Paz.

**Cuadro 5.** Zonas de estudio, superficie y años de clausura

LOCALIDAD	Museo de Tiwanacu	de Aeropuerto Internacional de El Alto	Estación Experimental de Choquenaira
Superficie	3 Ha.	5 Ha.	3 Ha.
Años de clausura	26 años	15 años	1 año

### 3.3.4. Producción de Biomasa

La biomasa es la materia total vegetal de un lugar determinado, expresado en peso por unidad de área o volumen. La biomasa se determinó como el promedio de la vegetación existente. Las mediciones se realizaron en cuadrantes de 0,25 m<sup>2</sup>. La calibración de este método de medición de biomasa fue mediante un análisis de regresión y correlación entre la cobertura (X) y la biomasa (Y).

La ecuación utilizada para la estimación de producción por especies vegetales, es la que presentamos a continuación.

$$Y = ax + b$$

Donde:

Y = Estimación de la biomasa de la especie en estudio

X = cobertura de la especie en la asociación estimada

b = Factor de corrección

a = intercepto.

### 3.3.5. Calidad del pastizal

Se determino con la evaluación del “índice de densidad de forraje”. Este índice de densidad de forraje es la suma de las especies anotadas como “deseables”, más “poco deseables”, expresado en porcentaje, lo cual se comparo con el Cuadro 6, de clasificación de la vegetación planteado por Tapia y Flores, (1984).

**Cuadro 6.** Calificación de la vegetación según el porcentaje de especies deseables y poco deseables. (Tapia y Flores 1984).

<b>Porcentaje de densidad forrajera</b>	<b>Porcentaje de especies deseables</b>	<b>Calidad del pastizal</b>
Más de 65	Más de 45,0	Muy buena
De 50,1 a 65,0	30,1 a 45,0	Buena
De 35,1 a 50,0	15,1 a 30,0	Regular
De 10,1 a 35,0	5,1 a 15,0	Pobre
Menos de 10,0	Menos de 5,0	Muy pobre

### 3.3.6. Carga animal

La carga animal (CA) planteado por Cuestas, *et al.*, (1995), es el número de animales (bovinos, ovinos, camélidos y asnos) por área de pastoreo de que dispone cada agricultor (CADES, CANAPAS y forraje). El número de animales se expresa en unidades animales (UA) mediante la siguiente expresión:

$$CA = \frac{UA}{AREA} = \frac{UA}{ha}$$

Donde:

CA = carga animal

UA = unidad animal

Área =superficie de pastoreo

Ha. = Hectárea

### 3.3.7. Cantidad de Forraje

De acuerdo a la cantidad de forraje disponible, se realizo un cuadro de las especies vegetales estudiadas, el cual se obtuvo multiplicando la superficie por la producción de biomasa en cada zona de estudio, obteniéndose la producción potencial de biomasa sobre la base de materia seca (MS). La disponibilidad de forraje para el uso ganadero se estimo extractándose el 30% de aprovechamiento, sugerido por CETABOL (1999) y citado por Copa (2001).

### 3.3.8. Clasificación de la Condición de los Pastizales

Esta se realiza teniendo en cuenta que para cada sitio de vegetación, la valoración estará en razón directa a la composición florística que posea, para la cual se determinara la condición del pastizal (Febres, 2001).

Los cuatro índices utilizados para efectuar la clasificación de la condición del pastizal (Anexo 1B) son:

- a) **Composición de especies decrecientes:** es el porcentaje total de especies decrecientes que hay en un sitio para cada especie animal. La importancia de este índice es de primer orden en la clasificación de un pastizal. Dysterhuis (1949) considera que solo es posible llegar al 80% de especies decrecientes en la condición clímax.
- b) **Índice Forrajero:** Para realizar él calculo respectivo se suman los porcentajes de especies decrecientes y acrecentantes que en cada sitio se halla para las especies animales de pastoreo.
- c) **Suelo desnudo y roca:** es el porcentaje de las observaciones del subtipo constituido por suelo desnudo y roca.

- d) **Índice de vigor:** se usa como patrón de medida de la altura de la especie clave, en su condición de máximo desarrollo bajo las mejores condiciones de medio ambiente (Febres, 2001).

### **3.3.9. Variables de Respuesta**

#### **3.3.9.1 Composición botánica**

Las diferentes especies vegetales de cada localidad fueron identificadas mediante claves botánicas e identificación por comparación (Huss, 1986). En el caso de especies desconocidas se recolecto plantas enteras que se llevo al laboratorio de ecología para su posterior identificación de las mismas.

Para conocer el nombre de las especies se recurrió a la recolección de muestras de plantas enteras en la zona de estudio y posterior identificación mediante claves botánicas, y/o por simple comparación, descritas en los libros de Dimitri y Orfila (1985), Tapia y Flores (1984), Berlijn (1997) y Ruiz y Tapia (1997).

#### **3.3.9.2 Cobertura vegetal**

El grado de cobertura que es la relación entre la superficie ocupada por las plantas y la superficie total del pastizal, expresado en porcentaje, fue determinado en espacio de  $0,25 \text{ m}^2$  (Huss, 1986). Para tener una idea numérica comparativa del parámetro cobertura, su valor se estratificó en una escala numérica y de magnitudes como la siguiente:

- 1 = cobertura menor que 5% de la superficie de suelo
  - 2 = cobertura entre 5 y 25% de la superficie de suelo
  - 3 = cobertura entre 25 y 50% de la superficie de suelo
  - 4 = cobertura entre 50 y 75% de la superficie de suelo
  - 5 = cobertura entre 75 y 100% de la superficie de suelo
- (Huss, 1986)

### 3.3.9.3 Frecuencia de especies

Es la relación entre el número de unidades de muestreo es decir 100 por transecto, en las cuales la especie que estuvo presente y el número total de unidades muestreadas, fueron determinadas mediante la formula:

$$F = \text{Numero plantas de una sp} / \text{numero total de sp.} \times 100 \text{ (Huss, 1986).}$$

### 3.3.9.4 Vigor de las plantas

Para el cálculo del vigor se tomo como dato de la altura mayor que se observa con mayor frecuencia en la población (moda), que representa el 100% de vigor, y el promedio de 10 plantas, Febres (2001) que representa el vigor de la localidad expresado en porcentaje ejemplo:

$$0,75 \text{ ----- } 100\%$$

$$0,52 \text{----- } X = \text{vigor expresado en \%}$$

### 3.3.9.5 Densidad de las especies

El número promedio de plantas de una misma especie por metro cuadrado, fue determinado en muestras de  $0.25 \text{ m}^2$ , incluía porcentaje del área no poblada o suelo desnudo. Como densidad es una medida de abundancia, se utilizo un sistema de clasificación con escala numérica para estimarla según Huss (1986), tal como sigue:

1 = 1 a 20 %	= Escaso
2 = 21 a 40 %	= Ocasional
3 = 41 a 60 %	= Poco Frecuente
4 = 61 a 80 %	= Frecuente
5 = 81 a 100 %	= Abundante

### 3.3.9.6 Rendimiento de materia seca

Se tomaron muestras de las especies estudiadas en la época húmeda y seca en espacios de  $0,25 \text{ m}^2$ , en cada localidad de donde se obtuvo el peso promedio de materia verde, después se llevo a laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía y se coloco

las muestras en la estufa por un periodo de 48 horas a una temperatura de 100-105 °C para obtener el rendimiento de materia seca (Huss, 1986).

### 3.3.9.7 Capacidad de Carga Animal

La capacidad de carga (CC) del área de pastoreo se estimó basándose en la disponibilidad de MS utilizable existente en la pradera (Biomasa utilizable total, BUT) y relacionada con el requerimiento diario del animal (CAD), (Costas 1995).

$$CC = \left[ \frac{BUT \left( \frac{kgMS}{ha} \right)}{CAD \left( \frac{kgMS}{cabeza \cdot dia} \right) \circ PP(días)} \right]$$

Donde:

- CC = Capacidad de carga
- BUT = biomasa utilizable total
- CAD = consumo animal diario
- PP = periodo de pastoreo

Para la estimación de Capacidad Carga Animal se tomaron los datos de peso vivo (P.V.), del animal, por especie planteado por Alzérreca (1992) para la zona andina de Bolivia. Y el consumo animal diario (CAD) se tomo al 3% del peso vivo del animal (P.V.) para bovinos (Costas 1995), y el 2% y 2,3% para llamas y ovinos respectivamente (Febres, 2001).

### 3.3.9.8 Rendimiento de semilla

Se tomaron muestras de semilla de la especies de *Festuca dolichophylla* y *Stipa mucronata* en espacios de 0,25 m<sup>2</sup>, por cada localidad de donde se obtuvo el peso promedio de semilla estas especies por su alta presencia dentro de las localidades (Huss, 1986).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados hallados en las tres localidades se analizaron por separado, debido a los distintos periodos de clausura: Museo de Tiwanacu 26 años, el Aeropuerto Internacional de El Alto 15 años y La Estación Experimental de Choquenaira con un año de clausura. Además las tres zonas presentan diferencias en cuanto al tipo de suelo, precipitación pluvial, clima y altitud. También se realizó una comparación al final de los resultados individuales de las localidades en variables como: cantidad de forraje, calidad del pastizal, rendimiento de MS y semilla, producción de biomasa y capacidad de carga.

### 4.1. Zona del Museo de Tiwanacu (26 años de clausura)

#### 4.1.1. Composición Botánica

Las especies encontradas en el Museo de Tiwanacu fueron, las que se presentan en el siguiente Cuadro.

**Cuadro 7.** Nombres comunes, nombres científicos y código de especies presentes en el Museo de Tiwanacu.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CÓDIGO
<b>Deseable</b>		
Chilliwa	<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo
Llachu	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa
Cebadilla	<i>Bromus unioloides</i>	Brun
Sillo sillo	<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi
Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i>	Homu
Totorilla	<i>Scirpus rigidus</i>	Scri
<b>Poco deseable</b>		
Gransa lchu	<i>Stipa mucronata</i>	Stmu
Wira wira	<i>Gnaphallium sp.</i>	Gnsp
Malva	<i>Malva silvestres</i>	Masi
Crespillo	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi
Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i>	Feor
<b>No Deseable</b>		
Loto tetraploide	<i>Lotus pendunculatus</i>	Lope
Tola	<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy
Sunchu	<i>Bocconia pearcei</i>	Bope
Salvia	<i>Salvia horminum</i>	Saho
Diente de León	<i>Taraxacum officinale</i>	Taof

Se puede observar los nombres comunes, nombres científicos y las claves botánicas designadas para una mejor descripción de las mismas y ordenadas según la aceptabilidad de estas por los animales, planteado por Tapia y Flores (1984). Se encontró 16 especies diferentes, de las cuales 6 son deseables, 5 poco deseables y 5 no deseables por los animales.

#### 4.1.2. Frecuencia de la especies

Los resultados de la frecuencia de las especies vegetales fueron expresados en porcentajes, y su presencia dentro de la época húmeda y seca. (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Frecuencias de especies (%), en Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	20,33	24,33
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	6,00	7,33
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	5,00	2,33
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	5,00	2,33
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	6,67	3,33
<i>Scirpus rigidus</i>	Scri	1,67	1,67
<b>Subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>44,67</b>	<b>41,33</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	12,33	13,00
<i>Gnaphallium sp.</i>	Gnsp	1,33	2,33
<i>Malva silvestres</i>	Masi	1,00	2,00
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	4,67	3,67
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	6,67	3,67
<b>Subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>26,00</b>	<b>24,67</b>
<b>No Deseable</b>			
<i>Lotus pendunculatus</i>	Lope	3,33	4,00
<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy	3,00	3,67
<i>Bocconia pearcei</i>	Bope	5,33	5,33
<i>Salvia horminum</i>	Saho	4,67	4,00
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	6,67	6,33
<b>Subtotal</b>	<b>No Des</b>	<b>23,00</b>	<b>23,33</b>
<b>Desnudo</b>	<b>Desn</b>	4,67	6,33
<b>Roca</b>	<b>Roc</b>	1,66	4,33
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

Para la época húmeda se observó que las especies predominantes fueron ***Festuca dolichophylla*** con un **20,33%**, y la ***Stipa mucronata*** con **12,33%**, también se observó que el porcentaje de especies **deseables** fue **44,67%**, **poco deseables 26,00%**, **no deseables de 23,00%**, **suelo desnudo 4,67** y **roca 1,66%**. En un periodo de clausura de 26 años aproximadamente.

En la época seca las especies que tuvieron mayor presencia fueron: ***Festuca dolichophylla*** con **24,33%**, ***Stipa mucronata*** **13,00%**. Pero de acuerdo a la palatabilidad, las plantas **deseable 41,33%**, **poco deseable 24,67%**, **no deseable 23,33%**, **suelo desnudo un 6,33%** y **roca 4,33%**.

Estas diferencias entre las dos épocas del año, en la disminución de especies deseables y poco deseables entre la época húmeda hacia la seca, se dan debido a que muchas de las especies anuales se secan, y que otras especies no deseables cubren el espacio dejado, como también aumenta la parte del suelo desnudo ya que no se cubre la superficie que antes ocupaban por las especies en la época húmeda.

#### **4.1.3. Vigor de las especies**

El vigor de las especies esta en función a la altura de las mismas, tal es el caso de que la ***Festuca dolichophylla***, tuvo una altura promedio de 0,51 m., una altura máxima de 0,75 m. y una mínima de 0,29 m. en época húmeda, y para la época seca se tuvo un promedio de 0,53 m., altura máxima de 0,70 m. y mínima de 0,30 m., esta variación de alturas hace que el vigor varié en la época húmeda y seca, debido a que se va uniformizando el tamaño de las plantas desde la época húmeda hacia la época seca.

El vigor alcanzado de ***Festuca dolichophylla*** en la época húmeda fue de **96,98%**, pero en la época seca su vigor fue de un **76,14%**, debido a que las plantas ya se encontraban secas por el invierno y que muchas de ellas detienen su desarrollo en esta época. La ***Stipa mucronata*** tuvo un vigor de **92,00%** en la época húmeda, pero en la época seca llega a un **95%** de vigor siendo más alta, debido a que la variación de alturas dentro de la población es menor que en la época húmeda, y que la desviación estándar

que existió entre las alturas de las plantas es mucho menor en la época seca a diferencia de húmeda (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Estadísticos de la altura de las especies vegetales (Promedios, desvió estándar, altura máxima, altura mínima, moda), para el vigor (%) en Tiwanacu, en la época húmeda y seca

ESPECIE	ÉPOCA HÚMEDA						ÉPOCA SECA		
	Fedo	Mufa	Brun	Alpi	Homu	Stmu	Fedo	Mufa	Stmu
Promedio de altura (m)	0,514	0,066	0,133	0,039	0,085	0,138	0,533	0,040	0,133
Altura máx. de planta (m)	0,750	0,075	0,160	0,055	0,120	0,180	0,700	0,065	0,180
Altura min. de planta (m)	0,290	0,055	0,100	0,025	0,060	0,090	0,300	0,023	0,080
Desvió (m)	0,146	0,006	0,021	0,008	0,021	0,029	0,141	0,012	0,029
Moda	0,530	0,070	0,160	0,040	0,090	0,150	0,700	0,040	0,140
<b>VIGOR (%)</b>	<b>96,98</b>	<b>94,57</b>	<b>83,13</b>	<b>97,25</b>	<b>94,44</b>	<b>92,00</b>	<b>76,14</b>	<b>98,75</b>	<b>95,00</b>

Fedo= *Festuca dolichophylla*; Mufa = *Muhlenbergia fastigiata*; Brun = *Bromus unioloides*; Alpi = *Alchemilla pinnata*; Homu = *Hordeum muticum*; Stmu = *Stipa mucronata*.

#### 4.1.4. Condición del pastizal

La condición del pastizal en el Museo de Tiwanacu, en base a la puntuación obtenida y dada en el Anexo 1B es la siguiente:

**Cuadro 10.** Condición del pastizal en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca

Parámetro	Puntaje en Época húmeda	Puntaje en Época seca
% especies decrecientes	22,34	20,67
% índice forrajero	14,13	13,20
Suelo desnudo y roca	18,73	18,87
% índice de vigor	9,70	7,61
Condición del pastizal	64,9 Bueno	60,35 Bueno

Como se puede observar en el cuadro anterior la condición del pastizal en el Museo de Tiwanacu, es buena en las dos épocas según la calificación obtenida, de acuerdo a los cuatro índices sugeridos por Febres (2001).

#### 4.1.5. Cobertura de las especies

El grado de cobertura que se observó en el Museo de Tiwanacu se detalla en el Cuadro 11. Cabe hacer notar que no todas las especies se encontraban dentro de las repeticiones hechas en la pradera.

**Cuadro 11.** Cobertura vegetal (%) en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	62,25	49,95
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	4,20	2,10
<i>Bromus unioides</i>	Brun	2,05	- . -
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	1,35	- . -
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	1,00	0,90
<i>Scirpus rigidus</i>	Scri	1,10	- . -
<b>subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>71,95</b>	<b>52,95</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	19,60	15,80
<i>Gnaphallium sp.</i>	Gnsp	0,45	- . -
<i>Malva silvestris</i>	Masi	0,55	- . -
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	0,80	1,10
<i>Festuca ortophylla</i>	Feor	0,65	0,90
<b>subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>22,05</b>	<b>17,80</b>
<b>No deseable</b>			
<i>Lotus pendunculatus</i>	Lope	0,50	- . -
<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy	0,55	- . -
<i>Bocconia pearcei</i>	Bope	0,95	- . -
<i>Salvia horminum</i>	Saho	0,65	0,85
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	2,05	3,15
<b>subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>4,70</b>	<b>4,00</b>
<b>Desnudo y Roca</b>	<b>Desno</b>	<b>1,30</b>	<b>25,25</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

Para la época húmeda, la especie con mayor grado de cobertura fue *Festuca dolichophylla*, con **62,25%**, según la clasificación de Huss (1986) alcanza un **grado 4**; seguida de la *Stipa mucronata* **19,60%** que alcanzó el **grado 2** en cobertura, las demás especies encontradas, se encuentra en el grado 1; es decir que el área cubierta por estas

no pasa al 5% de la superficie en estudio. El **suelo desnudo y roca** solo alcanzo a un **1,30%**.

En época seca la cobertura fue de **49,95%** para *Festuca dolichophylla*, que alcanzo solo el grado 3 debido a que parte de la planta esta seca y no logra cubrir mucha superficie del suelo, esta parte generalmente son los extremos de la planta, y que solo se concentra en la parte central la mayoría de sus hojas. La *Stipa mucronata*, con **15,80%** y un grado 2, la otras especies que llegan solo al grado 1 debido a que su presencia es demasiado baja en la zonas de estudio. El **suelo desnudo y roca** fue de **25,25%** esto debido a que la mayoría de las plantas se encontraban secas.

Se notó con claridad que existe un considerable aumento de suelo desnudo y roca de 1,30% en época húmeda, a un 25,25% en época seca, esto se puede deber a que muchas de las especies se secan y no cubren la superficie que cubrían anteriormente.

También se pudo notar que la cobertura en la época húmeda de las especies **deseables** fue de **71,95%** llegando a un grado 4, y en la época seca pese a su baja a un **52,95%** se mantuvo su grado de clasificación.

**Cuadro 12.** Prueba de **t**, para la Cobertura en el Museo de Tiwanacu

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	38	3,739	1,684
<i>Stipa mucronata</i>	38	1,766	1,684

Como se puede observar en el cálculo de la prueba de **t**, el valor de **t** calculado es mayor al tabulado, entonces se dice que la variación de cobertura entre las dos épocas donde se tomo los datos tiene una variación significativa, principalmente en estas especies estudiadas. En el caso particular de la *Festuca dolichophylla* existe una disminución del 62,25% en la época húmeda, a un 49,95% en la época seca, disminuyendo su cobertura para esta época en un 12,30%.

#### 4.1.6. Densidad de las especies

Para la densidad en la época húmeda se obtuvieron los siguientes resultados detallados en el Cuadro 13.

**Cuadro 13.** Densidad (%) en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	28,40	21,75
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	1,95	0,90
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	1,05	- . -
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	0,65	- . -
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	0,55	0,45
<i>Scirpus rigidus</i>	Scri	0,60	- . -
<b>subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>33,90</b>	<b>23,10</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	8,65	7,30
<i>Gnaphallium sp.</i>	Gnsp	0,35	- . -
<i>Malva silvestres</i>	Masi	0,45	- . -
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	0,50	0,65
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	0,50	0,50
<b>subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>10,45</b>	<b>8,45</b>
<b>No deseable</b>			
<i>Lotus pendunculatus</i>	Lope	0,40	- . -
<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy	0,50	- . -
<i>Bocconia pearcei</i>	Bope	0,55	- . -
<i>Salvia horminum</i>	Saho	0,40	0,45
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	0,95	1,30
<b>subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>2,80</b>	<b>1,75</b>
<b>Desnudo y roca</b>	<b>Desro</b>	<b>52,85</b>	<b>66,70</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

El porcentaje de densidad, en la época húmeda para *Festuca dolichophylla*, fue de **28,4%** ubicándose en la clasificación de Huss (1986), el grado de densidad del **grado poco ocasional**, la *Stipa mucronata* con **8,65%** llegó al **grado escaso**, las otras especies presentes dentro el pastizal alcanzaron solo al **1%** de presencia, con un **grado escaso**. En este parámetro de densidad se puede observar que el porcentaje de **suelo**

**desnudo o roca** aumenta considerablemente llegando hasta un **52,85%**, debido a que se corto la parte aérea de las plantas dejando una mayor cantidad de suelo desnudo.

En la época seca en Tiwanacu la *Festuca dolichophylla* tuvo un densidad de **21,75%**, grado **ocasional**, dentro de este tipo también se encuentra la *Stipa mucronata* con **7,30%** de presencia dentro del pastizal, el **suelo desnudo y roca** alcanzo un número superior llegando **66,70%** debido a que la mayoría de las plantas se encuentran secas y dejan una mayor área descubierta.

**Cuadro 14.** Prueba de **t**, para la Densidad en el Museo de Tiwanacu

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	38	4,564	1,684
<i>Stipa mucronata</i>	38	1,474	1,684

De la misma forma que la cobertura, la densidad muestra variación significativa para la *Festuca dolichophylla* entre las dos épocas del año en su medición ya que su densidad baja de 28,40% en la época húmeda, a un 21,75% para la época seca, disminuyendo un 6,65. Para el caso de la *Stipa mucronata* el valor de t calculado es menor al valor de t tabulado, indicando que no existe diferencia significativas en el grado de densidad para las dos épocas.

#### 4.1.7. Calidad del Pastizal

La clasificación de la calidad pastizal en el Museo de Tiwanacu, se realizo según la calificación planteada por Tapia y Flores (1984), que se muestran en el Cuadro 6.

En la época húmeda según el **porcentaje de densidad forrajera** (Cuadro 15), es decir la suma de especies deseables y poco deseables se obtuvo una clasificación de **regular** para la zona de **Tiwanacu**; esto por el crecimiento de las especies de manera natural en la zona. Según la presencia las especies deseables, la calidad del pastizal es **buena** en la zona, por el porcentaje de presencia de estas especies.

La calidad del pastizal según el porcentaje de densidad forrajera en la época seca fue de **Pobre**, esto puede deberse a que él frió seca la mayor parte de las plantas y que

no existe disponibilidad de especies deseables y poco deseables para el animal, como también el pisoteo que sufrió la zona de estudio. Según la presencia de especies deseables la calidad del pastizal fue de **regular** en la época seca.

**Cuadro 15.** Calidad del pastizal en el Museo de Tiwanacu, para la época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especies según su Palatabilidad	Porcentaje de densidad	Calidad del Pastizal según la densidad forrajera	Calidad del pastizal según especies deseables
HÚMEDA	Deseable	33,90	Regular	Buena
	Poco deseable	10,45		
	<b>TOTAL</b>	<b>44,35</b>		
SECA	Deseable	23,10	Pobre	Regular
	Poco deseable	8,45		
	<b>TOTAL</b>	<b>31,55</b>		

#### 4.1.8. Rendimiento de materia seca

Para el rendimiento de materia seca se tomó en cuenta a dos especies por separado, que son la *Festuca dolichophylla* y *Stipa mucronata*, estas fueron recolectadas en bolsas por separado y tomado su peso para luego ser llevadas a laboratorio, esto debido a su gran presencia dentro del pastizal natural; mientras las otras especies deseables y no deseables se recolecto en conjunto debido a la poca presencia en las repeticiones, de las mismas.

Los rendimientos de materia seca en la época húmeda de *Festuca dolichophylla* fue de **2182,72 Kg MS/Ha.** debido a las buenas condiciones de humedad y al largo periodo de clausura 26 años aproximadamente. La *Stipa mucronata* tuvo un rendimiento de **538,59 Kg MS/Ha.**, y las otras especies agrupadas tuvieron un rendimiento de **99,48 Kg MS/Ha.**

En la época seca los rendimientos bajaron debido a que parte de la planta ya estaban secas, el rendimiento de la *Festuca dolichophylla* fue de **1197,90 Kg. MS/Ha.**, la *Stipa mucronata* tuvo un rendimiento de **347,61 Kg. MS/Ha.**, y las otras especies agrupadas tuvieron un rendimiento de **43,57 Kg. MS/Ha.**

Como se observa en el Cuadro 16, el mayor rendimiento de materia seca disponible para el animal se dio en la época húmeda, ya que en la época seca la planta se marchita y/o seca, perdiendo gran cantidad de humedad y peso las misma.

**Cuadro 16.** Rendimiento de materia seca de forrajes nativos en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	ESPECIE	Materia Seca Kg./Ha.
<b>HÚMEDA</b>	<i>Festuca dolichophylla</i>	2182,72
	<i>Stipa mucronata</i>	538,59
	Otras	99,48
	<b>TOTAL</b>	<b>2820,79</b>
<b>SECA</b>	<i>Festuca dolichophylla</i>	1197,90
	<i>Stipa mucronata</i>	327,61
	Otras	43,57
	<b>TOTAL</b>	<b>1569,08</b>

**Cuadro 17.** Prueba de t, para el total de Materia Seca en el Museo de Tiwanacu.

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	6	2,678	1,943
<i>Stipa mucronata</i>	6	2,194	1,943
Otras	6	3,294	1,943

El rendimiento de materia seca presenta diferencias significativas en las dos épocas del año, como se observa el cuadro anterior la t calculado es mayor a la t tabulado. El rendimiento de materia seca baja de la producción obtenida en la época húmeda de un 2820,79 kg.MS/Ha., a un 1569,08 kg.MS/Ha., la época seca disminuyendo así su rendimiento en aproximadamente un 1251,71 kg.MS/Ha., para la época seca.

#### 4.1.9. Producción estimada de Biomasa

El criterio básico para la elección de las especies, fueron la dominancia y la presencia de las mismas dentro la zona de estudio.

El Cuadro 18 muestra que existe una relación estrecha entre la variables de cobertura y rendimiento de materia seca (producción), como ejemplo tenemos un coeficiente de correlación de la especie de *Festuca dolichophylla* en Tiwanacu para la

época húmeda de 0,88, la cual indica un alto grado de asociación. En cuanto al coeficiente de regresión indica que por cada una unidad de cobertura, en promedio se produce un aumento de 93,53 unidades de rendimiento.

**Cuadro 18.** Ecuaciones de estimación de biomasa, para las especies encontradas en el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	ESPECIE VEGETAL	ECUACIÓN ESTIMADA	R
HÚMEDA	<i>Festuca dolichophylla</i>	$Y = 93,53 X - 2563,82$	0,88
	<i>Stipa mucronata</i>	$Y = 47,09 X - 520,94$	0,99
	Otras	$Y = 13,35 X - 77,43$	0,93
SECA	<i>Festuca dolichophylla</i>	$Y = 44,83 X - 819,49$	0,97
	<i>Stipa mucronata</i>	$Y = 44,40 X - 227,43$	0,95
	Otras	$Y = 4,46 X - 6,62$	0,99

R = Coeficiente De correlación

#### 4.1.10. Cantidad de forraje

El cuadro 19, indica la disponibilidad de forraje presente en el Museo de Tiwanacu.

**Cuadro 19.** Disponibilidad de forraje en el Museo de Tiwanacu por especie vegetal, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie vegetal	Cobertura Vegetal	Superficie Estudiada	Producción de Biomasa Kg. MS/Ha.	Producción de Biomasa Estimada Kg. MS/sup. <sup>2</sup>	Forraje Disponible Estimada Kg. MS/sup. <sup>3</sup>
HÚMEDA	Fedo	62,25	3	3258,42	9775,27	2932,58
	Stmu	19,60	3	402,02	1206,06	361,81
	Otras	11,50	3	76,10	228,28	68,48
	<b>Total</b>	<b>93,35</b>	<b>3</b>	<b>3736,54</b>	<b>11209,62</b>	<b>3362,87</b>
SECA	Fedo	49,95	3	1419,77	4259,31	1277,79
	Stmu	15,80	3	474,09	1422,27	426,68
	Otras	4,10	3	11,67	35,00	10,50
	<b>Total</b>	<b>69,85</b>	<b>3</b>	<b>1905,53</b>	<b>5716,58</b>	<b>1714,97</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

Los resultados muestran que existen valores aceptables en cuanto a los rendimientos de biomasa por hectárea. Por ejemplo *Festuca dolichophylla* en la época

<sup>2</sup> Producción de biomasa multiplica por el total de superficie estudiada

<sup>3</sup> forraje disponible para el animal se tomo el 30% de la producción de biomasa

húmeda, alcanzó un rendimiento de **3258,42 Kg. MS/Ha.** La *Stipa mucronata* **402,02 Kg. MS/Ha.**, y las otras especies agrupadas entre deseables y poco deseables llegaron a **76,10 Kg. MS/Ha.**

En la época seca los rendimientos fueron de la *Festuca dolichophylla* **1419,77 Kg. MS/Ha.** La *Stipa mucronata* **474,09 Kg. MS/Ha.** esta es mayor al rendimiento en la época húmeda se puede deber que existe un mayor rendimiento de materia seca en una menor cobertura dentro de la zona, y las otras especies agrupadas entre deseables y poco deseables llegaron a **11,67 Kg. MS/Ha.** Al igual que la materia seca, la biomasa utilizable, mostró que los mejores rendimientos se alcanzaron en la época húmeda.

#### 4.1.11. Capacidad de carga animal

La capacidad de carga fue estimada sobre la base de la producción estimada de la biomasa, para un periodo de 183 días de pastoreo en cada época de estudio y, el consumo animal diario planteado por Alzérreca (1992), para cada animal.

**Cuadro 20.** Estimación de Capacidad Carga Animal para el Museo de Tiwanacu, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie Vegetal	Forraje disponible Kg. MS/Ha.	Capacidad de carga animal		
			UO/Ha.	UB/Ha.	ULI/Ha.
HÚMEDA	Fedo	977,527	11,61	0,51	3,56
	Stmu	120,607	1,43	0,06	0,44
	Otras	22,828	0,27	0,01	0,08
	<b>Total</b>	<b>1120,962</b>	<b>13,31</b>	<b>0,58</b>	<b>4,08</b>
SECA	Fedo	425,931	5,06	0,22	1,55
	Stmu	142,227	1,69	0,07	0,51
	Otras	3,500	0,04	0,002	0,01
	<b>Total</b>	<b>571,658</b>	<b>6,79</b>	<b>0,29</b>	<b>2,07</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

UO = unidad ovino; UB = unidad bovino criollo; y ULI = unidad llama

La capacidad de carga animal en las praderas nativas de Tiwanacu fue de **13,31 UO/Ha.**, en época húmeda, la capacidad de carga animal fue muy buena, en comparación al determinado por Tapia y Flores (1984) de 8 – 10 UO/Ha., y en la época seca bajo

considerablemente a **6,79 UO/Ha.**, tomando en cuenta todas las especies del chillihuar. Observados en el Cuadro 20.

La soportabilidad de ganado que puede alcanzar con relación a la superficie de estas praderas nativas se observa en el Cuadro 21. Los resultados, que se han obtenido con una soportabilidad máxima en **Tiwanacu** para la época húmeda de **39,93 UO** por un periodo de 183 días, en una superpie total de 3 hectáreas donde se realizó el estudio, para que la pradera no sufra daño. Y en la época seca una soportabilidad de **20,37 UO** por el mismo periodo de 183 días, existiendo una disminución aproximada de **19,56 UO**, para la época seca.

**Cuadro 21.** Soportabilidad de ganado

ÉPOCA	Especie Vegetal	Superficie pastoreable Ha.	Capacidad de sostenimiento		
			UO	UB	ULI
HÚMEDA	Fedo	3	34,83	1,53	10,68
	Stmu	3	4,29	0,18	1,32
	Otras	3	0,81	0,03	0,24
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>39,93</b>	<b>1,74</b>	<b>12,24</b>
SECA	Fedo	3	15,18	0,66	4,65
	Stmu	3	5,07	0,21	1,53
	Otras	3	0,12	0,006	0,03
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>20,37</b>	<b>0,87</b>	<b>6,21</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

UO = unidad ovino; UB = unidad bovino criollo; y ULI = unidad llama

#### 4.1.12. Rendimiento de semilla

Para el rendimiento de semilla se tomó las muestras de *Festuca dolichophylla* y *Stipa mucronata* entre los meses de marzo y abril donde las semillas alcanzaron la madurez. La semilla recolectada fue de esas dos especies debido a la presencia predominante dentro la zona. En el Cuadro 22 se puede observar con claridad los rendimientos de semilla de la *Festuca dolichophylla* que fue de **50,61 Kg./Ha.**, en el museo de Tiwanacu que contaba con 26 años de clausura. La *Stipa mucronata* obtuvo un rendimiento de **22,94 Kg./Ha.**

**Cuadro 22.** Rendimiento de semilla, en el Museo de Tiwanacu.

SITIO	ESPECIE	Semilla (Kg./Ha.)
TIWANACU	<i>Festuca dolichophylla</i>	50,61
	<i>Stipa mucronata</i>	22,94

#### 4.2. Zona del Aeropuerto Internacional de El Alto (15 años de clausura)

##### 4.2.1. Composición Botánica

Las especies encontradas dentro el Aeropuerto Internacional de El Alto fueron 13, que son detalladas en el Cuadro 23, como también se describen los nombres comunes, nombres científicos y las claves botánicas designadas para una posterior descripción de las mismas y clasificadas según la aceptación de las mimas por los animales.

**Cuadro 23.** Nombres comunes, nombres científicos y código de especies presentes en el Aeropuerto Internacional de El Alto.

NOMBRE COMUN	GENERO Y ESPECIE	CODIGO
<b>Deseable</b>		
Chilliwa	<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo
Llachu	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa
Cebadilla	<i>Bromus unioloides</i>	Brun
<b>Poco deseable</b>		
Gransa Ichu	<i>Stipa mucronata</i>	Stmu
Granu ichu	<i>Stipa brachyphylla</i>	Stbr
Alfombrilla	<i>Lucilia aretioides</i>	Luar
Paja brava	<i>Festuca orthophylla</i>	Feor
<b>No deseable</b>		
Tola	<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy
Sunchu	<i>Bocconia pearcei</i>	Bope
Salvia	<i>Salvia horminum</i>	Saho
Yareta	<i>Azorella compacta</i>	Azco
Diente de León	<i>Taraxacum officinale</i>	Taof
Musgo	<i>Polytrichium comunis</i>	Poco

De las especies presentes en el Aeropuerto 3 son deseables, 4 poco deseables y 6 no deseables para los animales. Cabe hacer notar que existen un mayor número de especies no deseables dentro de la zona de estudio, debido a la poca presencia de especies deseables como también poco deseables para los animales.

#### 4.2.2. Frecuencia de las especies

En la época húmeda en el Aeropuerto se observó que las especies predominantes fueron *Festuca dolichophylla* con 27%, y la *Stipa mucronata* 14,33%, y la frecuencia de las especies por su palatabilidad alcanzó: **deseables 40,33%, poco deseables 27%, no deseables 19,33%, suelo desnudo 11,33% y roca 3,67%**, la causa de esta distribución se deberá a que el lugar de estudio era antes parte de las pistas del aeropuerto.

**Cuadro 24.** Frecuencias de especies (%), en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	27,00	25,67
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	13,00	8,00
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	0,33	4,33
<b>Subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>40,33</b>	<b>38,00</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	14,33	15,00
<i>Lucilia aretioides</i>	Luar	10,33	1,67
<i>Stipa brachyphylla</i>	Stbr	0,67	1,33
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	1,67	8,00
<b>Subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>27,00</b>	<b>26,00</b>
<b>No Deseable</b>			
<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy	2,00	3,67
<i>Bocconia pearcei</i>	Bope	2,00	- . -
<i>Azorella compacta</i>	Azco	0,33	- . -
<i>Salvia horminum</i>	Saho	2,33	2,33
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	6,00	6,67
<i>Polytrichium comunis</i>	Poco	5,00	7,33
<b>Subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>17,66</b>	<b>20,00</b>
<b>Desnudo</b>	<b>Desn</b>	11,33	9,67
<b>Roca</b>	<b>Roc</b>	3,67	1,33
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

En época seca la *Festuca dolichophylla* alcanzó un 25,67%, *Stipa mucronata* 25%, y los forrajes según su palatabilidad **deseable 38%, poco deseable 26%, no deseable 20%, suelo desnudo 9,6% y roca 1,33%**. Todo se detalla en el Cuadro 24.

### 4.2.3. Vigor de las especies

En el Aeropuerto el vigor alcanzado por *Festuca dolichophylla* fue de **98,44%** en la época húmeda, durante la época seca llegó **97,78%**. La *Stipa mucronata* tuvo un vigor **89,43%** en época húmeda y **87,14%** en época seca esto debido a la gran variación en altura y porque las especies vegetales comienzan a secarse.

En cambio la *Muhlenbergia fastigiata* alcanzó un vigor de **89,43%** en época húmeda y el **93,64%** en la época seca esto a que su altura se va uniformando con el desarrollo que tiene la planta. También se noto la presencia de *Lucilia aretioides* en la época húmeda con un vigor de **90,91%**, se nota que son pocas las especies debido a que el suelo es muy pedregoso (Cuadro 25).

**Cuadro 25.** Estadísticos de la altura de las especies vegetales (Promedios, desvió estándar, altura máxima, altura mínima, moda), para el vigor (%) en el Aeropuerto, en la época húmeda y seca

ESPECIE	ÉPOCA HÚMEDA				ÉPOCA SECA		
	Fedo	Mufa	Stmu	Luar	Fedo	Mufa	Stmu
Promedio de altura (m)	0,443	0,063	0,171	0,030	0,440	0,052	0,122
Altura máx. de planta (m)	0,820	0,083	0,230	0,043	0,690	0,060	0,180
Altura min. De planta (m)	0,250	0,036	0,090	0,018	0,320	0,041	0,060
Desvió	0,175	0,015	0,042	0,009	0,106	0,007	0,039
Moda	0,450	0,070	0,180	0,033	0,450	0,055	0,140
<b>VIGOR (%)</b>	<b>98,44</b>	<b>89,43</b>	<b>95,00</b>	<b>90,91</b>	<b>97,78</b>	<b>93,64</b>	<b>87,14</b>

Fedo= *Festuca dolichophylla*; Mufa = *Muhlenbergia fastigiata*; Homu = *Hordeum muticum*; Cavi = *Calamagrostis vicunarum* ; Luar = *Lucilia aretioides*.

### 4.2.4. Condición del pastizal

La condición del pastizal en el Aeropuerto Internacional de El Alto, es buena para las dos épocas del año, esto debido a la puntuación que alcanzó, en los parámetros que toma en cuenta Febres (2001), para evaluar la condición del pastizal. Este se refleja mejor en el siguiente cuadro.

**Cuadro 26.** Condición del pastizal en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca

Parámetro	Puntaje en Época húmeda	Puntaje en Época seca
% especies decrecientes	20,17	19,00
% índice forrajero	13,47	12,80
Suelo desnudo y roca	17,00	17,80
% índice de vigor	9,84	9,78
Condición del pastizal	60,48 Buena	59,38 Buena

#### 4.2.5. Cobertura de las especies

En la época húmeda, la cobertura de la *Festuca dolichophylla*, fue **50,4%**, teniendo una cobertura del grado 4, la *Stipa mucronata*, **19,4%** con un grado de 2; y las otras especies están dentro del grado 1. **El suelo desnudo y roca** en este lugar es de **15,3%**, debido a que la zona era parte de pistas antiguas.

**Cuadro 27.** Cobertura vegetal (%) en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	50,40	39,75
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	2,25	2,00
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	0,90	0,55
<b>subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>52,65</b>	<b>42,30</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	20,45	19,40
<i>Lucilia aretioides</i>	Luar	1,75	1,00
<i>stipa brachyphylla</i>	Stbr	1,25	0,60
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	0,65	0,90
<b>subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>24,10</b>	<b>21,90</b>
<b>No deseable</b>			
<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy	0,95	0,60
<i>Bocconia pearcei</i>	Bope	0,85	- . -
<i>Azorella compacta</i>	Azco	0,70	- . -
<i>Salvia horminum</i>	Saho	0,85	0,45
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	2,10	2,80
<i>Polytrichium comunis</i>	Poco	2,65	2,70
<b>subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>8,75</b>	<b>28,00</b>
<b>Desnudo y Roca</b>	<b>Desro</b>	<b>15,30</b>	<b>28,10</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Para la cobertura en época seca, la *Festuca dolichophylla* alcanzó un **39,75%** en un grado 3 de cobertura, seguido de la *Stipa mucronata* con **20,45%** un grado 2, el suelo desnudo y roca un **28,1%**.

La cobertura varía significativamente para la entre la *Festuca dolichophylla* época húmeda con 50,40% de cobertura y en la época seca llega a un 39,75% disminuyendo para esta época aproximadamente un 10,65% de su cobertura, así lo se demuestra en la prueba de t, aplicada en esta a esta especie donde el t calculado es mayor al t tabulado. En el caso de *Stipa mucronata* no varía significativamente en su cobertura para las dos épocas.

**Cuadro 28.** Prueba de t, para la Cobertura en el Aeropuerto Internacional de El Alto

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	38	2,914	1,684
<i>Stipa mucronata</i>	38	0,517	1,684

#### 4.2.6. Densidad de las especies

Para la época húmeda, la densidad de la *Festuca dolichophylla*, fue de **20,15%** y de **grado 1**, la *Stipa mucronata* con **10,80%** **grado 1**, su porcentaje de **suelo desnudo y roca** alcanzo el **66%** en un grado frecuente, esto debido que el suelo en estudio era parte de pistas dentro el aeropuerto.

En la época seca, la densidad solo alcanzó el **grado 1**, con la presencia de especies como un **20,9%** de *Festuca dolichophylla* y un **10,8%** de *Stipa mucronata*, el **suelo desnudo y roca** alcanzo un **62,5%**.

**Cuadro 29:** Densidad (%) en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	20,15	20,90
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	0,85	1,15
<i>Bromus unioloides</i>	Brun	0,35	0,35
<b>subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>21,35</b>	<b>22,40</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Stipa mucronata</i>	Stmu	10,80	7,80
<i>Lucilia aretioides</i>	Luar	0,60	0,60
<i>Stipa brachyphylla</i>	Stbr	0,50	0,45
<i>Festuca orthophylla</i>	Feor	0,35	0,55
<b>subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>8,90</b>	<b>11,85</b>
<b>No deseable</b>			
<i>Baccharis mycrophylla</i>	Bamy	0,45	0,45
<i>Bocconia pearcei</i>	Bope	0,35	- . -
<i>Azorella compacta</i>	Azco	0,30	- . -
<i>Salvia horminum</i>	Saho	0,35	0,35
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	0,80	1,50
<i>Polytrichium comunis</i>	Poco	1,10	1,45
<b>subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>3,70</b>	<b>4,30</b>
<b>Desnudo y roca</b>	<b>Desro</b>	<b>66,00</b>	<b>61,50</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

La densidad no presenta variación significativa en las dos épocas del año para la *Festuca dolichophylla* así lo demuestra la prueba de t, donde el valor tabulado es mayor al valor calculado en esta variable. Mientras que para la *Stipa mucronata* si existe diferencia en la densidad de la misma dentro del aeropuerto, donde en la época húmeda alcanza 10,80% y para la época seca disminuye a un 7,80%, reduciéndose para esta época en aproximadamente un 3% de su grado de densidad ocupada por la especie.

**Cuadro 30.** Prueba de t, para la Densidad en el Aeropuerto Internacional de El Alto

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	38	0,466	1,684
<i>Stipa mucronata</i>	38	3,247	1,684

#### 4.2.7. Calidad del Pastizal

La calidad de los pastizales en la época húmeda, según el porcentaje de densidad forrajera fue de **regular** en el Aeropuerto, y según la presencia de especies deseables fue **pobre** en esta época. Esto debido al desarrollo y regeneración natural que existió en la zona.

En época seca la calidad del pastizal, según el porcentaje de densidad y según la presencia de especies deseables fue de **pobre** en ambos casos. Como se dijo al principio de la evaluación del pastizal del Aeropuerto Internacional de El Alto, la presencia de especies deseables era muy reducida alcanzando solo a 3 especies, a comparación de las 6 especies no deseables existentes dentro del mismo para los animales.

**Cuadro 31.** Calidad del pastizal en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especies según su Palatabilidad	Porcentaje de densidad	Calidad del Pastizal según la densidad forrajera	Calidad del pastizal según especies deseables
HÚMEDA	Deseable	21,35	Regular	Pobre
	Poco deseable	8,90		
	<b>TOTAL</b>	<b>30,25</b>		
SECA	Deseable	22,4	Pobre	Pobre
	Poco deseable	11,85		
	<b>TOTAL</b>	<b>34,25</b>		

#### 4.2.8. Rendimiento de materia seca

Los rendimientos de materia seca en la época húmeda de *Festuca dolichophylla* fue de **1857,38 kg MS/Ha.** y en poca seca fue de **785,75 kg MS/Ha.** en el **Aeropuerto** este rendimiento promedio debido a la estructura del suelo y la compactación del suelo que sufrió por ser anteriormente pistas de aviones. Detallados en el Cuadro 32.

**Cuadro 32.** Rendimiento de materia seca de forrajes nativos en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	ESPECIE	Materia Seca kg/Ha.
HÚMEDA	<i>Festuca dolichophylla</i>	1857,38
	<i>Stipa mucronata</i>	452,06
	Otros	66,46
	<b>TOTAL</b>	<b>2375,90</b>
SECA	<i>Festuca dolichophylla</i>	785,75
	<i>Stipa mucronata</i>	469,59
	Otros	37,41
	<b>TOTAL</b>	<b>1292,75</b>

Para la *Stipa mucronata* los rendimientos fueron de **452,06 kg MS/Ha.** en época húmeda y de **469,59 kg MS/Ha.** en época seca. Las otras especies sólo alcanzaron el **66,46 kg MS/Ha. y 37,41 kg MS/Ha.** respectivamente.

La materia seca en el Aeropuerto presenta variación significativa entre las dos épocas de estudio, tal como lo muestra el Cuadro 33, donde tenemos los datos de la prueba de t, efectuada para esta variable, donde el t calculado es mayor al tabulado en un nivel de significancia del 0,05. Así también se observa que la producción de la época húmeda fue de 2375,90 Kg.MS/Ha., y bajando para la época seca a 1292,75 Kg.MS/Ha., disminuyendo su producción en un 1083,15 Kg.MS/Ha. para esta época del año.

**Cuadro 33.** Prueba de t, para la Materia Seca en el Aeropuerto Internacional de El Alto

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	6	4,602	1,943
<i>Stipa mucronata</i>	6	3,309	1,943
Otras	6	2,832	1,943

#### 4.2.9. Producción estimada de Biomasa

Este cuadro nos muestra que existe una relación estrecha entre la variable de cobertura y el rendimiento de materia seca (producción), como ejemplo tenemos un coeficiente de correlación de la especie de *Stipa mucronata* en época húmeda de 0,98, la cual indica un alto grado de asociación.

**Cuadro 34:** Ecuaciones de estimación de biomasa, para las especies encontradas en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca

ÉPOCA	ESPECIE VEGETAL	ECUACIÓN ESTIMADA	R
HÚMEDA	<i>Festuca dolichophylla</i>	$Y = 66,17 X - 1943,72$	0,95
	<i>Stipa mucronata</i>	$Y = 20,12 X - 340,82$	0,98
	Otros	$Y = 8,55 X - 12,66$	0,97
SECA	<i>Festuca dolichophylla</i>	$Y = 126,91 X - 3536,37$	0,96
	<i>Stipa mucronata</i>	$Y = 50,04 X - 843,98$	0,99
	Otros	$Y = 5,81 X + 1,08$	0,98

R = Coeficiente De correlación

#### 4.2.10. Cantidad de forraje

Los resultados que se observan en el Cuadro 35, nos muestran que la *Festuca dolichophylla* en la época húmeda, alcanzó un rendimiento de **1391,25 Kg MS/Ha.**, y en época seca su rendimiento fue de **1497,12 Kg MS/Ha.**

El rendimiento total de biomasa en época húmeda fue de **1501,80 kg MS/Ha.**, y en época seca fue de **1660,28 Kg MS/Ha.**, esto debido a que existe un mayor rendimiento de materia seca en un porcentaje menor de cobertura de las especies; es decir que la mayor parte del follaje esta concentrado en una menor cobertura de la planta.

**Cuadro 35.** Disponibilidad de forraje por zona, especie vegetal, en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie vegetal	Cobertura Vegetal	Superficie Estudiada	Producción de Biomasa Kg MS/Ha.	Producción de Biomasa Estimada Kg MS/sup. <sup>4</sup>	Forraje Disponible Estimada Kg MS/sup. <sup>5</sup>
HÚMEDA	Fedo	50,40	3	1391,25	4173,74	1252,12
	Stmu	20,45	3	70,63	211,90	62,57
	Otras	6,15	3	39,92	119,77	35,93
	<b>Total</b>	<b>77,00</b>	<b>3</b>	<b>1501,80</b>	<b>4505,41</b>	<b>1351,62</b>
SECA	Fedo	39,75	3	1508,30	4524,91	1357,47
	Stmu	19,40	3	126,79	380,39	114,12
	Otras	4,15	3	25,19	75,57	22,67
	<b>Total</b>	<b>63,30</b>	<b>3</b>	<b>1660,28</b>	<b>4980,84</b>	<b>1494,25</b>

<sup>4</sup> Producción de biomasa multiplica por el total de superficie estudiada

<sup>5</sup> forraje disponible para el animal se tomo el 30% de la producción de biomasa

#### 4.2.11. Capacidad de carga animal

La capacidad de carga animal en las praderas nativas de la zona fue bajas con un **5,35 y 5,91 UO/Ha.**, en la época húmeda y seca respectivamente en comparación al determinado por Tapia y Flores (1984) de 8 – 10 UO/Ha., en una pradera de chillihuar.

**Cuadro 36.** Estimación de Capacidad Carga Animal en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie Vegetal	Forraje disponible Kg MS/Ha.	Capacidad de carga		
			UO/Ha.	UB/Ha.	ULI/Ha.
HÚMEDA	Fedo	417,374	4,96	0,22	1,52
	Stmu	21,189	0,25	0,01	0,08
	Otras	11,977	0,14	0,006	0,04
	<b>Total</b>	<b>450,54</b>	<b>5,35</b>	<b>0,236</b>	<b>1,64</b>
SECA	Fedo	452,491	5,37	0,24	1,65
	Stmu	38,037	0,45	0,02	0,14
	Otras	7,557	0,09	0,006	0,03
	<b>Total</b>	<b>498,085</b>	<b>5,91</b>	<b>0,266</b>	<b>1,82</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

UO = unidad ovino; UB = unidad bovino criollo; y ULI = unidad llama

La soportabilidad de ganado que puede alcanzar con relación a la superficie de estas praderas nativas se observa el Cuadro 37.

**Cuadro 37.** Soportabilidad de ganado en el Aeropuerto Internacional de El Alto, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie Vegetal	Superficie pastoreable Ha.	Capacidad de sostenimiento		
			UO	UB	ULI
HÚMEDA	Fedo	3	14,88	0,66	4,56
	Stmu	3	0,75	0,03	0,24
	Otras	3	0,42	0,018	0,12
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>16,05</b>	<b>0,708</b>	<b>4,92</b>
SECA	Fedo	3	16,11	0,72	4,95
	Stmu	3	1,35	0,06	0,42
	Otras	3	0,27	0,018	0,09
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>17,73</b>	<b>0,798</b>	<b>5,46</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

UO = unidad ovino; UB = unidad bovino criollo; y ULI = unidad llama

Como observamos los resultados, se ha obtenido una soportabilidad de máxima de **17,73 UO** en la época seca en un periodo de 183 días, en la superpie total de 3 hectáreas donde se realizó el estudio, para que la pradera no sufra daño.

#### 4.2.12. Rendimiento de semilla

El rendimiento de semilla en el aeropuerto de la *Festuca dolichophylla* fue de **46,93 kg/Ha.** y de la *Stipa mucronata* fue de **14,39 kg/Ha.**, cabe hacer notar que el aeropuerto cuenta con 15 años de clausura.

**Cuadro 38.** Rendimiento de semilla en el Aeropuerto Internacional de El Alto.

SITIO	ESPECIE	Semilla (kg/Ha.)
AEROPUERTO	<i>Festuca dolichophylla</i>	46,93
	<i>Stipa mucronata</i>	14,39

#### 4.3. Zona Estación Experimental de Choquenaira (un año de clausura)

##### 4.3.1. Composición Botánica

Las especies encontradas en la Estación Experimental de Choquenaira fueron 8 especies, detalladas en el Cuadro 39.

**Cuadro 39.** Nombres comunes, nombres científicos y código de especies presentes en la Estación Experimental de Choquenaira.

NOMBRE COMUN	GENERO Y ESPECIE	CODIGO
<b>Deseable</b>		
Chilliwa	<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo
Llachu	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa
Sillo sillo	<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi
Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i>	Homu
<b>Poco deseable</b>		
Crespillo	<i>Calamagrostis vicunarium</i>	Cavi
Alfombrilla	<i>Lucilia aretioides</i>	Luar
<b>No deseable</b>		
Salvia	<i>Salvia horminum</i>	Saho
Diente de León	<i>Taraxacum officinale</i>	Taof

Como observamos se detalla su nombre común, nombre científico, la clave designada y la palatabilidad de las especies. Las especies deseables en la zona fueron 4, poco deseables 2 y no deseables 2. En esta zona de estudio se tiene un menor numero de especies, pero de setas la mayoría son deseables y poco deseables para el animal, y solo existen dos especies no deseables para el animal.

#### 4.3.2. Frecuencia de la especies

Las especies dominantes fueron la *Festuca dolichophylla* 24% y la *Muhlenbergia fastigiata* 21%, y las especies según su palatabilidad fueron de deseables 63%, poco deseables 17,34%, no deseables 9,34% y suelo desnudo 10,33%.

**Cuadro 40.** Frecuencias de especies (%), en la Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HUMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	24	25
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	21	11,67
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	2	5,33
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	16	14,33
<b>Subtotal</b>	<b>Desa</b>	<b>63</b>	<b>56,33</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	11,67	8,33
<i>Lucilia aretioides</i>	Luar	5,67	10,67
<b>Subtotal</b>	<b>Poc. Dese</b>	<b>17,34</b>	<b>19</b>
<b>No Deseable</b>			
<i>Salvia horminum</i>	Saho	5,67	5
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	3,67	3,67
<b>Subtotal</b>	<b>No dese</b>	<b>9,34</b>	<b>8,67</b>
<b>Desnudo</b>	<b>Des</b>	10,33	16
<b>Roca</b>	<b>Roc</b>	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

En la época seca, la relación de especies encontradas fueron, *Festuca dolichophylla* 25%, *Muhlenbergia fastigiata* 11,67%. Según la palatabilidad deseable

56,33%, poco deseable 19%, no deseable 8,67%, y suelo desnudo un 16%, las especies se encontraron secas.

En la zona no existe una gran variación dentro de la frecuencia de especies encontradas aunque aumenta el porcentaje de suelo desnudo de la época húmeda de 10%, a la época seca donde es de un 16%, aumentando un 6% de su frecuencia en la época seca.

#### 4.3.3. Vigor de las especies

En Choquenaira el vigor de *Festuca dolichophylla* en la época húmeda alcanzo un 94,17% y en la época seca 81,96%, la *Muhlenbergia fastigiata* alcanzó un vigor de 94,53% en época húmeda y el 96,21% en la época seca, la *Hordeum muticum* 91,00% en época húmeda y 89,56% en época seca, la *Lucilia aretioides* un 93,93% en época húmeda y 97,60% en época seca. También se observo la presencia de *Calamagrostis vicunarum* en la época seca con un vigor alcanzado de 88,33%. Detallado en el siguiente Cuadro.

**Cuadro 41.** Estadísticos de la altura de las especies vegetales (Promedios, desvió estándar, altura máxima, altura mínima, moda), para el vigor (%) en Choquenaira, en la época húmeda y época seca

ESPECIE	ÉPOCA HÚMEDA					ÉPOCA SECA			
	Fedo	Mufa	Homu	Luar	Fedo	Mufa	Homu	Cavi	Luar
Promedio de altura (m)	0,452	0,071	0,091	0,026	0,418	0,056	0,081	0,159	0,024
Altura máx. de planta (m)	0,620	0,082	0,120	0,035	0,590	0,066	0,110	0,190	0,028
Altura min. De planta (m)	0,270	0,058	0,070	0,021	0,260	0,050	0,060	0,130	0,021
desvió	0,48	0,075	0,1	0,028	0,51	0,058	0,09	0,18	0,025
moda	0,480	0,075	0,100	0,028	0,510	0,058	0,090	0,180	0,025
<b>VIGOR (%)</b>	<b>94,17</b>	<b>94,53</b>	<b>91,00</b>	<b>93,93</b>	<b>81,96</b>	<b>96,21</b>	<b>89,56</b>	<b>88,33</b>	<b>97,60</b>

Fedo= *Festuca dolichophylla*; Mufa = *Muhlenbergia fastigiata*; Homu = *Hordeum muticum*; Cavi = *Calamagrostis vicunarum* ; Luar = *Lucilia aretioides*.

#### 4.3.4. Condición del pastizal

En la Estación experimental de Choquenaira con un año de clausura se observó que la condición del pastizal es buena en ambas épocas del año como se puede observar en el siguiente cuadro, este se pudo deber a la materia orgánica que dejaron los animales que pasteaban anteriormente en la zona, y a una buena recuperación de la misma. Como también que existe humedad alta dentro de la zona ya que este pastizal se encuentra cerca del río.

**Cuadro 42.** Condición del pastizal en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca

Parámetro	Puntaje en Época húmeda	Puntaje en Época seca
% especies decrecientes	31,50	28,16
% índice forrajero	16,07	15,07
Suelo desnudo y roca	17,93	16,80
% índice de vigor	9,42	9,62
<b>Condición del pastizal</b>	<b>74,92 Bueno</b>	<b>69,65 Bueno</b>

#### 4.3.5. Cobertura de las especies

En la época húmeda, la cobertura de la *Festuca dolichophylla* fue de **42,5%**, llegando a un **grado 3**, seguida de *Muhlenbergia fastigiata* con **13,5%**, con grado 2. El suelo **desnudo y roca** alcanzó un **28,5%**, porque no existen muchas especies que cubran el suelo, ya que el lugar es un poco salino y por el pastoreo de animales anteriormente.

Para la época seca, la cobertura de la *Festuca dolichophylla* fue de **37,75%** con un **grado 3**, seguida de *Muhlenbergia fastigiata* con **9,4%** y la *Hordeum muticum* con **6,75%** ambos dentro el **grado 2** de cobertura. El suelo **desnudo y roca** alcanzaron un **32,9%** del total de la superficie estudiada. Esto se detalla mejor en el siguiente Cuadro.

**Cuadro 43.** Cobertura vegetal (%) en la Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	42,05	37,75
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	13,5	9,4
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	1,75	1,85
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	5,1	6,75
<b>subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>62,4</b>	<b>56,33</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	0,9	1,35
<i>Lucilia aretioides</i>	Luar	1,4	1,55
<b>subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>2,3</b>	<b>19</b>
<b>No deseable</b>			
<i>Salvia horminum</i>	Saho	2,25	0,45
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	4,55	8
<b>subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>6,8</b>	<b>8,67</b>
<b>Desnudo y Roca</b>	<b>Desro</b>	<b>28,5</b>	<b>32,9</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

La cobertura en la Estación Experimental de Choquenaira no muestra diferencias significativas entre las dos épocas del año en que se realizó el estudio, el *t* tabulado es mayor al calculado, la disminución de la cobertura para la *Festuca dolichophylla* desde el estudio de la época húmeda hacia la época seca, solo alcanzo un 4,3% de la cobertura.

**Cuadro 44.** Prueba de *t*, para la Cobertura en la Estación Experimental de Choquenaira.

Especies evaluadas	Grados de libertad	<i>t</i> calculado	<i>t</i> tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	38	1,454	1,684
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	38	1,595	1,684

#### 4.3.6 Densidad de las especies

La densidad en época húmeda, de la *Festuca dolichophylla*, fue de **23,2%**, con grado **2**, la *Muhlenbergia fastigiata* **7,5%** y un grado **1**, el suelo desnudo y roca llego a **60,35%**, grado **4 frecuente**, esto debido a la gran presencia de sal dentro el suelo de este pastizal.

La densidad en época seca fue de **grado 2**, para la *Festuca dolichophylla* con **22,4%**, y la *Muhlenbergia fastigiata* de **grado 1** con **5,6%**, además que la presencia de *Taraxacum officinale* con **4,9%** aunque esta se encuentra también en el **grado 1** o **escasa** su presencia es muy notoria. El **suelo desnudo y roca** alcanzó un **60%** de toda la superficie estudiada.

**Cuadro 45.** Densidad (%) en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ESPECIE VEGETAL	CODIGO	ÉPOCA HÚMEDA	ÉPOCA SECA
<b>Deseable</b>			
<i>Festuca dolichophylla</i>	Fedo	23,2	22,4
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Mufa	7,5	5,6
<i>Alchemilla pinnata</i>	Alpi	1	1,15
<i>Hordeum muticum</i>	Homu	3,95	3,95
<b>subtotal</b>	<b>Des</b>	<b>35,65</b>	<b>32,8</b>
<b>Poco deseable</b>			
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Cavi	0,95	0,8
<i>Lucilia aretioides</i>	Luar	0,75	0,95
<b>subtotal</b>	<b>Poc. Des</b>	<b>1,7</b>	<b>1,75</b>
<b>No deseable</b>			
<i>Salvia horminum</i>	Saho	1,35	0,25
<i>Taraxacum officinale</i>	Taof	2,45	4,9
<b>subtotal</b>	<b>No des</b>	<b>3,8</b>	<b>5,15</b>
<b>Desnudo y roca</b>	<b>Desro</b>	<b>60,35</b>	<b>60</b>
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

La prueba de t, para la variable densidad nos dio como resultado que no existe variación significativa, en el caso de la *Muhlenbergia fastigiata* su densidad baja solo el 1,9% desde la época húmeda, hacia la época seca. Como se puede observar en el siguiente cuadro el valor de t calculado es mucho menor del valor de t tabulado.

**Cuadro 46.** Prueba de t, para la Densidad en la Estación Experimental de Choquenaira

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	38	0,478	1,684
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	38	1,289	1,684

#### 4.3.7 Calidad del Pastizal

La calidad de los pastizales en la época húmeda, según el porcentaje de densidad forrajera fue de **regular**, y según la presencia de especies deseables fue **buena**. Esto debido al abonamiento natural que tuvo, este por parte de los animales que pasteaban en la zona.

**Cuadro 47.** Calidad del pastizal en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especies según su Palatabilidad	Porcentaje de densidad	Calidad del Pastizal según la densidad forrajera	Calidad del pastizal según especies deseables
HÚMEDA	Deseable	32,15	Regular	Buena
	Poco deseable	8,6		
	<b>TOTAL</b>	<b>40,75</b>		
SECA	Deseable	32,8	Pobre	Buena
	Poco deseable	1,75		
	<b>TOTAL</b>	<b>34,55</b>		

La calidad de los pastizales en la época seca, según el porcentaje de densidad forrajera fue **pobre**, y según la presencia de especies deseables fue **buena**. Esto debido a que la densidad de especies deseables se mantiene casi similar en ambas épocas del año.

#### 4.3.8 Rendimiento de materia seca

El rendimiento de materia seca detallado en el Cuadro 48, indica que en la época húmeda la ***Festuca dolichophylla*** tuvo un rendimiento de **1444,41 Kg. MS/Ha.**, las otras especies agrupadas alcanzaron un rendimiento de **752,94 Kg. MS/Ha.**, teniendo un buen rendimiento en esta época del año.

El rendimiento de materia seca, en la época seca de ***Festuca dolichophylla*** fue de **1216,38 Kg. MS/Ha.**, y de las otras especies en conjunto fueron de **446,05 Kg. MS/Ha.**

Su rendimiento no varía de gran manera debido a que el abono dejado por los animales que pasteaban en la zona se encuentra en proceso de descomposición.

**Cuadro 48.** Rendimiento de materia seca de forrajes nativos en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

EPOCA	ESPECIE	Materia Seca Kg./Ha.
HÚMEDA	<i>Festuca dolichophylla</i>	1444,41
	<i>Stipa mucronata</i>	0
	Otros	752,94
	<b>TOTAL</b>	<b>2197,35</b>
SECA	<i>Festuca dolichophylla</i>	1216,38
	<i>Stipa mucronata</i>	0
	Otros	446,05
	<b>TOTAL</b>	<b>1662,43</b>

El rendimiento de materia seca en las épocas húmeda y seca muestra diferencias significativas entre ambas, esto lo demuestra la prueba de t efectuada a esta variable, donde en el cuadro 49 se puede observar que la t tabulada es mayor a la t calculada. Así también el rendimiento de materia seca en la época húmeda fue de 2197,35 Kg. MS/Ha., reduciéndose esta producción para la época seca a 1662,43 Kg. MS/Ha., esta reducción alcanza un aproximado de 534,92 Kg. MS/Ha..

**Cuadro 49.** Prueba de t, para la Materia seca en la Estación Experimental de Choquenaira

Especies evaluadas	Grados de libertad	t calculado	t tabulado (0,05)
<i>Festuca dolichophylla</i>	6	1,747	1,943
Otras	6	3,937	1,943

#### 4.3.9 Producción estimada de Biomasa

El Cuadro 50 indica que existe una relación estrecha entre la variable de cobertura y el rendimiento de materia seca (producción), como ejemplo tenemos un coeficiente de correlación de la especie de *Festuca dolichophylla* en Tiwanacu para la época húmeda de 0,98, la cual indica un alto grado de asociación. En cuanto al coeficiente de regresión indica que por cada una unidad de cobertura, en promedio se produce un aumento de 12,86 unidades de rendimiento.

**Cuadro 50.** Ecuaciones de estimación de biomasa, La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	ESPECIE VEGETAL	ECUACIÓN ESTIMADA	R
HÚMEDA	<i>Festuca dolichophylla</i>	$Y = 12,86 X + 1074,52$	0,98
	<i>Stipa mucronata</i>	0	0
	Otras	$Y = 33,56 - 35,54$	0,99
SECA	<i>Festuca dolichophylla</i>	$Y = 25,86 X + 214,42$	0,99
	<i>Stipa mucronata</i>	0	0
	Otras	$Y = 47,94 X - 237,14$	0,95

R = Coeficiente De correlación

#### 4.3.10. Cantidad de forraje

Los resultados que se observan en el Cuadro 51, muestran que la *Festuca dolichophylla* en la época húmeda, alcanzó el mejor rendimiento de **1615,28 Kg. MS/Ha.**, en contra posición a la época seca con **1190,64 Kg. MS/Ha.**

Las otras especies alcanzaron rendimientos de **724,59 Kg. MS/Ha.**, en la época húmeda y de **764,81 Kg. MS/Ha.**, en la época seca, este ultimo tiene un mayor rendimiento, debido a que las plantas siguen desarrollándose hasta este periodo.

**Cuadro 51.** Disponibilidad de forraje, en La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie vegetal	Cobertura Vegetal	Superficie Estudiada	Producción de Biomasa Kg. MS/Ha.	Producción de Biomasa Estimada Kg. MS/sup.	Forraje Disponible Estimada Kg MS/sup.
HÚMEDA	Fedo	42,05	3	1615,28	4845,85	1453,75
	Stmu	0	3	0	0	0
	Otras	22,65	3	724,59	2173,78	652,13
	<b>Total</b>	<b>64,70</b>	<b>3</b>	<b>2339,87</b>	<b>7019,63</b>	<b>2105,88</b>
SECA	Fedo	37,75	3	1190,64	3571,91	1071,57
	Stmu	0	3	0	0	0
	Otras	20,90	3	764,81	2294,42	688,33
	<b>Total</b>	<b>58,65</b>	<b>3</b>	<b>1955,45</b>	<b>5866,33</b>	<b>1759,90</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

#### 4.3.11. Capacidad de carga animal

La capacidad de carga animal en las épocas húmeda y seca fueron de **8,33 y 6,97 UO/Ha.**, respectivamente, en comparación al determinado por Tapia y Flores (1984) de 8 – 10 UO/Ha. para un pastizal tipo chillihuar, el rendimiento es aceptable a bueno ya que es casi similar al mismo en la época húmeda y un poco bajo en la época seca.

**Cuadro 52.** Estimación de Capacidad Carga Animal para La Estación Experimental de Choquenaira, en época húmeda y seca.

ÉPOCA	Especie Vegetal	Forraje disponible Kg MS/Ha.	Capacidad de carga		
			UO/Ha.	UB/Ha.	ULI/Ha.
<b>HÚMEDA</b>	Fedo	484,585	5,75	0,25	1,76
	Stmu	0	0,00	0,00	0,00
	Otras	217,378	2,58	0,11	0,79
	<b>Total</b>	<b>701,963</b>	<b>8,33</b>	<b>0,36</b>	<b>2,55</b>
<b>SECA</b>	Fedo	357,191	4,24	0,19	1,30
	Stmu	0	0,00	0,00	0,00
	Otras	229,442	2,73	0,12	0,83
	<b>Total</b>	<b>586,633</b>	<b>6,97</b>	<b>0,31</b>	<b>2,13</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

UO = unidad ovino; UB = unidad bovino criollo; y ULI = unidad llama

La soportabilidad de ganado que puede alcanzar con relación a la superficie de estas praderas nativas se observa el Cuadro 41.

**Cuadro 53.** Soportabilidad de ganado

ÉPOCA	Especie Vegetal	Superficie pastoreable Ha..	Capacidad de sostenimiento		
			UO	UB	ULI
<b>HÚMEDA</b>	Fedo	3	6,64	0,38	1,77
	Stmu	0	0,00	0,00	0,00
	Otras	3	2,98	0,17	0,79
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>9,62</b>	<b>0,55</b>	<b>2,56</b>
<b>SECA</b>	Fedo	3	4,89	0,28	1,30
	Stmu	0	0,00	0,00	0,00
	Otras	3	3,14	0,18	0,84
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>8,04</b>	<b>0,46</b>	<b>2,14</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

UO = unidad ovino; UB = unidad bovino criollo; y ULI = unidad llama

La soportabilidad se registro en **Choquenaira** con **9,62 UO** y **8,04 UO** para un periodo de 183 días en cada época del año, es decir para la época húmeda y la época seca. Esta soportabilidad del ganado ovino sufre un pequeño decremento de 1,58 UO desde la época humea hacia la seca.

#### **4.3.12. Rendimiento de semilla**

Para el rendimiento de semilla en Choquenaira solo se tomó las muestras de *Festuca dolichophylla*, debido a que las otras especies ya habiendo derramado sus semillas y otras todavía no habían madurado, el rendimiento de la misma fue de **37,84 kg./Ha.**

**Cuadro 54.** Rendimiento de semilla, en la Estación Experimental de Choquenaira.

<b>SITIO</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>Semilla (kg./Ha.)</b>
<b>Choquenaira</b>	<i>Festuca dolichophylla</i>	37,84

#### **4.4. Comparación de resultados entre las tres localidades**

Como se indico al principio de resultados se realizo una comparación de variables como: calidad del pastizal, rendimiento de materia seca, producción estimada de biomasa, cantidad de forraje, capacidad de carga y rendimiento de semilla, entre las tres localidades de estudio, para observar algunos de sus rendimientos más importantes, encontrados de manera general en cada localidad.

##### **4.4.1. Calidad del pastizal**

La calidad del pastizal dentro de las tres zonas es diferente; de zona en zona, en el caso de Tiwanacu según la densidad forrajera va de regular en la época húmeda a pobre en la época seca, esto sucede de la misma forma para las otras dos zonas de estudio es decir el Aeropuerto y Choquenaira.

Según la presencia de especies deseables para los animales es buena en la Estación de Choquenaira para ambas épocas debido a la poca presencia de especies no

deseables, en Tiwanacu va de buena en la época húmeda a regular en época seca, y en el Aeropuerto es pobre en ambas épocas del año, esto se atribuye a la poca presencia de especies deseables dentro de la zona de estudio y la abundancia de especies no deseables para el animal.

**Cuadro 55.** Calidad del pastizal en las tres zonas de estudio

Sitio	Calidad del Pastizal según la densidad forrajera		Calidad del pastizal según especies deseables	
	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca
<b>Tiwanacu (26 años)</b>	Regular	Pobre	Buena	Regular
<b>Aeropuerto (15 años)</b>	Regular	Pobre	Pobre	Pobre
<b>Choquenaira (1 año)</b>	Regular	Pobre	Buena	Buena

#### 4.4.2. Rendimiento de Materia seca

El rendimiento de materia seca el mas alto encontrado en las zonas de estudio fue de Tiwanacu, seguido del Aeropuerto y por ultimo Choquenaira en la época húmeda, en cambio en la época seca se nota que el mayor rendimiento de materia seca se da en la Estación de Choquenaira, esto se puede atribuir al abonamiento natural que tuvo cuando era pasteado por animales antes de entrar a descanso, como también a la humedad que tiene debido a la proximidad del río.

El menor rendimiento de materia seca fue en el Aeropuerto de El Alto, esto debido a la poca humedad que presenta su suelo y a la gran compactación del mismo.

**Cuadro 56.** Rendimiento de Materia seca (Kg. MS/Ha.), en las tres zonas de estudio

Sitio	Época Húmeda	Época Seca
<b>Tiwanacu (26 años)</b>	2820,79	1569,08
<b>Aeropuerto (15 años)</b>	2375,90	1292,75
<b>Choquenaira (1 año)</b>	2197,35	1662,43

#### 4.4.3. Producción estimada de biomasa

La producción de biomasa dentro de las tres zonas es muy diferente teniendo niveles elevados tal es el caso de Tiwanacu seguido de Choquenaira, debido que ambas zonas cuentan con mas especies deseables y poco deseables dentro del pastizal, en cambio en el Aeropuerto la cantidad de biomasa es mucho menor por la poca presencia de especies deseables para el animal en la época húmeda.

En la época seca disminuye la producción de biomasa en Tiwanacu y Choquenaira debido a que parte importante de la planta esta secas disminuyendo el área de cobertura de las plantas, mientras que en el Aeropuerto la Biomasa aumenta por que su cobertura de esta no baja demasiado además que tiene una buena producción en una pequeña área.

**Cuadro 57.** Producción estimada de biomasa (Kg. MS/Ha.), dentro las tres zonas de estudio

Sitio	Época Húmeda	Época Seca
<b>Tiwanacu (26 años)</b>	3736,54	1905,53
<b>Aeropuerto (15 años)</b>	1501,80	1660,28
<b>Choquenaira (1 año)</b>	2339,87	1955,45

#### 4.4.4. Cantidad de forraje

La cantidad de forraje disponible para los animales varia de zona en zona, él mas alto se encuentra en Tiwanacu debido a la gran presencia de especies vegetales deseables y poco deseables para los animales; seguidamente se tiene a la estación de Choquenaira, y por ultimo el Aeropuerto de El Alto este tiene un menor número de especies deseables y poco deseables por tal razón la cantidad de forraje disponible para el animal es mucho menor, esto en la época húmeda.

Para la época seca la cantidad de forraje en Tiwanacu y Choquenaira bajan considerablemente, mientras que en el Aeropuerto se mantiene e incluso aumenta, esto debido a que la producción de biomasa es mayor, ya que existe una mayor producción de materia seca en un reducido espacio de cobertura.

**Cuadro 58.** Cantidad de forraje (Kg. MS/sup.), dentro las tres zonas de estudio

Sitio	Época Húmeda	Época Seca
Tiwanacu (26 años)	3362,87	1714,97
Aeropuerto (15 años)	1351,62	1494,25
Choquenaira (1 año)	2105,88	1759,90

#### 4.4.5. Capacidad de carga

La mayor capacidad de carga en las tres zonas, se encuentra en Tiwanacu con aproximadamente 13 UO/Ha., seguido de Choquenaira con 8 UO/Ha., y finalmente el Aeropuerto con solo 5 UO/Ha., en la época húmeda esto debido a la poca presencia de especies deseables y poco deseables dentro de esta zona.

En la época seca en Tiwanacu y Choquenaira desciende a 7 UO/Ha., mientras que el Aeropuerto se mantiene su capacidad de carga en 5 UO/Ha., este se puede deber a que por estar cerca de la ciudad es protegida por las casas para que no sufra un daño grande en la época seca por el efecto del clima.

**Cuadro 59.** Capacidad de carga en las tres zonas de estudio

Sitio	Época Húmeda			Época Seca		
	UO/Ha.	UB/Ha.	ULI/Ha.	UO/Ha.	UB/Ha.	ULI/Ha.
Tiwanacu (26 años)	13,31	0,58	4,08	6,79	0,29	2,07
Aeropuerto (15 años)	5,35	0,236	1,64	5,91	0,266	1,82
Choquenaira (1 año)	8,33	0,36	2,55	6,97	0,31	2,13

#### 4.4.6. Rendimiento de semilla

El rendimiento de semilla en las tres zonas fue muy diferente, él mas alto se encuentra localizado en la localidad de Tiwanacu, este debido a que la mayor parte de la población de planta de *Festuca dolichophylla* se encuentran con un alto grado de desarrollo.

Seguido de este rendimiento el Aeropuerto tiene también un buen rendimiento aunque un poco mas bajo que el de Tiwanacu, esto a que parte de las plantas que se

encuentran dentro de la zona no han madurado lo suficiente o están en desarrollo para la producción de semilla.

Por ultimo se tiene la Estación de Choquenaira donde las plantas no se recuperaron todavía para la producción de semilla después del periodo de pastoreo tenido antes del periodo de descanso.

**Cuadro 60.** Rendimiento de semilla de la *Festuca dolichophylla*, en las tres zona de estudio

<b>Sitio</b>	<b><i>Festuca dolichophylla</i> Semilla (Kg./Ha.)</b>
<b>Tiwanacu (26 años)</b>	50,61
<b>Aeropuerto (15 años)</b>	46,93
<b>Choquenaira (1 año)</b>	37,84

## 5. CONCLUSIONES

- ❖ La composición botánica de cada zona fue diferente, como también el número de especies encontradas en las mismas fue diferente, esto se puede deber a las diferentes características que tiene cada zona de estudio en cuanto al periodo de clausura, tipo de suelo, climatológicas y el manejo que tuvieron o no las mismas.
- ❖ La frecuencia de especies varía en cada zona de acuerdo a la época del año, es decir que en algunos casos la frecuencia fue mayor en la época húmeda y se redujo en la época seca, y con otras especies fue en sentido contrario, debido principalmente a que algunas especies se secas y dejan el espacio para otras.
- ❖ El grado de cobertura y densidad fue mayor en la época húmeda en las tres zonas de estudio, en comparación con la época seca, se pudo observar también, que algunas especies que estaban presentes dentro de la cobertura en la época húmeda, estas ya no se estaban presentes para la época seca
- ❖ En lo que respecta a rendimiento de materia seca, los mayores rendimientos se obtuvieron en la época húmeda en las tres zonas de estudio, en comparación con la época seca.
- ❖ La estimación de biomasa utilizable por los animales mostró una estrecha. relación entre la cobertura de las especies y el rendimiento de materia seca, un caso en particular de la época seca en el Aeropuerto Internacional de El Alto mostró un mayor rendimiento en contra posición de la época húmeda, esto se pudo deber que en una menor cobertura exista un mayor rendimiento de materia seca.
- ❖ En el caso de la capacidad de carga animal se observo rendimientos aceptables en las tres zonas, teniendo una mejor capacidad carga el Chillihuar del Museo Tiwanacu, seguida de la Estación Experimental de Choquenaira y por ultimo el Aeropuerto de El Alto.

## 6. RECOMENDACIONES

- Utilizar otros métodos de evaluación o de medición de pastizales que los planteados en la presente tesis, tal vez se debería tomar un área mucho menor al cuarto de metro cuadrado, como también que se debe Hacer un seguimiento de estas praderas durante los años de clausura para ver como estos van afectando sus rendimientos.
- Para determinar como afecta los periodos de clausura en las praderas nativas, se debería evaluar zonas con las mismas condiciones climatologicas, tipo de suelo y los tratamientos que se les da a los mismos para hacer una comparación mas acertada.
- Se debe hacer un análisis bromatológico de las especies recolectadas para ver si en este aspecto si se pueden encontrar diferencias.
- Para el estudio de pastizales con distintos periodos de clausura se debe hacer un seguimiento de cada uno de los años de clausura y del modo en que estos son manejados o empleados por las instituciones, como los realizados en Japo, Cochabamba con un pradera de chillihua con un periodo de descanso de 3 años y rendimientos potenciales de 2600 kg. MS/Ha., o en Ulla Ulla con 2 años de descanso y un potencial de 204 kg. MS/Ha., (León e Izquierdo 1993), también tomar datos de desarrollo, y regeneración natural que sufren estos de manera natural.
- Se debe hacer el estudio del rendimiento de semilla de para praderas nativas presentes en el altiplano.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**ALZERRECA, H. 1985.** Campos Nativos de Pastoreo de Bolivia. Ministerio de Asuntos Campesinos. ABOPA, IBTA, ANCC. La Paz Bolivia. 9 p.

**ALZERRECA, H. 1990.** Plantas forrajeras nativas y su potencial para producción de semillas. IBTA. Pro-Campo. p. 25 -28.

**ALZERRECA, H. 1992.** Producción y utilización de los Pastizales de la Zona Andina de Bolivia. IBTA / REPAAN. Imprenta Publicidad Papiro. La Paz Bolivia. 90 p.

**BERLJIN, J. 1997.** Pastizales Naturales. Novena Reimpresión. Editorial Trillas. Impreso n México. 80 p.

**CALLISAYA, I. 1994.** Caracterización de las Tierras de la Estación Experimental de Choquenaira según su capacidad de Uso y Aptitud para Riego. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. p. 30 – 60.

**CALLISAYA, O. 1999.** Influencia de la Introducción de Suka Kollos sobre la Organización de la Producción ganadera en la Comunidad de Achuta Grande. Provincia Ingavi. Tesis de Grado UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 153 p.

**COPA, G. 2001.** Caracterización Agrostologica de las praderas nativas en la región de Apolo Pro. Franz Tamayo, Depto. De La Paz. Tesis de Grado UMSA. Facultad de Agronomía. 75 p.

**CUESTAS, D., MASSY, N. Y CÉSPEDES, J. 1995.** El Intercambio Ingreso – Carga Animal en Tierras de Pastoreo. IBTA 145/Boletín técnico 13/s. USAID Programa de apoyo a la investigación colaborativa en rumiantes menores. Convenio MACA/IBTA/USAID/SR-CRS. p. 6 -7.

**DIMITRI, M. y ORFILA, E. 1985.** Tratado de morfología y sistemática vegetal. Editorial Acme S.A.C.I.. Buenos Aires - Argentina. 489 p.

**FEBRES, F. 2001.** Manual del Técnico Alpaquero. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Impreso en Perú. 90 p.

**FLORES, A. y MALPARTIDA, E. 1997.** Manejo de praderas nativas y pasturas en la región Andina del Perú. Banco Agrario. Fondo del Libro. Lima – Perú. 300 p.

**GOOGLE. 2006.** google.maps. Imágenes Satelitales de La Paz Bolivia. Consultado 2 de agosto de 2006. Disponible: <http://maps.google.com/maps>.

**HERNÁNDEZ, R. et al. 2003.** Metodología de la Investigación. Tercera Edición. Editorial McGraw – Hill Interamericana. Impreso en México. p. 494 – 615.

**HUSS, D. 1986.** Principios de Manejo de Praderas Naturales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires Argentina. FAO. p. 151 – 179.

**IIDMA (Instituto Internacional Para el Desarrollo y Medio Ambiente). 1986.** Perfil Ambiental de Bolivia. Ministerio de Planeamiento y Coordinación. Editor Brockmam. La Paz – Bolivia. p. 82 – 85.

**LEÓN-VELARDE, C y QUIROZ, R. 1994.** Análisis de Sistemas Agropecuarios: Uso de Métodos bio-matemáticos. Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (CIRNMA). La Paz – Bolivia. 255 p.

**LEÓN-VELARDE, C y IZQUIERDO, F. 1993.** Producción y utilización de los pastizales de la zona Alto Andina (Compendio). Red de Pastizales Andinos REPAAN. Impresión FEPP. Quito Ecuador. p 95 – 166.

**LITTLE, J. 1991.** Métodos Estadísticos Para La Investigación En La Agricultura. Segunda Reimpresión. Editorial Trillas. Impreso en México. p 47.

**MAMANI, F. 1994.** Efecto de la Densidad de Siembra en cuatro variedades de Qañuhua en el Altiplano Norte. Tesis de Grado UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 100 p.

**MONTES DE OCA, I. 1997.** Geografía y Recursos Naturales de Bolivia. Tercera edición. Impreso en Bolivia. Editorial EDABOL. 614 p.

**NINA, E. 2006.** Evaluación de niveles de ceniza y materia orgánica en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en camas bajas en el Altiplano Norte. Tesis de Grado UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. p 36.

**QUISBERT, J. 2006.** Suelo y vegetación de la ciudad de El Alto. (Entrevista). Unidad de Forestación y Áreas Verdes. Honorable Alcaldía Municipal de El Alto.

**RUIZ, C. y TAPIA, M. 1987.** Producción y Manejo de Forrajes en los Andes del Perú. Proyecto de Investigaciones de Sistemas Agropecuarios (PISA), Convenio INIPA – CIID – ACDI. Editorial Servicios Editoriales Adolfo Arteta. Lima Perú. 304 p.

**SANDOVAL, G. y SOSTRES, F. 1989.** La Ciudad Prometida. Pobladores y Organizaciones Sociales en El Alto. ILDIS – SYSTEMA. Editorial Offset Boliviana Ltda.. p. 18 – 19.

**TAPIA, M. y FLORES, J. 1984.** Pastoreo y pastizales de los Andes del Sur del Perú. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. Editorial Servicios Editoriales Adolfo Arteta. Lima – Perú. 302 p.

**STEEL, R. y TORRIE, H. 1996.** Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda edición. Impreso en México. Impresora y Maquiladora de Libros MIG, S.A. de C.V. 560 p.

**SABSA. 2006.** Aeropuerto Internacional de El Alto. Consultado 15 abril 2006. Disponible: [http://www.sabsa.aeropuertointernacionlaelalto/welcome\\_a\\_lpz.asp](http://www.sabsa.aeropuertointernacionlaelalto/welcome_a_lpz.asp).

**ZONISIG (Ministerio de Desarrollo Sostenible Y Planificación). 1998.**  
Zonificación Agro-ecológica y Socioeconómica De la Cuenca Del Altiplano del  
Departamento de La Paz. SIERPE Publicaciones. Impreso en Bolivia. p. 35

ANEXOS

**ANEXO 1A**  
**PLANILLA DE EVALUACION DE PASTIZALES**

<b>LUGAR</b>				
<b>PISO ALTITUDINAL</b>				
<b>EXTENSION</b>				
<b>FECHA</b>				
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<b>Poco deseable</b>				
<b>No Deseable</b>				
<b>Desnudo</b>				
<b>Roca</b>				
<b>TOTAL</b>				

Fuente: Manual del Técnico Agropecuario 2001

## ANEXO 1B

### Clasificación de la Condición de los Pastizales

<b>I. Composición de especies decrecientes (D) Calidad</b>	
% Especies Decrecientes	Puntaje (0,5 valor por punto)
70 a 100	35,0 – 50,0
40 a 69	20,0 – 34,5
25 a 39	12,5 – 19,5
10 a 24	5,0 – 12,0
0 a 9	0,0 – 4,5

<b>II. Índice Forrajero (IF) Cantidad</b>	
% Índice Forrajero	Puntaje (0,2 valor por punto)
90 a 100	18,0 – 20,0
70 a 89	14,0 – 17,8
50 a 69	10,0 – 13,8
40 a 49	8,0 – 9,8
Menos de 40	0,0 – 7,8

<b>III. Suelo Desnudo y Roca</b>	
% Índice B.R.T.	Puntaje (restando el % obtenido de 100 se multiplica por 0,2 para obtener el valor)
10 a 0	18,0 – 20,0
30 a 11	14,0 – 17,8
50 a 31	10,0 – 13,8
60 a 51	8,0 – 9,8
Mayor de 60	0,0 – 7,8

<b>IV. Índice de Vigor</b>	
% Índice de Vigor	Puntaje (0,1 valor por punto)
80 a 100	8,0 – 10,0
60 a 79	6,0 – 7,9
40 a 59	4,0 – 5,9
20 a 39	2,0 – 3,9
Menos de 20	0,0 – 1,9

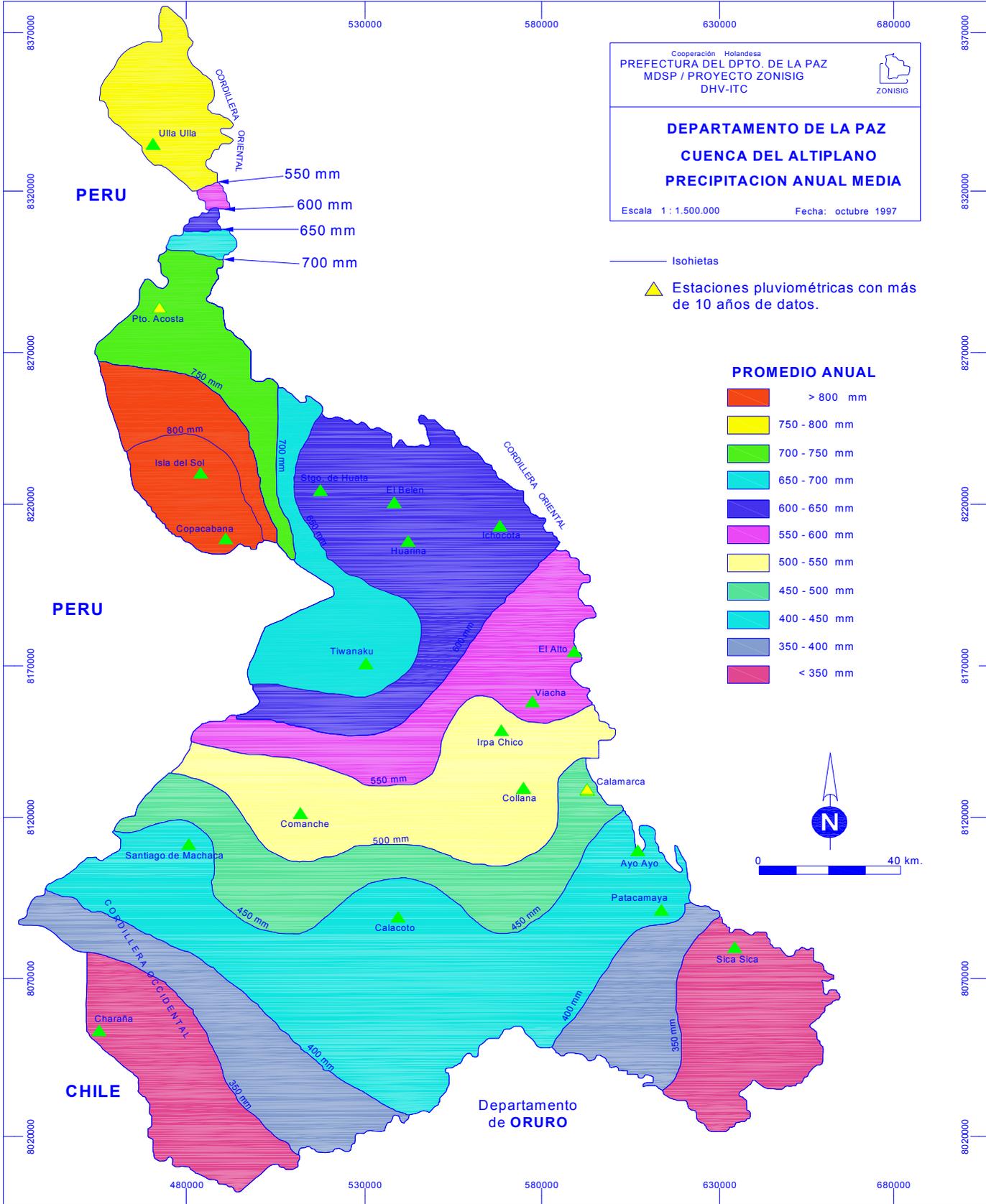
  

<b>V. Determinación de la condición de Pastizal</b>	
<b>Puntaje acumulativo obtenido de I, II, III, IV</b>	
Puntaje Total	Condición de Pastizal
79 a 100	Excelente
54 a 78	Bueno
37 a 53	Regular
23 a 36	Pobre
0 a 22	Muy Pobre

Fuente: Febres, 2001

# ANEXO 2A

## Mapa De Precipitación Pluvial Del Departamento De La Paz



## ANEXO 2B

Imagen Satelital. Vista Aérea Del Museo De Tiwanacu Altura Aproximada De 200 m.  
([Http://:Maps.Google.Com](http://Maps.Google.Com),2006).



## ANEXO 2C

Imagen Satelital. Vista Aérea Del Aeropuerto Internacional De El Alto Altura Aproximada De 200 m. ([Http://:Maps.Google.Com](http://Maps.Google.Com), 2006).



## ANEXO 2D

Imagen Satelital. Vista Aérea De La Estación Experimental De Choquenaira Altura Aproximada De 200 m. ([Http://:Maps.Google.Com](http://Maps.Google.Com), 2006).



## ANEXO 3A

## TRANSEPTO DE ESPECIES DE TIWANACU EN LA ÉPOCA HÚMEDA

<b>LUGAR:</b>	<b>TIWANACU</b>			
<b>PISO ALTITUDINAL:</b>	<b>3840 m.s.n.m.</b>			
<b>EXTENSION:</b>	<b>3 ha.</b>			
<b>FECHA:</b>	<b>6 - III - 2006</b>			
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>Trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<i>Festuca dolichophylla</i>	18	22	21	<b>20,33</b>
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	8	3	<b>6</b>
<i>Bromus uniloides</i>	9	1	5	<b>5</b>
<i>Alchemilla pinnata</i>	0	5	10	<b>5</b>
<i>Hordeum muticum</i>	8	10	2	<b>6,67</b>
<i>Scirpus rigidus</i>	4	0	1	<b>1,67</b>
<b>Poco deseable</b>				
<i>Stipa mucronata</i>	17	12	8	<b>12,33</b>
<i>Gnaphalium sp.</i>	2	2	0	<b>1,33</b>
<i>Malva silvestres</i>	2	0	1	<b>1</b>
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	2	6	6	<b>4,67</b>
<i>Festuca orthophylla</i>	6	4	10	<b>6,67</b>
<b>No Deseable</b>				
<i>Loto tetraploide</i>	4	0	6	<b>3,33</b>
<i>Baccharis mycrophylla</i>	0	3	6	<b>3</b>
<i>Bocconia pearcei</i>	3	7	6	<b>5,33</b>
<i>Achnaterum ichu</i>				
<i>Salvia horminum</i>	3	9	2	<b>4,67</b>
<i>diente de leon</i>	10	3	7	<b>6,67</b>
<b>Desnudo</b>	4	6	4	<b>4,67</b>
<b>Roca</b>	1	2	2	<b>1,67</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**ANEXO 3B**

**TRANSEPTO DE ESPECIES DE TIWANACU EN LA ÉPOCA SECA**

<b>LUGAR</b>	<b>Tiwanacu</b>			
<b>PISO ALTITUDINAL</b>	<b>3840 m.s.n.m.</b>			
<b>EXTENSION</b>	<b>3 ha.</b>			
<b>FECHA</b>	<b>5 - V - 2006</b>			
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>Trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<i>Festuca dolichophylla</i>	30	30	32	<b>30,67</b>
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	8	7	<b>7,33</b>
<i>Hordeum muticum</i>	2	5	3	<b>3,33</b>
<b>Poco deseable</b>				
<i>Stipa mucronata</i>	24	25	24	<b>24,33</b>
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	6	1	4	<b>3,67</b>
<b>No Deseable</b>				
<i>Achnaterum ichu</i>	2	4	5	<b>3,67</b>
<i>Salvia horminum</i>	1	1	0	<b>0,67</b>
<i>diente de leon</i>	4	2	4	<b>3,33</b>
<b>Desnudo</b>	18	15	14	<b>15,67</b>
<b>Roca</b>	6	9	7	<b>7,33</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**ANEXO 4**

**ALTURA DE ESPECIES CON UNA FRECUENCIA MAYOR AL 5 %EN TIWANACU EN  
ÉPOCA HÚMEDA Y ÉPOCA SECA**

	<b>ÉPOCA HÚMEDA</b>						<b>ÉPOCA SECA</b>		
	<b>Fedo</b>	<b>Mufa</b>	<b>Brun</b>	<b>Alpi</b>	<b>Homu</b>	<b>Stmu</b>	<b>Fedo</b>	<b>Mufa</b>	<b>Stmu</b>
Tiwanacu 1	0,500	0,075	0,130	0,041	0,120	0,120	0,670	0,045	0,140
Tiwanacu 2	0,750	0,066	0,160	0,043	0,080	0,150	0,570	0,065	0,130
Tiwanacu 3	0,620	0,063	0,140	0,042	0,100	0,160	0,700	0,038	0,160
Tiwanacu 4	0,310	0,063	0,120	0,040	0,090	0,130	0,590	0,040	0,120
Tiwanacu 5	0,450	0,055	0,110	0,040	0,070	0,090	0,450	0,023	0,150
Tiwanacu 6	0,480	0,058	0,160	0,055	0,060	0,130	0,410	0,028	0,180
Tiwanacu 7	0,530	0,067	0,140	0,025	0,110	0,170	0,560	0,033	0,100
Tiwanacu 8	0,290	0,065	0,150	0,030	0,090	0,180	0,700	0,035	0,080
Tiwanacu 9	0,480	0,070	0,120	0,035	0,070	0,150	0,300	0,048	0,130
Tiwanacu 10	0,680	0,073	0,100	0,038	0,060	0,100	0,380	0,040	0,140
<b>promedio</b>	<b>0,514</b>	<b>0,066</b>	<b>0,133</b>	<b>0,039</b>	<b>0,085</b>	<b>0,138</b>	<b>0,533</b>	<b>0,040</b>	<b>0,133</b>
<b>Altura máx.</b>	<b>0,750</b>	<b>0,075</b>	<b>0,160</b>	<b>0,055</b>	<b>0,120</b>	<b>0,180</b>	<b>0,700</b>	<b>0,065</b>	<b>0,180</b>
<b>Altura min.</b>	<b>0,290</b>	<b>0,055</b>	<b>0,100</b>	<b>0,025</b>	<b>0,060</b>	<b>0,090</b>	<b>0,300</b>	<b>0,023</b>	<b>0,080</b>
<b>desvió</b>	<b>0,146</b>	<b>0,006</b>	<b>0,021</b>	<b>0,008</b>	<b>0,021</b>	<b>0,029</b>	<b>0,141</b>	<b>0,012</b>	<b>0,029</b>
<b>moda</b>	<b>0,530</b>	<b>0,070</b>	<b>0,160</b>	<b>0,040</b>	<b>0,090</b>	<b>0,150</b>	<b>0,700</b>	<b>0,040</b>	<b>0,140</b>
<b>Vigor</b>	<b>96,98</b>	<b>94,57</b>	<b>83,13</b>	<b>97,25</b>	<b>94,44</b>	<b>92,00</b>	<b>76,14</b>	<b>98,75</b>	<b>95,00</b>

**Fedo**= *Festuca dolichophylla*; **Mufa** = *Muhlenbergia fastigiata*; **Brun** = *Bromus uniloides*; **Alpi** = *Alchemilla pinnata*; **Homu** = *Hordeum muticum*; **Stmu** = *Stipa mucronata*.

**ANEXO 5A**  
**ANÁLISIS DE MATERIA SECA**  
**EN LA ÉPOCA HÚMEDA (Marzo 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>Inicial</b>	<b>materia seca</b>	<b>perdida</b>	<b>ms g /0.25m2</b>	<b>ms g/m2</b>	<b>materia seca kg/ha</b>	<b>peso g/0.25m2</b>
Tiwanacu 1 Fedo	4,162	3,312	3,012	2,162	0,85	79,675	318,701	3187,012	111
Tiwanacu 2 Fedo	3,715	2,408	2,565	1,258	1,307	90,242	360,970	3609,700	184
Tiwanacu 3 Fedo	5,97	3,812	4,82	2,662	2,158	6,075	24,300	243,004	11
Tiwanacu 4 Fedo	3,759	2,847	2,609	1,697	0,912	42,279	169,115	1691,146	65
<b>Promedio</b>	<b>4,402</b>	<b>3,095</b>	<b>3,252</b>	<b>1,945</b>	<b>1,307</b>	<b>54,568</b>	<b>218,272</b>	<b>2182,715</b>	<b>92,750</b>
Tiwanacu 1 stmu	3,45	2,13	2,3	0,98	1,32	5,113	20,452	204,522	12
Tiwanacu 2 stmu	2,654	2,132	1,504	0,982	0,522	10,447	41,787	417,872	16
Tiwanacu 3 stmu	3,279	2,76	2,129	1,61	0,519	15,124	60,498	604,979	20
Tiwanacu 4 stmu	4,561	3,785	3,411	2,635	0,776	23,175	92,700	927,001	30
<b>Promedio</b>	<b>3,486</b>	<b>2,702</b>	<b>2,336</b>	<b>1,552</b>	<b>0,784</b>	<b>13,465</b>	<b>53,859</b>	<b>538,593</b>	<b>19,500</b>
Tiwanacu 1 otros	2,762	2,156	1,612	1,006	0,606	3,120	12,481	124,814	2,762
Tiwanacu 2 otros	3,156	2,471	2,006	1,321	0,685	4,610	18,439	184,387	3,156
Tiwanacu 3 otros	2,561	1,86	1,411	0,71	0,701	2,013	8,051	80,510	2,561
Tiwanacu 4 otros	1,954	1,205	0,804	0,055	0,749	0,205	0,821	8,209	1,954
<b>Promedio</b>	<b>2,608</b>	<b>1,923</b>	<b>1,458</b>	<b>0,773</b>	<b>0,685</b>	<b>2,487</b>	<b>9,948</b>	<b>99,480</b>	<b>2,608</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

**ANEXO 5B**  
**ANÁLISIS DE MATERIA SECA EN EL MUSEO DE TIWANACU**  
**EN LA ÉPOCA SECA (Junio 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>materia seca</b>	<b>perdida</b>	<b>ms g /0.25m2</b>	<b>ms g/m2</b>	<b>materia seca kg/ha</b>	<b>peso g/0.25m2</b>
Tiwanacu 1 ch	2,558	2,441	1,438	1,321	0,117	19,291	77,166	771,655	21
Tiwanacu 2 ch	2,911	2,435	1,791	1,315	0,476	47,725	190,899	1908,989	65
Tiwanacu 3 ch	2,95	2,675	1,83	1,555	0,275	16,145	64,579	645,792	19
Tiwanacu 4 ch	2,645	2,45	1,525	1,33	0,195	36,630	146,518	1465,180	42
<b>Promedio</b>	<b>2,766</b>	<b>2,500</b>	<b>1,646</b>	<b>1,380</b>	<b>0,266</b>	<b>29,948</b>	<b>119,790</b>	<b>1197,904</b>	<b>36,750</b>
Tiwanacu 1 sti	2,577	2,425	1,457	1,305	0,152	11,644	46,575	465,752	13
Tiwanacu 2 sti	2,56	1,84	1,44	0,72	0,72	2,000	8,000	80,000	4
Tiwanacu 3 sti	2,818	2,204	1,698	1,084	0,614	1,915	7,661	76,608	3
Tiwanacu 4 sti	2,586	2,521	1,466	1,401	0,065	17,202	68,808	688,076	18
<b>Promedio</b>	<b>2,635</b>	<b>2,248</b>	<b>1,515</b>	<b>1,128</b>	<b>0,388</b>	<b>8,190</b>	<b>32,761</b>	<b>327,609</b>	<b>9,500</b>
Tiwanacu 1 otros	1,97	1,432	0,85	0,312	0,538	1,468	5,873	58,729	4
Tiwanacu 2 otros	1,56	1,226	0,44	0,106	0,334	0,602	2,409	24,091	2,5
Tiwanacu 3 otros	1,845	1,397	0,725	0,277	0,448	1,337	5,349	53,490	3,5
Tiwanacu 4 otros	1,635	1,283	0,515	0,163	0,352	0,950	3,798	37,981	3
<b>Promedio</b>	<b>1,753</b>	<b>1,335</b>	<b>0,633</b>	<b>0,215</b>	<b>0,418</b>	<b>1,089</b>	<b>4,357</b>	<b>43,573</b>	<b>3,250</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

## ANEXO 6A

### CALCULO DE BIOMASA EN TIWANACU EN LA ÉPOCA HÚMEDA

#### Predicción de biomasa de *Festuca dolichophylla*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	50	3187,01	2112,68
2	70	3609,70	3983,28
3	35	243,00	709,73
4	48	1691,15	1925,62
<b>PROMEDIO</b>	<b>50,75</b>	<b>2182,72</b>	<b>2182,83</b>

Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$a = 93,53$

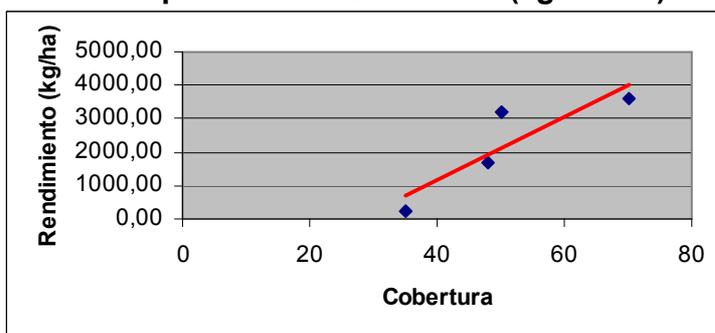
$b = -2563,82$

$y = 93,53x - 2563,82$

$r = 0,88$

$R^2 = 0,78$

Covarianza = 14654,62



#### Predicción de biomasa de *Stipa mucronata*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	15	204,52	185,41
2	20	417,87	420,86
3	25	604,98	656,31
4	30	927,00	891,76
<b>PROMEDIO</b>	<b>22,5</b>	<b>538,59</b>	<b>538,59</b>

Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$a = 47,09$

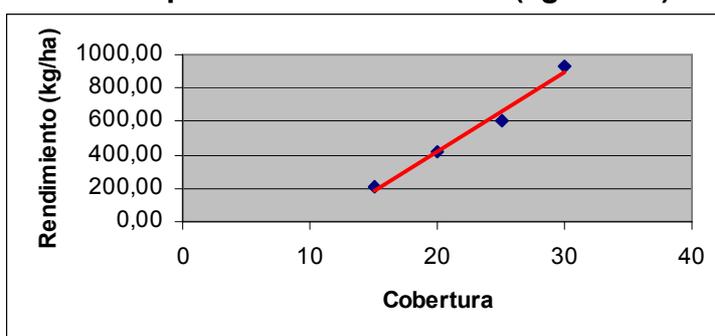
$b = -520,94$

$y = 47,09x - 520,94$

$r = 0,99$

$R^2 = 1$

Covarianza = 266,68



### Predicción de biomasa de otras especies

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	20	184,387	189,57
2	15	124,814	122,82
3	10	80,51	56,07
4	8	8,209	29,37
<b>PROMEDIO</b>	<b>13,25</b>	<b>99,480</b>	<b>99,46</b>

### Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$$a = 13,35$$

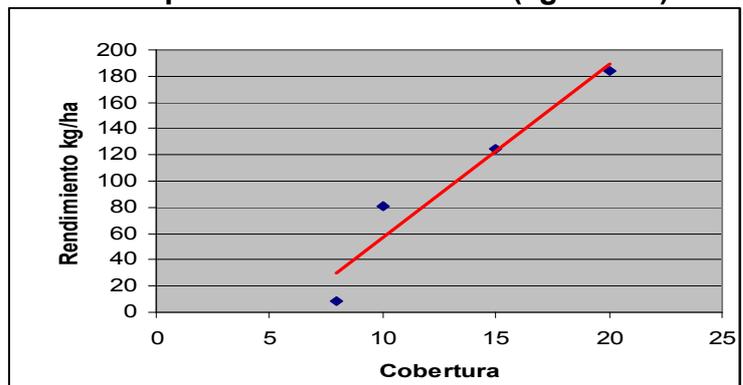
$$b = -74,43$$

$$y = 13,35x - 74,43$$

$$r = 0,95$$

$$R^2 = 0,93$$

$$\text{Covarianza} = 289,57$$



## ANEXO 6B

### CALCULO DE BIOMASA EN TIWANACU EN LA ÉPOCA SECA

#### Predicción de biomasa de *Festuca dolichophylla*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	40	771,66	973,71
2	60	1908,99	1870,31
3	30	645,79	525,41
4	50	1465,18	1422,01
<b>PROMEDIO</b>	<b>45</b>	<b>1197,90</b>	<b>1197,86</b>

#### Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$a = 44,83$

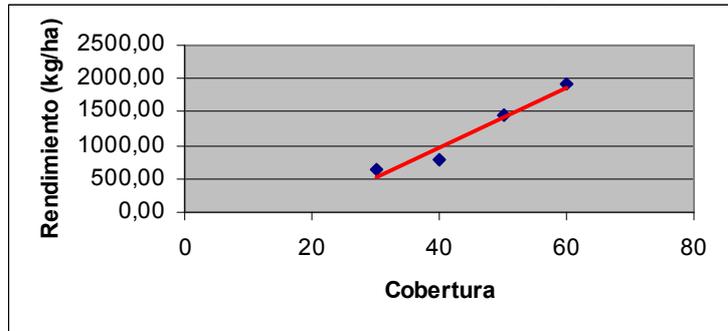
$b = - 819,49$

$y = 44,83x - 819,49$

$r = 0,97$

$R^2 = 1$

Covarianza = 5686,67



#### Predicción de biomasa de *Stipa mucronata*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	15	465,75	438,57
2	10	80,00	216,57
3	5	76,61	-5,43
4	20	688,08	660,57
<b>PROMEDIO</b>	<b>12,5</b>	<b>327,61</b>	<b>327,57</b>

#### Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$a = 44,40$

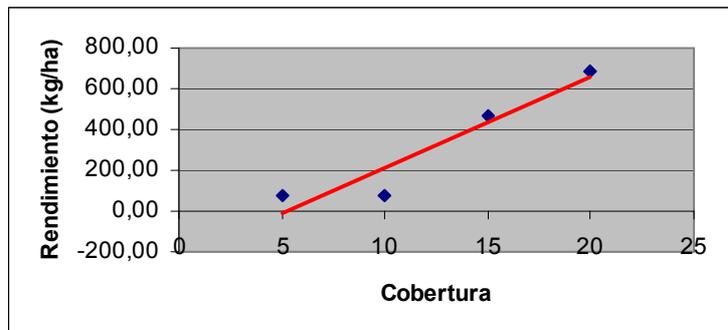
$b = - 227,43$

$y = 44,40x - 227,43$

$r = 0,95$

$R^2 = 0,75$

Covarianza = 648,57



### Predicción de biomasa de otras especies

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	15	58,729	60,28
2	13	53,49	51,36
3	10	37,981	37,98
4	7	24,091	24,60
<b>PROMEDIO</b>	<b>11,25</b>	<b>43,573</b>	<b>43,56</b>

### Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$$a = 4,46$$

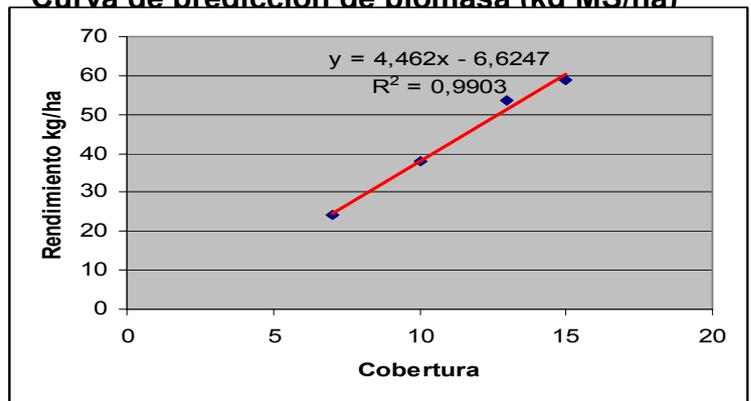
$$b = -6,62$$

$$y = 4,46x - 6,62$$

$$r = 0,99$$

$$R^2 = 0,99$$

$$\text{Covarianza} = 40,99$$



**ANEXO 7A**

**TRANSEPTO DE ESPECIES DEL AEROPUERTO EN LA ÉPOCA HÚMEDA**

<b>LUGAR</b>		<b>AEROPUERTO</b>		
<b>PISO ALTITUDINAL</b>		4008 m.s.n.m.		
<b>EXTENSIÓN</b>		5 ha.		
<b>FECHA</b>		7 - III - 2006		
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<i>Festuca dolichophylla</i>	31	27	23	<b>27</b>
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	10	12	17	<b>13</b>
<i>Bromus uniloides</i>	1	0	0	<b>0,33</b>
<b>Poco deseable</b>				
<i>Stipa mucronata</i>	5	14	24	<b>14,33</b>
<i>Lucilia aretioides</i>	16	3	12	<b>10,33</b>
<i>stipa brachyphylla</i>	1	1	0	<b>0,67</b>
<b>No Deseable</b>				
<i>Baccharis mycrophylla</i>	1	5	0	<b>2</b>
<i>Bocconia pearcei</i>	2	2	2	<b>2</b>
<i>Achnaterum ichu</i>	3	1	1	<b>1,67</b>
<i>Azorella compacta</i>	0	1	0	<b>0,33</b>
<i>Salvia horminum</i>	0	2	5	<b>2,33</b>
<i>Musgo</i>	4	7	4	<b>5</b>
<i>diente de leon</i>	6	6	6	<b>6</b>
<b>Desnudo</b>	16	14	4	<b>11,33</b>
<b>Roca</b>	4	5	2	<b>3,67</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**ANEXO 7B**

**TRANSEPTO DE ESPECIES DE AEROPUERTO EN LA ÉPOCA SECA**

<b>LUGAR</b>		<b>AEROPUERTO</b>		
<b>PISO ALTITUDINAL</b>		4008 m.s.n.m.		
<b>EXTENSION</b>		5 ha.		
<b>FECHA</b>		6 - V - 2006		
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<i>Festuca dolichophylla</i>	29	22	26	<b>25,67</b>
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	8	9	<b>8</b>
<i>Bromus uniloides</i>	1	8	4	<b>4,33</b>
<b>Poco deseable</b>				
<i>Stipa mucronata</i>	20	17	23	<b>20</b>
<i>Lucilia aretioides</i>	0	3	2	<b>1,67</b>
<i>stipa brachyphylla</i>	3	0	1	<b>1,33</b>
<b>No Deseable</b>				
<i>Baccharis mycrophylla</i>	0	6	5	<b>3,67</b>
<i>Achnaterum ichu</i>	5	7	12	<b>8</b>
<i>Salvia horminum</i>	0	4	3	<b>2,33</b>
<i>musgo</i>	13	5	4	<b>7,33</b>
<i>diente de leon</i>	11	5	4	<b>6,67</b>
<b>Desnudo</b>	10	13	6	<b>9,67</b>
<b>Roca</b>	1	2	1	<b>1,33</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## ANEXO 8

### ALTURA DE ESPECIES CON UNA FRECUENCIA MAYOR AL 5 % EN EL AEROPUERTO EN ÉPOCA HÚMEDA Y ÉPOCA SECA

	ÉPOCA HÚMEDA				ÉPOCA SECA		
	Fedo	Mufa	Stmu	Luár	Fedo	Mufa	stmu
aeropuerto 1	0,260	0,055	0,190	0,033	0,480	0,045	0,070
aeropuerto 2	0,480	0,072	0,150	0,025	0,390	0,004	0,120
aeropuerto 3	0,450	0,083	0,230	0,022	0,690	0,045	0,060
aeropuerto 4	0,440	0,070	0,180	0,041	0,460	0,055	0,140
aeropuerto 5	0,380	0,055	0,220	0,043	0,360	0,060	0,130
aeropuerto 6	0,820	0,052	0,170	0,020	0,450	0,066	0,170
aeropuerto 7	0,620	0,045	0,180	0,018	0,330	0,070	0,180
aeropuerto 8	0,450	0,036	0,150	0,022	0,470	0,058	0,110
aeropuerto 9	0,250	0,050	0,120	0,030	0,450	0,054	0,140
aeropuerto 10	0,280	0,080	0,090	0,035	0,320	0,045	0,100
<b>promedio</b>	<b>0,443</b>	<b>0,063</b>	<b>0,171</b>	<b>0,030</b>	<b>0,440</b>	<b>0,052</b>	<b>0,122</b>
<b>Altura máx.</b>	<b>0,820</b>	<b>0,083</b>	<b>0,230</b>	<b>0,043</b>	<b>0,690</b>	<b>0,060</b>	<b>0,180</b>
<b>Altura min.</b>	<b>0,250</b>	<b>0,036</b>	<b>0,090</b>	<b>0,018</b>	<b>0,320</b>	<b>0,041</b>	<b>0,060</b>
<b>desvió</b>	<b>0,175</b>	<b>0,015</b>	<b>0,042</b>	<b>0,009</b>	<b>0,106</b>	<b>0,007</b>	<b>0,039</b>
<b>Moda</b>	<b>0,450</b>	<b>0,070</b>	<b>0,180</b>	<b>0,033</b>	<b>0,450</b>	<b>0,055</b>	<b>0,140</b>
<b>Vigor</b>	<b>98,44</b>	<b>89,43</b>	<b>95,00</b>	<b>90,91</b>	<b>97,78</b>	<b>93,64</b>	<b>87,14</b>

Fedo= *Festuca dolichophylla*; Mufa = *Muhlenbergia fastigiata*; Stmu = *Stipa mucronata*; Luár = *Lucilia aretioides*.

**ANEXO 9A**  
**ANÁLISIS DE MATERIA SECA**  
**EN LA ÉPOCA HÚMEDA (Marzo 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>Inicial</b>	<b>materia seca</b>	<b>perdida</b>	<b>ms g /0.25m2</b>	<b>Ms g/m2</b>	<b>materia seca kg/ha</b>	<b>peso g/0.25m2</b>
aeropuerto 1 Fedo	3,972	3,742	2,852	2,622	0,23	52,403	209,613	2096,129	57
aeropuerto 2 Fedo	4,581	3,804	3,461	2,684	0,777	31,020	124,080	1240,797	40
aeropuerto 3 Fedo	3,645	3,05	2,525	1,93	0,595	28,281	113,125	1131,248	37
aeropuerto 4 Fedo	4,638	3,951	3,518	2,831	0,687	74,034	296,136	2961,364	92
<b>Promedio</b>	<b>4,209</b>	<b>3,637</b>	<b>3,089</b>	<b>2,517</b>	<b>0,572</b>	<b>46,435</b>	<b>185,738</b>	<b>1857,385</b>	<b>56,500</b>
aeropuerto 1 Stmu	2,709	2,17	1,559	1,02	0,539	3,926	15,702	157,024	6
aeropuerto 2 Stmu	3,668	2,3	2,518	1,15	1,368	7,307	29,230	292,295	16
aeropuerto 3 Stmu	4,238	3,098	3,088	1,948	1,14	11,355	45,420	454,197	18
aeropuerto 4 Stmu	3,201	2,665	2,051	1,515	0,536	3,693	14,773	147,733	5
<b>Promedio</b>	<b>3,454</b>	<b>2,558</b>	<b>2,304</b>	<b>1,408</b>	<b>0,896</b>	<b>6,570</b>	<b>26,281</b>	<b>262,812</b>	<b>11,250</b>
aeropuerto 1 otros	1,926	1,365	0,776	0,215	0,561	1,108	4,433	44,330	4
aeropuerto 2 otros	2,156	1,564	1,006	0,414	0,592	2,058	8,231	82,306	5
aeropuerto 3 otros	2,247	1,782	1,097	0,632	0,465	2,996	11,983	119,832	5,2
aeropuerto 4 otros	1,652	1,214	0,502	0,064	0,438	0,484	1,938	19,378	3,8
<b>Promedio</b>	<b>1,995</b>	<b>1,481</b>	<b>0,845</b>	<b>0,331</b>	<b>0,514</b>	<b>1,662</b>	<b>6,646</b>	<b>66,462</b>	<b>4,500</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

**ANEXO 9B**  
**ANÁLISIS DE MATERIA SECA**  
**EN LA ÉPOCA SECA (Junio 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>materia seca</b>	<b>perdida</b>	<b>Ms g /0.25m2</b>	<b>Ms g/m2</b>	<b>materia seca kg/ha</b>	<b>peso g/0.25m2</b>
aeropuerto 1 Fedo	5,42	3,557	4,27	2,407	1,863	4,510	18,038	180,384	8
aeropuerto 2 Fedo	5,153	3,153	4,003	2,003	2	11,008	44,033	440,330	22
aeropuerto 3 Fedo	6,049	3,969	4,899	2,819	2,08	37,978	151,912	1519,118	66
aeropuerto 4 Fedo	3,915	3,317	2,765	2,167	0,598	25,079	100,317	1003,168	32
<b>Promedio</b>	<b>5,134</b>	<b>3,499</b>	<b>3,984</b>	<b>2,349</b>	<b>1,635</b>	<b>19,644</b>	<b>78,575</b>	<b>785,750</b>	<b>32,000</b>
aeropuerto 1 Stmu	3,066	2,71	1,946	1,59	0,356	4,085	16,341	163,412	5
aeropuerto 2 Stmu	2,497	2,476	1,377	1,356	0,021	9,847	39,390	393,900	10
aeropuerto 3 Stmu	2,928	2,682	1,808	1,562	0,246	16,415	65,659	656,593	19
aeropuerto 4 Stmu	2,661	2,339	1,541	1,219	0,322	16,612	66,448	664,478	21
<b>Promedio</b>	<b>2,788</b>	<b>2,552</b>	<b>1,668</b>	<b>1,432</b>	<b>0,236</b>	<b>11,740</b>	<b>46,960</b>	<b>469,596</b>	<b>13,750</b>
aeropuerto 1 otros	1,756	1,287	0,636	0,167	0,469	1,103	4,411	44,113	4,2
aeropuerto 2 otros	1,845	1,345	0,725	0,225	0,5	0,621	2,483	24,828	2
aeropuerto 3 otros	1,603	1,278	0,483	0,158	0,325	1,308	5,234	52,340	4
aeropuerto 4 otros	1,247	1,15	0,127	0,03	0,097	0,709	2,835	28,346	3
<b>Promedio</b>	<b>1,613</b>	<b>1,265</b>	<b>0,493</b>	<b>0,145</b>	<b>0,348</b>	<b>0,935</b>	<b>3,741</b>	<b>37,407</b>	<b>3,300</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*, Stmu = *Stipa mucronata*.

## ANEXO 10A

### CALCULO DE BIOMASA EN EL AEROPUERTO EN LA ÉPOCA HÚMEDA

#### Predicción de biomasa de *Festuca dolichophylla*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	30	180,38	41,38
2	40	440,33	703,08
3	50	1519,12	1364,78
4	45	1003,17	1033,93
<b>PROMEDIO</b>	<b>41,25</b>	<b>785,75</b>	<b>785,79</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$a = 66,17$

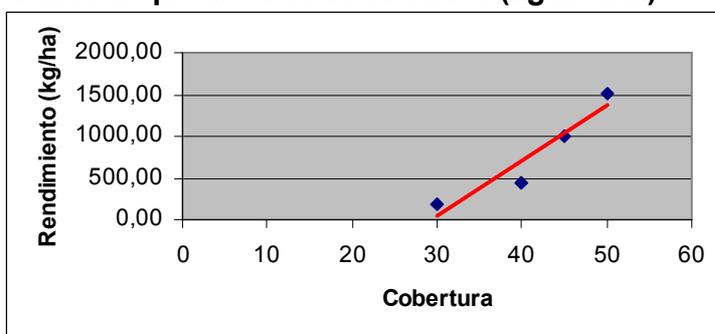
$b = - 1943,72$

$y = 66,17x - 1943,72$

$r = 0,95$

$R^2 = 1$

Covarianza = 649,86



#### Predicción de biomasa de *Stipa mucronata*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	25	157,02	162,18
2	30	292,30	262,78
3	40	454,197	463,98
4	25	147,73	162,18
<b>PROMEDIO</b>	<b>30</b>	<b>452,06</b>	<b>452,07</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$a = 70,58$

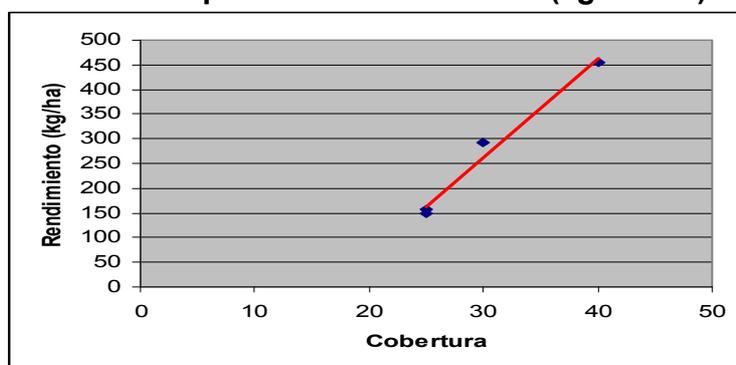
$b = - 1665,33$

$y = 70,58x - 1665,33$

$r = 0,97$

$R^2 = 1$

Covarianza = 169,08



### Predicción de biomasa de otras especies

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	15	119,83	115,59
2	11	82,31	81,39
3	8	44,33	55,74
4	3	19,38	12,99
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,25</b>	<b>66,46</b>	<b>66,43</b>

Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$$a = 8,55$$

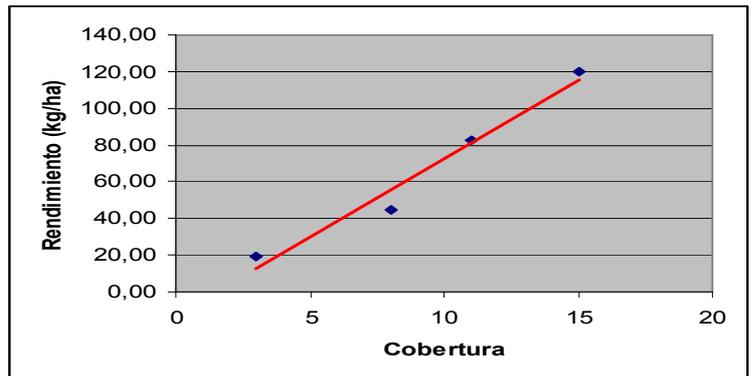
$$b = -12,66$$

$$y = 8,55 x - 12,66$$

$$r = 0,97$$

$$R^2 = 0,97$$

$$\text{Covarianza} = 164,13$$



## ANEXO 10B

### CALCULO DE BIOMASA EN EL AEROPUERTO EN LA ÉPOCA SECA

#### Predicción de biomasa de *Festuca dolichophylla*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	45	2096,13	2174,58
2	40	1240,80	1540,03
3	35	1131,25	905,48
4	50	2961,36	2809,13
<b>PROMEDIO</b>	<b>42,5</b>	<b>1857,38</b>	<b>1857,31</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$$a = 126,91$$

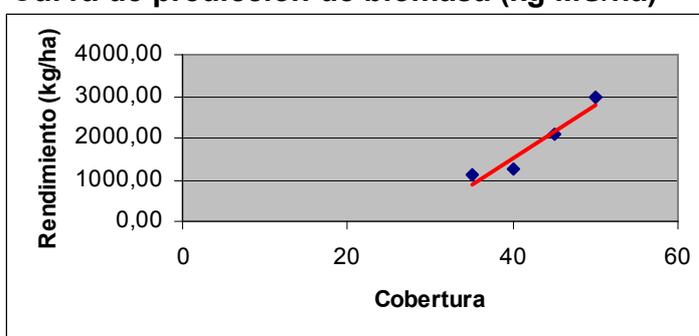
$$b = - 3536,37$$

$$y = 126,91x - 3536,37$$

$$r = 0,96$$

$$R^2 = 1$$

$$\text{Covarianza} = 1069,16$$



#### Predicción de biomasa de *Stipa mucronata*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	20	163,41	156,82
2	25	393,90	407,02
3	30	656,59	657,22
4	30	664,48	657,22
<b>PROMEDIO</b>	<b>26,25</b>	<b>469,60</b>	<b>469,57</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$$a = 50,04$$

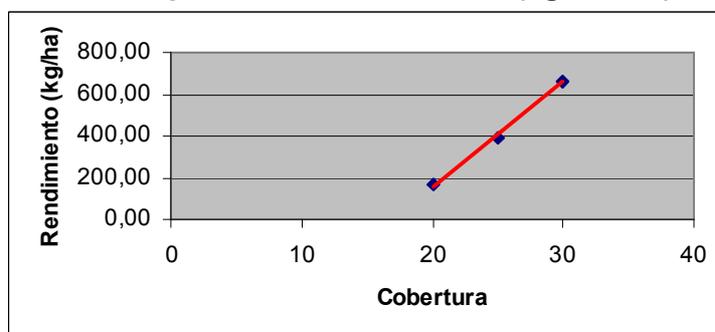
$$b = - 843,98$$

$$y = 50,04x - 843,98$$

$$r = 0,99$$

$$R^2 = 1$$

$$\text{Covarianza} = 288,11$$



### Predicción de biomasa de otras especies

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	9	52,34	53,37
2	7	44,11	41,75
3	5	28,35	30,13
4	4	24,83	24,32
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,25</b>	<b>37,41</b>	<b>37,3925</b>

Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)

$$a = 8,55$$

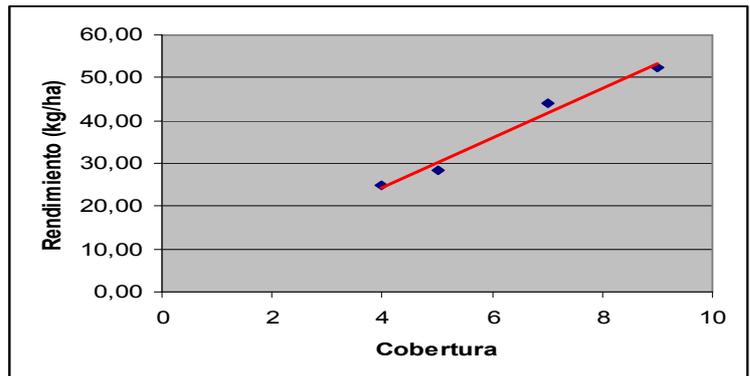
$$b = 1,08$$

$$y = 8,55 x + 1,08$$

$$r = 0,95$$

$$R^2 = 0,98$$

$$\text{Covarianza} = 21,43$$



**ANEXO 11A**  
**TRANSEPTO DE ESPECIES DE CHOQUENAIRA EN LA ÉPOCA HÚMEDA**

<b>LUGAR</b>		<b>CHOQUENAIRA</b>		
<b>PISO ALTITUDINAL</b>		3958 m.s.n.m.		
<b>EXTENSIÓN</b>		3 ha.		
<b>FECHA</b>		8 - III - 2006		
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<i>Festuca dolichophylla</i>	25	24	23	<b>24</b>
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	20	22	21	<b>21</b>
<i>Alchemilla pinnata</i>	3	2	1	<b>2</b>
<i>Hordeum muticum</i>	16	11	21	<b>16</b>
<b>Poco deseable</b>				
<i>Lucilia aretioides</i>	12	7	16	<b>11,67</b>
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	6	9	2	<b>5,67</b>
<b>No Deseable</b>				
<i>Salvia horminum</i>	6	9	2	<b>5,67</b>
<i>diente de leon</i>	2	6	3	<b>3,67</b>
<b>Desnudo</b>	10	10	11	<b>10,33</b>
<b>Roca</b>	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**ANEXO 11B**

**TRANSEPTO DE ESPECIES DE CHOQUENAIRA EN LA ÉPOCA SECA**

<b>LUGAR</b>		<b>CHOQUENAIRA</b>		
<b>PISO ALTITUDINAL</b>		3958 m.s.n.m.		
<b>EXTENSION</b>		3 ha.		
<b>FECHA</b>		7 - V - 2006		
<b>ESPECIE VEGETAL</b>	<b>trans 1</b>	<b>Trans 2</b>	<b>trans 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Deseable</b>				
<i>Festuca dolichophylla</i>	24	24	27	<b>25</b>
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	11	11	13	<b>11,67</b>
<i>Alchemilla pinnata</i>	9	0	7	<b>5,33</b>
<i>Hordeum muticum</i>	16	15	12	<b>14,33</b>
<b>Poco deseable</b>				
<i>Lucilia aretioides</i>	17	10	5	<b>10,67</b>
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	2	13	10	<b>8,33</b>
<b>No Deseable</b>				
<i>Salvia horminum</i>	4	3	8	<b>5</b>
<i>diente de leon</i>	0	4	7	<b>3,67</b>
<b>Desnudo</b>	17	20	11	<b>16</b>
<b>Roca</b>	0	0	0	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**ANEXO 12**

**ALTURA DE ESPECIES CON UNA FRECUENCIA MAYOR AL 5 % EN CHOQUENAIRA EN  
ÉPOCA HÚMEDA Y ÉPOCA SECA**

ÉPOCA HÚMEDA					ÉPOCA SECA				
	Fedo	Mufa	Homu	Luar	Fedo	Mufa	Homu	Cavi	Luar
Viacha 1	0,320	0,065	0,120	0,250	0,310	0,058	0,090	0,150	0,025
Viacha 2	0,540	0,063	0,130	0,032	0,470	0,052	0,060	0,180	0,022
Viacha 3	0,410	0,075	0,080	0,028	0,510	0,051	0,070	0,190	0,024
Viacha 4	0,620	0,078	0,090	0,023	0,590	0,066	0,080	0,220	0,026
Viacha 5	0,270	0,082	0,100	0,035	0,430	0,058	0,090	0,160	0,028
Viacha 6	0,480	0,075	0,120	0,026	0,390	0,052	0,110	0,180	0,021
Viacha 7	0,390	0,066	0,070	0,022	0,260	0,059	0,800	0,170	0,022
Viacha 8	0,560	0,073	0,090	0,028	0,510	0,058	0,070	0,140	0,024
Viacha 9	0,480	0,074	0,080	0,030	0,420	0,054	0,075	0,130	0,023
Viacha 10	0,450	0,058	0,090	0,021	0,290	0,050	0,081	0,150	0,030
<b>promedio</b>	<b>0,452</b>	<b>0,071</b>	<b>0,091</b>	<b>0,026</b>	<b>0,418</b>	<b>0,056</b>	<b>0,081</b>	<b>0,159</b>	<b>0,024</b>
<b>Altura máx.</b>	<b>0,620</b>	<b>0,082</b>	<b>0,120</b>	<b>0,035</b>	<b>0,590</b>	<b>0,066</b>	<b>0,110</b>	<b>0,190</b>	<b>0,028</b>
<b>Altura min.</b>	<b>0,270</b>	<b>0,058</b>	<b>0,070</b>	<b>0,021</b>	<b>0,260</b>	<b>0,050</b>	<b>0,060</b>	<b>0,130</b>	<b>0,021</b>
<b>desvió</b>	<b>0,48</b>	<b>0,075</b>	<b>0,1</b>	<b>0,028</b>	<b>0,51</b>	<b>0,058</b>	<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,025</b>
<b>Moda</b>	<b>0,480</b>	<b>0,075</b>	<b>0,100</b>	<b>0,028</b>	<b>0,510</b>	<b>0,058</b>	<b>0,090</b>	<b>0,180</b>	<b>0,025</b>
<b>Vigor</b>	<b>94,17</b>	<b>94,53</b>	<b>91,00</b>	<b>93,93</b>	<b>81,96</b>	<b>96,21</b>	<b>89,56</b>	<b>88,33</b>	<b>97,60</b>

Fedo= *Festuca dolichophylla*; Mufa = *Muhlenbergia fastigiata*; Homu = *Hordeum muticum*; Cavi = *Calamagrostis vicunarum* ; Luar = *Lucilia aretioides*.

**ANEXO 13A**  
**ANÁLISIS DE MATERIA SECA**  
**EN LA ÉPOCA HÚMEDA (Marzo 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>Inicial</b>	<b>materia seca</b>	<b>perdida</b>	<b>ms g /0.25m2</b>	<b>ms g/m2</b>	<b>materia seca kg/ha</b>	<b>peso g/0.25m2</b>
Viacha 1 ch	5,009	4,2	3,859	3,05	0,809	34,776	139,103	1391,034	44
Viacha 2 ch	5,081	4,109	3,931	2,959	0,972	31,615	126,459	1264,594	42
Viacha 3 ch	4,169	3,564	3,019	2,414	0,605	39,181	156,722	1567,221	49
Viacha 4 ch	7,792	5,931	6,642	4,781	1,861	38,870	155,480	1554,797	54
<b>Promedio</b>	<b>5,513</b>	<b>4,451</b>	<b>4,363</b>	<b>3,301</b>	<b>1,062</b>	<b>36,110</b>	<b>144,441</b>	<b>1444,411</b>	<b>47,250</b>
Viacha 1 otros	3,148	2,346	1,998	1,196	0,802	11,972	47,888	478,879	20
Viacha 2 otros	3,978	3,078	2,828	1,928	0,9	17,044	68,175	681,754	25
Viacha 3 otros	4,561	3,627	3,411	2,477	0,934	25,416	101,665	1016,652	35
Viacha 4 otros	4,198	3,421	3,048	2,271	0,777	20,862	83,449	834,488	28
<b>Promedio</b>	<b>3,971</b>	<b>3,118</b>	<b>2,821</b>	<b>1,968</b>	<b>0,853</b>	<b>18,824</b>	<b>75,294</b>	<b>752,943</b>	<b>27,000</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*.

**ANEXO 13B**  
**ANÁLISIS DE MATERIA SECA**  
**EN LA ÉPOCA SECA (Junio 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>materia seca</b>	<b>perdida</b>	<b>ms g /0.25m2</b>	<b>ms g/m2</b>	<b>materia seca kg/ha</b>	<b>peso g/0.25m2</b>
Viacha 1 Fedo	3,458	3,283	2,338	2,163	0,175	49,958	199,832	1998,323	54
Viacha 2 Fedo	2,593	2,398	1,473	1,278	0,195	16,485	65,939	659,389	19
Viacha 3 Fedo	2,464	2,363	1,344	1,243	0,101	29,595	118,381	1183,810	32
Viacha 4 Fedo	3,99	3,744	2,87	2,624	0,246	25,600	102,400	1024,000	28
<b>Promedio</b>	<b>3,126</b>	<b>2,947</b>	<b>2,006</b>	<b>1,827</b>	<b>0,179</b>	<b>30,410</b>	<b>121,638</b>	<b>1216,380</b>	<b>33,250</b>
Viacha 1 otros	3,258	2,861	2,138	1,741	0,397	20,358	81,431	814,312	25
Viacha 2 otros	1,951	1,429	0,831	0,309	0,522	4,834	19,336	193,357	13
Viacha 3 otros	2,357	1,843	1,237	0,723	0,514	10,521	42,082	420,825	18
Viacha 4 otros	2,159	1,582	1,039	0,462	0,577	8,893	35,573	355,727	20
<b>Promedio</b>	<b>2,431</b>	<b>1,929</b>	<b>1,311</b>	<b>0,809</b>	<b>0,503</b>	<b>11,151</b>	<b>44,606</b>	<b>446,055</b>	<b>19,000</b>

Fedo = *Festuca dolichophylla*.

## ANEXO 14A

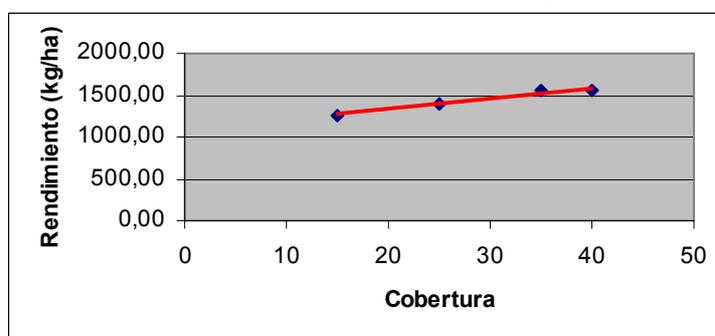
### CALCULO DE BIOMASA EN CHOQUENAIRA EN LA ÉPOCA HÚMEDA

#### Predicción de biomasa de *Festuca dolichophylla*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	25	1391,03	1396,02
2	15	1264,59	1267,42
3	40	1567,22	1588,92
4	35	1554,80	1524,62
<b>PROMEDIO</b>	<b>28,75</b>	<b>1444,41</b>	<b>1444,25</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$a = 12,86$   
 $b = 1074,52$   
 $y = 12,86x + 1074,52$   
 $r = 0,98$   
 $R^2 = 1$   
 Covarianza = 316,1

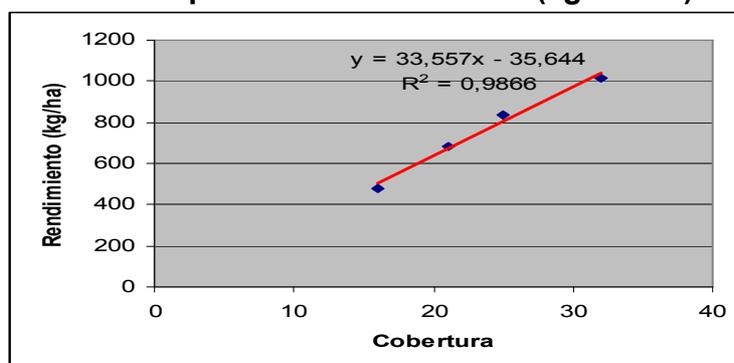


#### Predicción de biomasa de otras especies

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	32	1016,652	1038,28
2	25	834,488	803,36
3	21	681,754	669,12
4	16	478,879	501,32
<b>PROMEDIO</b>	<b>23,5</b>	<b>752,943</b>	<b>753,02</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$a = 33,56$   
 $b = -35,64$   
 $y = 33,56x - 35,64$   
 $r = 0,98$   
 $R^2 = 0,99$   
 Covarianza = 1149,32



## ANEXO 14B

### CALCULO DE BIOMASA EN CHOQUENAIRA EN LA ÉPOCA SECA

#### Predicción de biomasa de *Festuca dolichophylla*

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	70	1998,32	2024,62
2	20	659,39	731,62
3	35	1183,81	1119,52
4	30	1024,00	990,22
<b>PROMEDIO</b>	<b>38,75</b>	<b>1216,38</b>	<b>1216,50</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$$a = 25,85$$

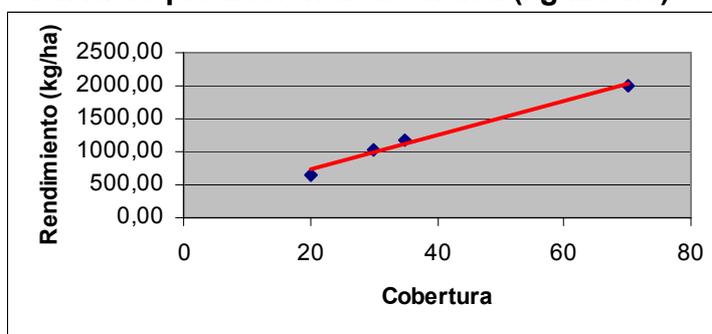
$$b = 214,42$$

$$y = 25,85x + 214,42$$

$$r = 0,99$$

$$R^2 = 1$$

$$\text{Covarianza} = 16736,67$$



#### Predicción de biomasa de otras especies

Nº	Cobertura vegetal (%)	Rendimiento observado (kg/ha)	Rendimiento Corregido (kg/ha)
1	21	814,312	769,60
2	15	420,825	481,96
3	13	355,727	386,08
4	8	193,357	146,38
<b>PROMEDIO</b>	<b>14,25</b>	<b>446,055</b>	<b>446,01</b>

**Curva de predicción de biomasa (kg MS/ha)**

$$a = 47,94$$

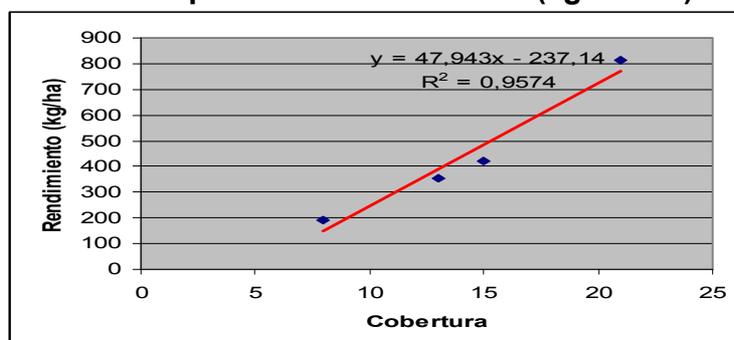
$$b = -237,14$$

$$y = 47,94x - 237,14$$

$$r = 0,96$$

$$R^2 = 0,95$$

$$\text{Covarianza} = 1039,77$$



**ANEXO 15**  
**RENDIMIENTO DE SEMILLA EN LAS TRES LOCALIDADES DE ESTUDIO**  
**(Marzo y Abril 2006)**

<b>Muestra y sitio</b>	<b>Semilla mas envase</b>	<b>peso de envase</b>	<b>Semilla</b>	<b>semilla pura</b>	<b>semilla g /0.25m2</b>	<b>Semilla g/m2</b>	<b>Semilla kg/ha</b>
Tiwanacu 1 Fedo	3,771	1,137	2,634	2,107	2,107	8,428	84,280
Tiwanacu 2 Fedo	2,462	1,137	1,325	1,060	1,060	4,240	42,400
Tiwanacu 3 Fedo	2,231	1,137	1,094	0,875	0,875	3,500	35,000
Tiwanacu 4 Fedo	2,411	1,137	1,274	1,019	1,019	4,076	40,760
<b>Promedio</b>	<b>2,719</b>	<b>1,137</b>	<b>1,582</b>	<b>1,265</b>	<b>1,265</b>	<b>5,061</b>	<b>50,610</b>
Tiwanacu 1 stmu	1,649	1,137	0,512	0,410	0,410	1,640	16,400
Tiwanacu 2 stmu	1,651	1,137	0,514	0,411	0,411	1,644	16,440
Tiwanacu 3 stmu	1,732	1,137	0,595	0,476	0,476	1,904	19,040
Tiwanacu 4 stmu	2,383	1,137	1,246	0,997	0,997	3,988	39,880
<b>Promedio</b>	<b>1,854</b>	<b>1,137</b>	<b>0,717</b>	<b>0,573</b>	<b>0,574</b>	<b>2,294</b>	<b>22,940</b>
aeropuerto 1 Fedo	1,81	1,137	0,673	0,538	0,538	2,152	21,520
aeropuerto 2 Fedo	3,614	1,137	2,477	1,982	1,982	7,928	79,280
aeropuerto 3 Fedo	2,992	1,137	1,855	1,484	1,484	5,936	59,360
aeropuerto 4 Fedo	1,998	1,137	0,861	0,689	0,689	2,756	27,560
<b>Promedio</b>	<b>2,604</b>	<b>1,137</b>	<b>1,467</b>	<b>1,173</b>	<b>1,173</b>	<b>4,693</b>	<b>46,930</b>
aeropuerto 1 stmu	1,712	1,137	0,575	0,460	0,460	1,840	18,400
aeropuerto 2 stmu	1,546	1,137	0,409	0,327	0,327	1,308	13,080
aeropuerto 3 stmu	1,538	1,137	0,401	0,321	0,321	1,284	12,840
aeropuerto 4 stmu	1,551	1,137	0,414	0,331	0,331	1,324	13,240
<b>Promedio</b>	<b>1,587</b>	<b>1,137</b>	<b>0,450</b>	<b>0,360</b>	<b>0,360</b>	<b>1,439</b>	<b>14,390</b>
Viacha 1 Fedo	2,456	1,137	1,319	1,055	1,055	4,220	42,200
Viacha 2 Fedo	1,975	1,137	0,838	0,670	0,670	2,680	26,800
Viacha 3 Fedo	2,316	1,137	1,179	0,943	0,943	3,772	37,720
Viacha 4 Fedo	2,532	1,137	1,395	1,116	1,116	4,464	44,640
<b>Promedio</b>	<b>2,320</b>	<b>1,137</b>	<b>1,183</b>	<b>0,946</b>	<b>0,946</b>	<b>3,784</b>	<b>37,840</b>

## ANEXO 16

### FACTORES DE CONVERSIÓN PARA CÁLCULOS DE CARGA ANIMAL Y CAPACIDAD DE CARGA EN LA ZONA ANDINA DE BOLIVIA

ESPECIE	P.V.	P.M.	E.O.G.	Consumo	U.O.Cr.	U.O.M.	U.As.	U.V.Cr.	U.A.VA
Caprino	20	9,5	1,00	1,00	1,00	0,66	0,15	0,11	0,09
Ovino criollo	20	9,5	1,00	1,00	1,00	0,66	0,15	0,11	0,09
Ovino mejorado	40	15,9	1,67	1,00	1,67	1,00	0,25	0,19	0,15
Asno	250	62,9	6,62	1,00	6,62	3,96	1,00	0,76	0,60
Vacuno criollo	350	82,7	8,71	1,00	8,71	5,20	1,31	1,00	0,78
Vacuno Unidad Animal	500	106	11,13	1,00	11,13	6,65	1,68	1,28	1,00
Vicuña	35	4,4	1,52	0,70	1,06	0,91	0,16	0,12	0,10
Alpaca	56	20,5	2,16	0,70	1,51	1,42	0,23	0,17	0,14
Llama	75	25,5	2,68	0,70	1,88	1,77	0,28	0,22	0,17

**P.V.** = PESO VIVO

**P.M.** = PESO METABÓLICO

**E.O.G.** = EQUIVALENTE OVINO GENERAL SIN CONSIDERA DIFERENCIA DE CONSUMO CON OTRAS ESPECIES

**CONSUMO** = TOTAL DE CONSUMO POR UNIDAD DE PESO METABÓLICO PARA UN OVINO

**U.O.Cr.** = UNIDAD OVINO CRIOLLO

**U.O.M.** = UNIDAD OVINO MEJORADO

**U.As.** = UNIDAD ASNO

**U.V.Cr.** = UNIDAD VACUNO CRIOLLO

**U.A.VAC.** = UNIDAD ANIMAL VACUNO

Fuente: Alzérreca (1992), en base a Flores y Malpartida (1994)

## ANEXO 17

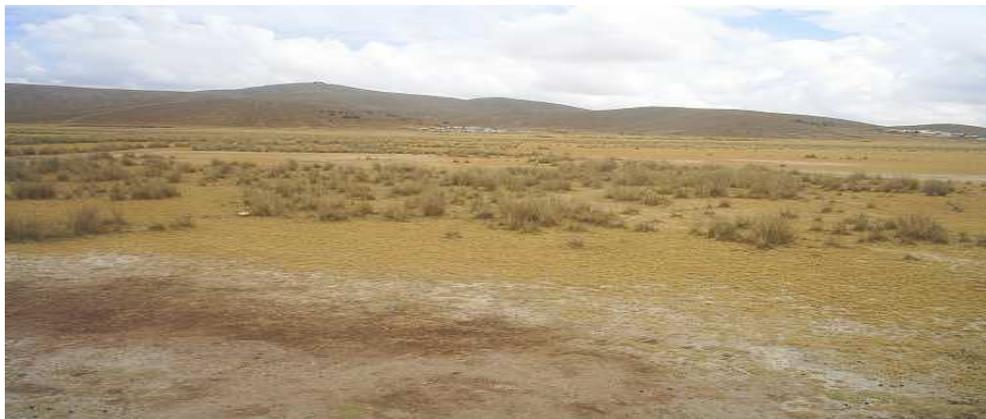
### Fotografías de las zonas de estudio



Fotografía Del Museo De Tiwanacu



Fotografía Del Aeropuerto Internacional De El Alto



Fotografía De Estación Experimental De Choquenaira