

## PRODUCCIÓN DE PASTURAS CULTIVADAS Y MANEJO DE PASTOS NATURALES ALTOANDINOS



CONVENIO INIA – GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGU A

## AUTOR PRINCIPAL



Nació en Cusco, Provincia de Paruro el 09 de Octubre de 1946. Los estudios primarios los realizó en la Escuela Fiscal 771 de Paruro. La educación secundaria en la Gran Unidad Escolar Inca Garcilazo de la Vega del Cusco. Los estudios universitarios en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y la entonces Universidad Técnica del Altiplano. Obteniendo, en ésta última, el título de Ingeniero Agrónomo. En Enero de 1980, inicio un periplo por Estados Unidos, habiendo estudiado el idioma Inglés en el American Language Institute de Georgetown University Washington D.C. El mismo año, empieza sus estudios de Maestría en Texas Tech University y obteniendo el grado de Master of Science en la especialidad de Range Management. Laboró como Docente- Investigador en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria-IVITA por 32 años, habiendo cesado el 2002 como Profesor Principal a Dedicación Exclusiva. Gran parte de su permanencia lo realizó en el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos de La Raya-UNAAC-UNMSM. Como integrante de la familia Sanmarquina, los últimos 10 años, llegó a ocupar el cargo de Director de la Estación Experimental de IVITA La Raya-Maranganí. Durante la misma época publicó un Libro sobre Pastos y también Manuales relacionados con el tema. Lideró en la ejecución y colaboró en la conducción de innumerables trabajos de investigación científica, llegando a publicar artículos científicos en revistas como el Journal of Range Management-USA y el Journal of Animal Science-USA. También publicó en la Revista RIVEP de la Facultad de Medicina Veterinaria IVITA UNMSM y otras. Investigador Invitado del CICA de la Universidad Católica Santa María de Arequipa. Actualmente es Director de la Estación Experimental Agraria INIA Moquegua.

*En la fotografía de la portada aparecen integrantes de la Comunidad Campesina de Chajpe ONG CEDCAP. Provincia de General Sánchez Cerro Moquegua Perú.*

# **PRODUCCIÓN DE PASTURAS CULTIVADAS Y MANEJO DE PASTOS NATURALES ALTOANDINOS**

## **AUTORES**

\*Ramiro Dionicio Farfán Loaiza

\*\*Eyleen Ruth Farfán Tenicela

\*Director de la Estación Experimental Agraria INIA Moquegua y Ex-Docente Principal  
Cesante de la Facultad de Medicina Veterinaria - IVITA de la Universidad Nacional Mayor  
de San Marcos UNMSMLima Perú

\*\* Facultad de Medicina Veterinaria UCSM-Arequipa

Farfán, Ramiro y Farfán Eyleen  
*Producción de Pasturas Cultivadas y Manejo de  
Pastos Naturales Altoandinos.* Moquegua: INIA-Gobierno  
Regional de Moquegua, 2012  
249 pp

Primera Edición 2012

Financiado por Gobierno Regional de Moquegua

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-13392

Diseño, diagramación e ilustraciones: Tec. Graciela Mamani Palomino

Dirección Autores: Farfán Ramiro y Farfán Eyleen

Domicilio: Villa El Prado L 5 Yanahuara Arequipa

Teléfono: RPM #950924100 Fijo: 054 470095

Mail: [farfanramiro@hotmail.com](mailto:farfanramiro@hotmail.com)

Impreso en:

Industria Gráfica “El Alva”

Cruz Verde 451 – Arequipa

Telf. 221411

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Felipe San Martín Howard Docente e Investigador del IVITA- Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) Facultad de Medicina Veterinaria-Lima, por su apoyo en la revisión del texto relacionado con la Nutrición Animal, además, por ser partícipe en los trabajos de Investigación relacionados con la alimentación animal al pastoreo en Camélidos Sudamericanos citados en este texto.

Al Ing° Jorge Arturo Zegarra Flores Docente de la Universidad Católica Santa María (UCSM) Facultad de Agronomía Arequipa, por su apoyo en la revisión del texto en el área técnica relacionado con el campo agronómico.

Al Ing° Martín Vizcarra Cornejo Presidente del Gobierno Regional de Moquegua, por su valioso apoyo en la edición del Libro, además, de la confianza brindada para ejercer el cargo de Director del INIA Moquegua durante el tiempo que se editó el Libro.

Al Dr. Arturo Flórez Martínez Jefe Nacional del INIA, por el apoyo brindado durante el ejercicio del cargo de Director del INIA Moquegua, en la época que se publicó el Libro.

A mis colegas y amigos Mario Velázquez, Juan Ochoa, Iván Laguna, Basílides Villegas, Juan Toledo, Justino Santa Cruz, Fernando Cornejo, Hugo Silva, Luis Aguilar, Samuel Achahuancó, Santiago Callo, Félix Pocco y Presentación Quispe.

A mi esposa Graciela y mis hijos Diego, Gabriela y Gino, por su comprensión e invaluable apoyo para la culminación del presente trabajo.

## **P R E S E N T A C I Ó N**

La Región Moquegua ubicada en la zona suroccidental del Perú, con una extensión de 16 175 km<sup>2</sup> y un capital ganadero importante de 108 947 camélidos sudamericanos, 26 624 vacunos, 62 046 ovinos y 141 337 cuyes (AEA 2012 DRA Moquegua). Existiendo el deseo de los pobladores de la zona media y alta de Moquegua, de hacer rentable la explotación racional de estos animales domésticos, es necesario que el productor asegure el piso forrajero compuesto mayoritariamente por pastos naturales y pequeñas áreas de pasturas cultivadas. Es cierto que instituciones como INIA, IVITA, Universidades y otras, han realizado muchos estudios de investigación relacionados con la alimentación animal, lamentablemente sus logros no han llegado al productor agropecuario, sencillamente porque los resultados de sus investigaciones están escritos en un lenguaje poco amigable para un productor de campo.

Precisamente, el mérito del libro “Producción de Pasturas Cultivadas y Manejo de Pastos Naturales”, no solo es la calidad de la información que contiene, sino también, está escrito en un lenguaje asequible para el productor, estudiante universitario, técnico de campo, aún, como libro de consulta en Pastos para el docente de educación superior. También, me complace observar que los autores han tenido la virtud de juntar en un solo libro conceptos tan diferentes y a la vez complementarios como son los pastos naturales y las pasturas cultivadas, abarcando temas como: manejo de pastos naturales, bofedales, nutrición animal al pastoreo, cosecha y siembra de agua, además, presenta paquetes tecnológicos en el cultivo de ryegrass-trébol, alfalfa, pasto brasílico (*Phalaristuberoarundinacea*), pellets y otros.

Es un hecho que Moquegua es conocido por su excelente clima, donde es posible producir frutales de calidad superior como la palta y la uva, sin embargo, posee un gran potencial para su desarrollo en las extensas tierras poco aprovechadas de la zona altoandina. Es momento de dar una mirada a nuestros hermanos productores campesinos de los valles interandinos y de puna seca de Moquegua, dándoles la oportunidad de insertarse en la economía regional conociendo su potencial productivo y aprovechamiento de sus recursos naturales, precisamente a través del contenido de este texto, los autores presentan formas amigables de manejo sostenible y uso racional de los recursos naturales tan escasos como el agua, suelo y clima.

Finalmente, el Gobierno Regional de Moquegua y el Instituto Nacional de Innovación Agraria de Moquegua se complacen en presentar y poner éste Libro al alcance del productor Moqueguano, sin perjuicio de ser utilizado por el productor de la sierra peruana y países del grupo andino.

**Ing° Martín Vizcarra Cornejo  
Presidente del Gobierno Regional de Moquegua**

## Í N D I C E

### PRIMERA PARTE

ENFOQUE TEÓRICO SOBRE MANEJO SOBRE MANEJO Y MEJORAMIENTO DE PASTIZALES	1
INTRODUCCIÓN	1
1. ECOSISTEMAS	2
1.1. Enfoque de Ecosistemas en la Región Andina	2
1.2. La Praderas Nativas en el Perú	3
1.3. Definición de Puna	5
1.3.1. Puna húmeda	6
1.3.2. Puna seca	7
1.4. El Medio Ambiente y su Influencia sobre los Pastizales Naturales	7
1.5. Estaciones Climáticas	9
2. MANEJO DE PRADERAS NATIVAS	10
2.1. Conceptos	10
2.1.1. Definición de Pastizal	10
2.1.2. Definición de Forraje	11
2.1.3. Definición de Manejo de Praderas	12
2.2. Clasificación de Plantas Forrajeras	12
2.3. Principios Generales del Manejo de Praderas	13
2.4. Factores Ambientales que Influyen en las Características de las Praderas Naturales	14
2.5. Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales de las Praderas Altoandinas	16
2.6. Recursos Naturales y Sobrepastoreo	18
2.7. Erosión	19
2.7.1. Agentes de la Erosión	19
2.7.2. Erosión Hídrica	19
2.7.3. Clases de Erosión Hídrica	20
3. FERTILIDAD DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE PASTOS Y FORRAJES	22
3.1. Importancia del Análisis de suelos	22
3.2. Proceso de Muestreo	23
3.3. Análisis de Suelos	26
3.4. Fertilización Química y/o Convencional	28
3.5. Abonamiento Orgánico y/o Ecológico de Pastos	32
3.6. Potencial Hidrógeno (pH) del Suelo Agrícola	37
3.7. Enmiendas Calcáreas	40
3.8. Calidad de las Enmiendas Calcáreas	41
3.9. Desarrollo y Corrección de la Salinidad en los Suelos	45
3.10. Los Nutrientes y el Medio Ambiente	49

<b>4. ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PRADERAS NATURALES</b>	51
4.1. El Ecosistema como Recurso Natural	51
4.2. Sucesión Vegetal	52
4.3. Conceptos de Ecosistemas	54
4.4. Buen Manejo para Mejorar la Condición de la Pradera	56
4.5. Grado de Utilización y Carga Animal	59
4.6. Métodos para Determinar Grado de Utilización	61
4.7. Guía de Utilización	65
<b>5. PRÁCTICAS DE MANEJO, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE PASTZALES</b>	66
5.1. Prácticas Conservacionistas del Manejo de Agua	66
5.1.1. Cosecha de Agua en el Ecosistema Andino	67
5.1.2. Siembra de Agua	70
5.2. Manejo de Agua y Cambio Climático	74
5.3. Cercos y Tipos de Cercos	75
5.4. Rehabilitación de Andenes	79
5.5. Nivel “A”. Construcción, Calibración y Uso.	82
5.6. Quema de Pastizales	85
<b>6. PRODUCCIÓN Y MANEJO DE PRADERAS MEJORADAS</b>	89
6.1. Crecimiento de las Plantas Forrajeras	90
6.1.1. Gramíneas Forrajeras ( <i>Loliumperenne</i> )	91
6.1.2. Leguminosas Forrajeras ( <i>Trifóliumrepens</i> )	94
6.2. Producción de Materia Seca	97
6.3. Métodos de Evaluación de Materia Seca	98
6.3.1. Método de Evaluación Directa	98
6.3.2. Métodos Indirectos	99
6.4. Calidad Nutritiva de las Praderas	102
6.5. Métodos de Pastoreo	106
6.6. Frecuencia e Intensidad de Pastoreo	109

## SEGUNDA PARTE

<b>MÉTODOS PRACTICOS DE MANEJO Y MEJORAMIENTO DE PASTIZALES ALTOANDINOS</b>	113
<b>INTRODUCCIÓN</b>	113
<b>DIGESTIÓN MICROBIANA</b>	114
<b>1. ESTABLECIMIENTO, CULTIVO Y MANEJO DE ALFALFA EN VALLES INTERANDINOS</b>	116
1.1. Instalación de Alfalfa	116
1.1.1. Selección de Áreas	116

1.1.2. Preparación de Suelos	118
1.1.3. Infraestructura de Riego	119
1.1.4. Cama de Siembra	120
1.1.5. Semilla Apropriada	120
1.1.6. Inoculación de Semillas de Leguminosas	124
1.1.7. Fertilización del Terreno	125
1.1.8. Siembra	125
1.2. Pastoreo	126
1.3. Fertilización Periódica o de Mantenimiento	127
1.4. Riegos	127
1.5. Utilización	128
1.6. Valor Nutritivo de la Alfalfa	129
 2. ESTABLECIMIENTO, CULTIVO Y MANEJO DE PASTOS ASOCIADOS RYEGRAS-TRÉBOL	130
2.1. Instalación de Ryegras-Trébol	131
2.1.1. Selección de Áreas	131
2.1.2. Preparación del Terreno	132
2.1.3. Infraestructura de Riego	133
2.1.4. Preparación de la Cama de Siembra	133
2.1.5. Semilla	134
2.1.6. Inoculación de la Semilla de Leguminosas	140
2.1.7. Fertilización	141
2.1.8. Siembra	141
2.2. Producción de Pastos Cultivados	142
2.3. Manejo Racional de las Pasturas	143
 3. <i>Phalaristuberoarundinacea</i> como Recurso Forrajero Estratégico en la Sierra	145
3.1. Instalación y Condiciones	145
3.2. Producción	148
3.3. Utilización	150
3.4. Costos de Instalación	153
3.5. Conclusiones	153
 4. PELLETS Y CUBOS DE ALFALFA	154
4.1. Síntesis del Proceso	155
4.2. Ventajas de los Pellets y Cubos de Alfalfa	155
4.3. Composición Química de los Pellets y Cubos de Alfalfa	156
 5. MEJORAMIENTO DE CÉSPED NATIVO CON LA INCORPORACIÓN DE LEGUMINOSAS	157
5.1. Por Trasplante de Material Vegetativo	157
5.2. A Mano Utilizando Instrumental Autóctono	159
5.3. Utilizando Maquina Sembradora (SodSeeder)	159

<b>6. MANEJO COMPLEMENTARIO DE BOFEDALES</b>	<b>161</b>
6.1. Bofedales	162
6.2. Pastos Naturales	168
6.3. Clausuras	173
6.4. Pastoreo Complementario Bofedal-Pradera Nativa	175
 TERCERA PARTE	
<b>EVALUACIÓN DE PASTIZALES</b>	<b>178</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>178</b>
1. Técnicas para medir la vegetación	179
1.1. Principios Básicos para Medir la Vegetación	179
1.2. Formas de Medir Cuantitativamente la Vegetación	180
2. Métodos de Evaluación de la Producción Primaria de Pastizales Naturales	182
2.1. Producción de Biomasa	182
2.2. Composición Botánica	186
2.2.1. Método destructivo	186
2.2.2. Métodos no Destructivos	187
3. Métodos para Estimar la Soportabilidad de las Praderas Altoandinas	192
3.1. Clasificación de Especies de Pastos Nativos por Grado de Aceptación y Nombres Regionales	192
3.2. Capacidad de Carga Utilizando el Método del “Metro Cuadrado”. Descripción del Método	213
3.2.1. Delimitación y selección de sitios a evaluar	213
3.2.2. Determinación de la Producción de Materia Seca	215
3.3. Capacidad de Carga Animal Utilizando el “Método de Transección al Paso”	217
3.3.1. Unidades de Mapeo	217
3.3.2. Clasificación de la Condición de los Pastizales	217
4. Determinación de la Condición del Pastizal	227
 <b>BIBLIOGRAFÍA</b>	 <b>229</b>

## **PRIMERA PARTE**

### **ENFOQUE TEÓRICO SOBRE MANEJO Y MEJORAMIENTO DE PASTIZALES**

#### **INTRODUCCION**

La utilización de pastizales naturales que se ha venido realizando desde la época de la colonia no ha sido la más adecuada, como consecuencia, éstos efectos han provocado, en muchas zonas del Perú, un desequilibrio en la propia ecología, de manera que hoy se puede observar bastas áreas que han disminuido considerablemente su potencial productivo forrajero, diferentes grados de erosión, especies botánicas deseables en extinción, presencia cada vez mayor de plantas no deseables e invasoras que compiten con las buenas forrajerias, etc., todo ello repercute en su baja producción, consecuentemente, en los bajos rendimientos productivos del ganado pastoreando. Finalmente, este estado de cosas influye directamente en la economía del poblador andino, quien seguirá viviendo en la pobreza secular, ahondada con las consecuencias funestas del cambio climático experimentada en los últimos años.

El presente texto, en su Primera Parte, propone orientar al lector en temas concernientes al manejo técnico de los pastizales altoandinos, considerando su ubicación como ecosistemas de pastizal, los factores bióticos y abióticos que se interrelacionan en él, tomando en cuenta conceptos y terminología que son utilizados con frecuencia.

Entendiendo que, la alimentación suplementaria proveniente de las pasturas cultivadas reviste cada vez mayor importancia en el mundo ganadero de nuestra región, en su Segunda Parte, detalla la tarea más sencilla de instalarlas y las formas más comunes de su utilización. Por ello, consideramos que el éxito de la producción pecuaria en general radica en gran medida en la eficiente y racional utilización de los pastizales que están disponibles para el consumo de los animales; esto incluye en forma complementaria, la oferta forrajera mejorada con el aporte de estas pasturas cultivadas (ó pastos exóticos) de alta producción, cuyo cultivo se adapte a las condiciones del medio y sus rendimientos sean óptimos. Se incluye en este texto, algunas prácticas de manejo y mejoramiento de pastizales, que han sido investigadas, validadas y en algunos casos socializadas, por el Centro Experimental IVITA-La Raya-Maranganí de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Estación Experimental Agraria Moquegua del Instituto de Innovación Agraria INIA en Convenio con el Gobierno Regional de Moquegua.

En la Tercera Parte, se aborda la necesidad de realizar diagnósticos previos y regulares sobre los pastizales mediante los diferentes métodos de evaluación que se presentan, para la toma de decisiones respecto a un determinado plan de manejo que contemple prácticas de conservación y mejoramiento de los pastos, el suelo y del agua.

## 1. ECOSISTEMAS

*“El ecosistema es la unidad funcional básica en ecología, puesto que incluye a los organismos y al medio abiótico, cada uno de los cuales influye sobre las propiedades del otro y que, en conjunto, son necesarios para el mantenimiento de la vida.”* (Odum, 1972).

Los organismos vivientes y su medio inanimado (abiótico) se relacionan de manera inseparable e interactúan mutuamente. Cualquier unidad (biosistema) que incluya todos los organismos que funcionan juntos (comunidad biótica) en un área determinada, interactuando con el medio físico de tal manera que un flujo de energía conduzca a la formación de estructuras bióticas claramente definidas y al ciclaje de materia entre las partes vivas y no vivas, se define como un sistema ecológico o ecosistema.

El ecosistema es la unidad funcional básica en ecología, puesto que incluye a los organismos y al medio abiótico, cada uno de los cuales influye sobre las propiedades del otro y que, en conjunto, son necesarios para el mantenimiento de la vida (Odum, 1972).

Para entender de mejor manera el concepto aplicado de la ecología debemos considerar la idea que encierra una ecoregión, la cual se define como “un área geográfica donde existen condiciones similares en cuanto a suelos, hidrografía, flora y fauna, los cuales se encuentran íntimamente formando un conjunto de relaciones armónicas y ordenadas. Dentro de este marco podemos llegar a identificar subdivisiones referidas a bioma, zona de vida, bioregión, provincia biótica, regiones florísticas y faunísticas”. (Gastó, 1993).

### 1.1. ENFOQUE DE ECOSISTEMAS EN LA REGION ALTOANDINA

La Región Andina en general contiene diversidad de regiones ecográficas con características propias y específicas en relación a múltiples variables como la geografía, clima y condiciones socioeconómicas y culturales; de ahí que se tienen valles, cabeceras de valles, altiplanos, puna y otras. Es importante señalar que cada piso ecológico está definido por la altitud, precipitación pluvial y temperatura principalmente; más, con una visión introspectiva podemos llegar a diferenciar áreas menores que presentan variaciones según su suelo, humedad, pendiente, etc., que los caracterizan y, esto a su vez, determina su orientación productiva, a esto se denomina un sistema ecológico agropecuario o agroecosistema.

Uno de los principales componentes de un agroecosistema en el sector altoandino viene a ser su flora o pastizal nativo o pradera natural, que responde en forma directa a factores como el clima, el suelo y la fauna que interactúan con él; de manera que, el estudio de los diversos aspectos ecológicos del pastizal en las interacciones **clima-suelo-animal**, tiene los siguientes objetivos:

- Establecer áreas de referencia, con el fin de estudiar los aspectos sucesionales de la vegetación y el efecto del pastoreo sobre la composición florística, tendencia y producción forrajera de los diversos tipos de vegetación de importancia para la ganadería.
- En base al conocimiento de la fisiología de las plantas forrajeras, determinar las intensidades y frecuencias de pastoreo adecuado para las especies claves de cada tipo de vegetación.
- Estudiar el comportamiento animal de los diversos herbívoros (domésticos y silvestres),

la distribución del pastoreo, selección de la dieta y consumo voluntario bajo condiciones de libre pastoreo.

- Diseñar y evaluar sistemas de pastoreo, tendientes a incrementar la producción pecuaria, bajo las diferentes condiciones ecológicas. (Fierro, 1981).

Cuadro 1. Zonas de vida natural y zonas agroecológicas.

Zona de vida	Símbolo Zona Natural	Rango Altitudinal	Equivalente Zona Agroecológica
Nival subtropical	NSD	< 5 000 msnm	Nevados
Tundra pluvial alpina	Tp-AS	4 500 – 5 000	Jalca
Páramo muy húmedo subalpino subtropical	Pmh - SaS	3 500 – 4 000	Puna
Bosque húmedo Montano subtropical	Bh - MS	3 500 – 4 000	Suni - Puna
Bosque seco montano bajo subtropical	BS - MBS	2 500 – 3 000	Quechua - Suni
Estepa espinosa Montano bajo subtropical	Es - MBS	2 500 – 3 000	Quechua
Estepa montano subtropical	Es - MS	3 000 – 3 500	Quechua – Suni

Tomado de Tapia M et al. 2006.

Los Andes peruanos, debido a su inmensidad, orientación, altura y topografía, es el principal sistema físico que estructura la distribución de las precipitaciones. Debido a la posición de páramos y punas como cabeceras de cuenca húmeda, su función en el sistema de regulación hídrica es fundamental.

La temperatura en los Andes tiene como principal característica su ritmo diario de variación entre extremos máximos y mínimos, y la presencia de estaciones secas marcadas (cada vez más acentuadas hacia el sur del país). En los ciclos diarios y dentro de las estaciones, las temperaturas tienen caídas abruptas por debajo de cero que presentan condiciones de heladas y granizadas que convierten a la agricultura e incluso la ganadería en empresa de alto riesgo. En general las precipitaciones fluctúan entre 200 y >1 000 mm, afectando la disponibilidad del agua tanto por la micro topografía como por los procesos climáticos de naturaleza global como el Niño, que generan sequías e inundaciones de manera imprevista.

## 1.2. LAS PRADERAS NATIVAS EN EL PERU.

La Región Andina en general, contiene diversidad de zonas ecográficas con características propias y específicas en relación a múltiples variables como: la geografía, clima, condiciones socioeconómicas y culturales, de esta manera, se tienen valles, cabeceras de valles, altiplanos, puna, cordilleras, entre otras, que pueden clasificarse de diferentes formas.

Una de estas formas de determinación, fue desarrollada por el Programa Nacional de Agroeconomía del INIPA (ahora INIA) en base a Zonas Agroecológicas, utilizando cartas topográficas provinciales, cartas catastrales, el Mapa Ecológico del Perú, el Mapa de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras del Perú, guías explicativas elaboradas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Según este notable esfuerzo de sistematización se concluye, que las Zonas Mayores Agroecológicas que conforman el grupo

de las praderas cubren una superficie de 152 155 kilómetros cuadrados, que representan el 11.8% del territorio nacional (Flórez, A y Bryant, F. 1989). Las praderas se hallan en las tres franjas latitudinales, correspondiendo el 33.3% a la Tropical, 64.3% a la Subtropical y 2.4% a la Templada Cálida. Sus características son las siguientes:

**Zonas Mayores Agroecológicas en la Franja Tropical.**- Con temperaturas que oscilan entre los 1.5°C y 12°C, están ubicadas entre los 4° 35' y 12° 25' de latitud sur, repartidas entre los departamentos de Piura, Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, La Libertad, Huánuco, Ancash, Lima, Junín y Huancavelica. Agrupa las siguientes zonas de vida:

- Tundra pluvial Andino Tropical (tp-At)
- Páramo muy húmedo Subandino Tropical (pmh-SaT)
- Páramo húmedo Subandino Tropical (ph-SaT)
- Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh-MT)
- Matorral desértico Subandino Tropical (md-SaT)

De estas Zonas de Vida, las cuatro primeras pertenecen a la Provincia Húmeda y la última a la Provincia Seca; con marcadas diferencias en cuanto a precipitación, temperaturas y composición botánica. La altitud de esta Zona varía entre los 3 900 y 5 000 msnm.

**Zonas Mayores Agroecológicas en la Franja Sub-Tropical.**- Geográficamente esta zona se halla entre los 12° 20' y 16° 48' de latitud sur, repartida entre los departamentos de Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa, Puno, Moquegua y norte de Tacna. En esta Zona Mayor se agrupan cinco Zonas de Vida, todas pertenecientes a la Provincia de humedad Húmeda:

- Páramo húmedo Subandino Subtropical (ph-SaS)
- Páramo muy húmedo Subandino Subtropical (pmh-SaS)
- Tundra muy húmeda Andino Subtropical (tmh-AS)
- Tundra pluvial Andino Subtropical (tp-AS)
- Tundra húmeda Andino Subtropical (th-AS)

**Zonas Mayores Agroecológicas en la Franja Templada Cálida.**- Con temperaturas entre los 1.5°C y 6°C, y un rango altitudinal que va desde los 4 000 a los 5 000 m.s.n.m. a lo largo del borde occidental andino, geográficamente se ubica entre los 16° 50' latitud sur y la frontera con la República de Chile, en los departamentos de Puno, Moquegua y Tacna.

Comprende las siguientes Zonas de Vida:

- Matorral desértico Subandino Templado cálido (md-Sa-Tc)
- Tundra húmeda Andino Templado cálido (Th-A-Tc).

Las praderas nativas se encuentran distribuidas en la zona altoandina con marcadas diferencias en sus componentes vegetales en respuesta a variaciones altitudinales, manejo, suelos, topografía y clima que definen ecorregiones, como ya se mencionó. Así que, se identifican diferentes asociaciones vegetales específicas de cada lugar para uso de las especies animales presentes. En altitudes superiores una característica climática es la presencia de heladas ligadas a la sequía, lo cual limita la productividad pecuaria. No obstante, la actividad ganadera es la base de la sustentación de la población rural, la producción y manejo de pastizales en general, son la clave para el éxito de la ganadería en la región altoandina del

Perú.

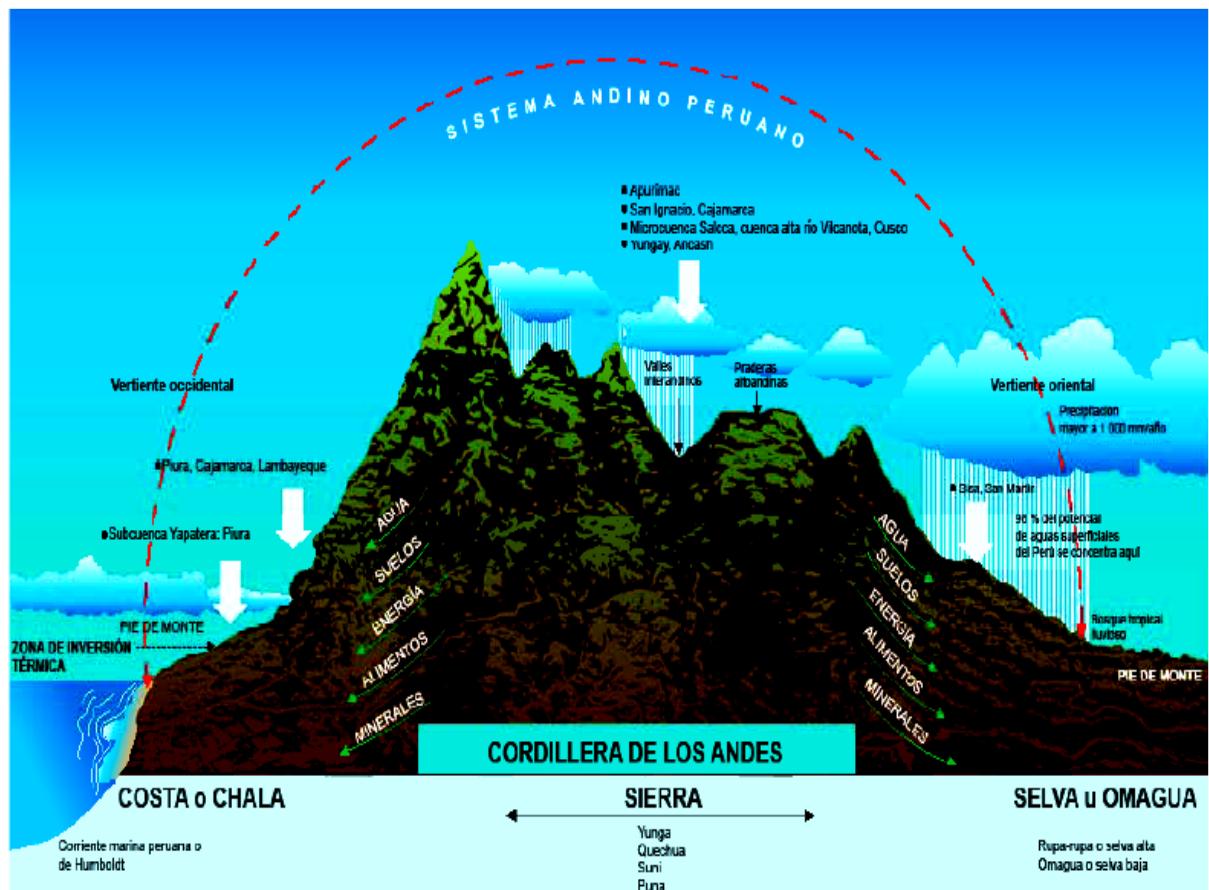


Figura 1. Sistema Andino Peruano. Tomado de Torres J y Gómez A. 2008 ITDG

Las temperaturas registradas en los Andes altos fluctúan entre una máxima promedio de 19°C y una mínima promedio de -2°C; sin embargo, y como ejemplo, se han registrado temperaturas de -27°C (Titiri, Moquegua, Perú) y de 27.5°C en Provincias Altas (Cusco, Perú), extremas pero ocasionales<sup>1</sup>. Se debe tomar en cuenta también, el número de días que presentan heladas para visualizar la diferenciación productiva entre zonas, lo cual explicaría de manera general los problemas de adaptación, producción y reproducción de las especies vegetales.

### 1.3. DEFINICION DE PUNA

Las punas se ubican en las tierras altas de los Andes, desde la Cordillera Blanca donde se inicia la puna húmeda, zona de transición entre la jalca o páramo, y la puna seca del Centro y del Sur. Es difícil establecer una altitud definida en la que se pueda decir donde comienza la

<sup>1</sup>Los datos climáticos generalmente son presentados en números promedio, pero en la práctica encontramos una gran variación por encima y por debajo de estas cifras; además, estas temperaturas horizontales se refieren al macroclima, es decir a 1.80 mts. por encima del suelo.

puna, pero en general se considera que se inicia alrededor de los 3 800 msnm y puede llegar hasta los 4 800 msnm. El paisaje es característicamente montañoso, con cumbres nevadas, valles glaciares en forma de “U” o valles de altura cabecera de cuenca, mesetas y lagunas. Las punas están dominadas por un paisaje típico que combina los pastizales, dominantes en el paisaje, con parches de bosque, matorrales y bofedales, limitando con la línea permanente de nieves o región janca. En el Perú se diferencian, según sus regímenes de clima, dos tipos de puna: la húmeda (al centro) y la seca (al suroeste). La precipitación anual varía ampliamente y oscila entre 150 y 800 mm, declinando de norte a sur.

### 1.3.1. *Puna Húmeda*.

En esta subzona el crecimiento y desarrollo de los pastos depende principalmente del régimen de lluvias, entre otros factores. A mayor precipitación pluvial y mayor temperatura promedio, se encuentra mayor número de especies vegetales, mayor producción de biomasa y buena cobertura vegetal, lo que propicia una mejor humedad relativa en el ambiente, favoreciendo la evapotranspiración y la reproducción del ciclo del agua. Esta mayor vegetación también reduce la velocidad del viento y ofrece una mejor eficiencia en la mezcla del aire en niveles bajos. (Flórez, A. y Malpartida, E. 1987).

La Puna Húmeda en el sur del Perú está comprendida entre los departamentos de Apurímac, Cusco y parte de Puno, es decir en la Cordillera Sur Oriental de los Andes, con niveles de precipitación pluvial que superan los 900 mm anuales. Las estrategias de manejo de la producción animal están directamente influenciadas por estas características, sobre todo a nivel de pastos nativos, que están presentes en mayor cantidad y variedad. El pastoreo se realiza en las partes altas de la cordillera durante la época de lluvias (Diciembre - Abril), en la época seca se pastorea en los bofedales y partes bajas (Mayo - Noviembre).

Las praderas en esta subzona se caracterizan por un crecimiento bajo, cuyo desarrollo se da en la época de lluvias, y a lo largo del año se encuentra una gran diversidad de gramíneas perennes altas, arbustos diseminados o agrupados.



Figura 2. Puna Húmeda. Tomado de Dourjeanni A. 2009



Figura 3. Puna Seca. Quenco Cala Cala, Caylloma, Arequipa. Foto R. Farfán

### **1.3.2. Puna seca.**

Se llama así, a la región ubicada mayormente en la Cordillera Sur Occidental del Perú, entre los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Moquegua, Tacna y parte de Puno, donde se puede apreciar principalmente una conformación topográfica accidentada, de relieves pedregosos y arenosos, suelos frágiles con características productivas limitadas, condiciones severas en cuanto a heladas, tanto en su intensidad como en frecuencia, crítico en cuanto al régimen de lluvias en las que la precipitación tiene isoyetas de 100 mm y 350 mm, excepcionalmente supera los 400 mm, que se concentran en los meses de verano. Una característica notoria es la presencia de intensos vientos casi permanentemente; la temperatura en ningún mes alcanza medias mayores a 10° C, dominando el frío sobre la sequedad.

Se observa diferentes tipos de vegetación, la mayoría escasa, predominantemente gramínoide rala perenne y xerofítica, la cual, es característica de las zonas que presentan escasa precipitación pluvial; una familia que es frecuente en esta zona la constituyen las arbustivas de crecimiento lento, como la T'ola. Escasa presencia de escurreimientos subterráneos formadores de bofedales que ocupan fondos de valles o en proximidades de vertientes en los que se encuentran suelos humíferos (bastante humus) muy húmedos y representan los mejores sitios de pastizales en estas zonas; sin embargo; es común encontrar la napa freática a un promedio de 7 m de profundidad haciéndose necesaria la excavación de pozos poco profundos para su utilización y consumo doméstico, las probabilidades para su uso productivo (riego) son pocas debido a su mínimo aforo.

Generalmente, el pastoreo durante la época de lluvias (Diciembre - Marzo) se realiza en los cerros y partes más altas, mientras que en la época seca (Abril - Noviembre) se lleva a cabo en las partes bajas y bofedales.

## **1.4. EL MEDIO AMBIENTE Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS PASTIZALES NATURALES**

Los principales agentes ambientales negativos que conducen a la degradación de los pastizales naturales pueden ser identificados de la siguiente manera:

- *Topografía accidentada, suelos de desarrollo pobre y disponibilidad insuficiente de ciertos nutrientes.*

Los suelos de la zona altoandina son de origen sedimentario aluvial y están marcados por la escasa cantidad de elementos nutritivos. Deficientes especialmente en nitrógeno, fósforo y azufre. El desgaste mecánico debido a la erosión es intenso en condiciones climáticas de las zonas altas, además, el frío y la sequía inhiben la descomposición de la materia orgánica. El ciclo de congelación-descongelación es otro factor climático que impide el desarrollo del suelo. En consecuencia la capa de humus es escasa (5 cm) y los suelos son pobres desde un punto de vista agrícola, pero ricos en minerales, como oro, plata, cobre, uranio, etc.

- *Temperaturas bajas con pronunciada variación diaria y frecuente e intensas heladas.*

A mayor altitud la variación de la temperatura es mayor. La intensa radiación solar a

través de una atmósfera tenue, produce temperaturas cálidas en la tarde. La pérdida de calor en la noche, favorecida por una baja densidad atmosférica, baja presión de vapor y ausencia general de nubes; reduce la temperatura nocturna hasta el punto de congelación o por debajo de 0°C. Aunque, la temperatura mejora durante la estación húmeda nubosa, es más importante para la vida de las plantas y animales en grandes altitudes ( $> 4\ 500$  msnm), el hecho que las heladas pueden ocurrir en cualquier época del año.

➤ *Reducida presión de oxígeno y dióxido de carbono, alta radiación superficial*

Los cambios de temperatura de la flora, del suelo o de las rocas debido al calor solar o la pérdida de calor por radiación, pueden ser más fuertes que los cambios en la temperatura del aire. La insolación, la humedad y el viento pueden variar más o menos independientemente sobre distancias cortas y breves períodos de tiempo, creando un complejo de condiciones bioclimáticas localmente variables y rápidamente cambiantes.

➤ *Prolongada estación seca e irregular distribución mensual de las precipitaciones.*

Las precipitaciones promedio anuales varían entre 400 y 1 000 mm, dependiendo de los microclimas regionales y del año. Las lluvias generalmente empiezan en Setiembre y Octubre, alcanzan su cima de intensidad en Enero y/o Febrero y terminan en Abril. Las sequías pueden llegar a durar períodos de uno a varios años y se suceden sin regularidad predecible. Los campesinos aseguran la existencia de una sequía fuerte cada 7 ó 9 años sin que estas puedan predecirse.

En especial, las precipitaciones insuficientes durante los meses críticos para el crecimiento de las plantas (Setiembre-Octubre) pueden producir los mismos efectos de una sequía. La capacidad del suelo para absorber, almacenar y distribuir el agua es tan importante como el volumen de precipitación en sí. La baja presión atmosférica, la elevada insolación ligada con el ciclo diario de calentamiento y los vientos libres de obstáculos naturales y/o artificiales contribuyen a la evaporación superficial y a la desecación. Un buen desarrollo del suelo y una buena cobertura vegetal pueden aumentar la capacidad de retención del agua de la tierra. El balance y la acción conjunta de los numerosos factores meteorológicos, topográficos, suelos y vegetación, son los que determinan la cantidad de agua de que disponen realmente las plantas y animales de la zona altoandina y el altiplano.

➤ *Comunidad biológica de limitada productividad.*

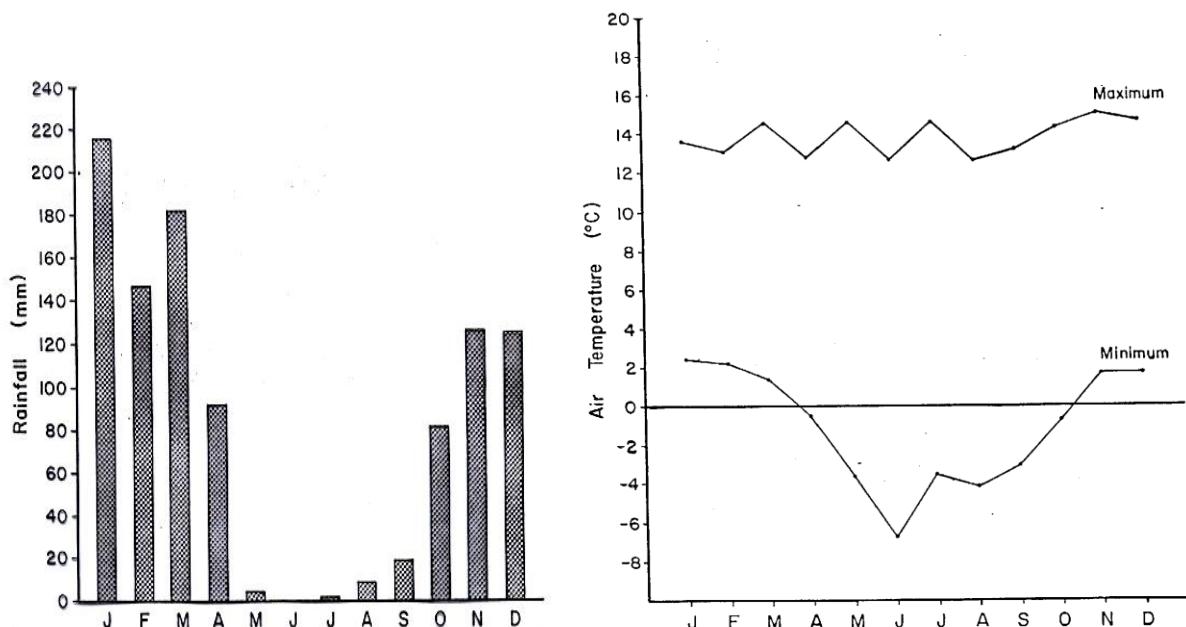
Las plantas de los andes altos son de crecimiento postrado, compactas y protegen importantes órganos de crecimiento, manteniéndolos por debajo o casi a nivel de la superficie de la tierra. Estas formas de vida dependen del calor y del micro-relieve de la tierra para protegerse de la sequía, de la helada y el viento. Muchas especies tienen la forma de plantas almohadilladas, variando desde arbustos enanos hasta los resistentes que tienen la apariencia compacta de una escoba de paja. Por ejemplo la *Azorella compacta* (yareta), una planta que toma la forma de un montículo pequeño, presenta una superficie casi tan dura como la del suelo que la rodea, estas especies reducen sus proyecciones externas reduciendo la exposición y aíslan así su interior. Estas plantas almohadilladas absorben el agua como una esponja y ayudadas a veces por espinas, ramas duras y filosas, protegen del pastoreo casi la totalidad de su estructura.

En resumen, se puede afirmar que los suelos altoandinos son pobres (del punto de vista agrícola), el clima (temperaturas bajas con gran variación diurna), las heladas, la sequía y la baja presión atmosférica influyen en el crecimiento de las plantas, lo que se manifiesta en el enanismo, la cobertura vegetal parcial, el lento crecimiento de las plantas; como consecuencia de éstos factores negativos es la limitada producción de los pastos altoandinos.

## 1.5. ESTACIONES CLIMÁTICAS

Uno de los eventos que caracteriza con firmeza a la sierra del Perú es la estación o temporada de lluvias, seguida de la estación o época seca. Ambas, definen en gran medida los períodos de desarrollo de las plantas. De la misma forma, podemos observar que el desarrollo de los animales se ve ampliamente influenciado por las estaciones de clima; durante la época de lluvias es mayor el incremento de peso vivo, mientras que en la época seca la ganancia de peso es reducida y/o nula.

Debido a este fenómeno, la producción forrajera se concentra en los meses en que se observa la mayor precipitación pluvial. Para el sector de la Puna Húmeda esta temporada corresponde a los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril; mientras que para el sector de la Puna Seca el lapso es menor, Enero, Febrero y Marzo. El volumen de precipitación pluvial en ambos sectores también tiene una relación directa con la duración de la temporada de lluvias: 750 a 1 000 mm para la primera y 250 a 400 mm para la segunda. No debemos olvidar que entre ambos sectores existen zonas intermedias. A manera de ilustración, en las Figuras 4 y 5 se muestra la distribución de las precipitaciones pluviales y la variación de la temperatura máxima y mínima a lo largo del año.



Figuras 4 y 5. Promedio mensual de lluvias y temperatura en Puna Húmeda (20 años).  
Datos Estación Meteorológica IVITA-La Raya. Elaboración R. Farfán

## **2. MANEJO DE PRADERAS NATIVAS.**

### **2.1. CONCEPTOS**

#### **2.1.1. Definición de Pastizal**

El manejo apropiado del pastizal, en términos sencillos, puede ser definido como “*la cantidad de follaje removido sin causar daño en las raíces y, subsecuentemente, a brotes de plantas deseables*”. (Sosebee, 1982). Otra definición es: “*La ciencia y el arte de la planificación y dirección del uso múltiple de la pradera para obtener una máxima producción animal económica sostenible, compatible con la conservación y/o mejoramiento en los recursos naturales relacionados*” (Huss et al. 1974). Se dice que es una **ciencia y arte**, porque requiere del conocimiento y utilización de una variedad de ciencias como la ecología, la taxonomía, agronomía, producción de animales, nutrición animal, hidrología, manejo de la fauna silvestre, manejo de áreas de recreación y hasta cierto grado de ingeniería.

*La planificación y dirección del uso múltiple* implican poner las praderas en su mejor estado para sostener una máxima producción animal, consistente o compatible con la perpetuación de los recursos naturales. El principal problema de la producción pecuaria es la falta de un manejo de pastizales planificado y dirigido. No es posible conseguir una alta producción si no se hace una adecuada planificación del uso del pastizal. En términos generales la planificación de este manejo requiere tres etapas, que son: a) levantar un inventario prolífico de los recursos disponibles, tales como: clima, suelo, plantas forrajeras, capacidad de carga, diferentes niveles nutricionales entre diversos forrajes, tipo de ganado con el que se cuenta, número y tamaño de los potreros, número y ubicación de las aguadas, etc. b) hacer un análisis de los recursos y de los problemas de producción que se detecten, así como de sus posibles soluciones, c) ejecutar un plan de manejo del pastizal y un plan de explotación animal.

*La máxima producción animal* no puede ser lograda sólo a través del manejo para una máxima producción de forraje. Por ello, la definición del manejo de praderas menciona la producción animal en vez de la producción de forraje. De manera que, la máxima producción animal es lograda sólo por medio de un programa bien diseñado y bien dirigido. *Una producción económica sostenida* que a veces no es la más beneficiosa desde el punto de vista económico. Es necesario aclarar un término comúnmente utilizado “máxima producción animal”, sin definir lo que se entiende por “máxima”. Hay dos tipos de producción máxima: la de corto plazo y la de largo plazo. La de corto plazo está asociada por lo general con el sobrepastoreo, es decir, con un pastoreo destructivo. Si bien esto podría redundar en una mayor producción en un año determinado o incluso en algunos años, en el largo plazo invariablemente deriva en el deterioro de los recursos forrajeros y un descenso continuado de la producción, por tanto, es aconsejable ver el bienestar del ganado y el pastizal a largo plazo, teniendo un uso sostenible de las praderas. A largo plazo, debe ser *compatible con la conservación y/o mejoramiento de los recursos naturales relacionados*, por lo cual la máxima producción animal económica no es aconsejable ni factible si se contrapone a la perpetuación de los referidos recursos naturales como el suelo, agua, la vegetación y la fauna silvestre, así como los valores forestales, creativos y estéticos.

Es muy importante que la planta descance de ser pastoreada durante varios períodos en el año.

No debemos olvidar que los efectos del pastoreo sobre la productividad dependerán del tiempo (fase fenológica y condición fisiológica) en que las plantas son pastoreadas y cuántas veces se realiza el pastoreo sobre las mismas plantas.

Uno de los puntos más importantes a tomar en cuenta es precisamente la propia fisiología vegetal, relacionada a las reservas alimenticias de las plantas al momento de su defoliación o consumo. La acumulación de reservas en la corona basal y en los ápices de las bases es muy importante para la supervivencia y producción en la siguiente etapa de crecimiento. Si las plantas son defoliadas (pastoreadas) en algún momento durante el crecimiento, la concentración de hidratos de carbono declina rápidamente y debe ser re-almacenado a través de hojas nuevas que se desarrollan una vez que cesa el pastoreo. El continuo consumo de los brotes limita severamente la capacidad de los pastos de almacenar carbohidratos y si el proceso se repite, entonces la planta puede llegar a morir y, en el mejor de los casos, puede reducir la productividad de la siguiente estación de crecimiento.

En pastizales sobrepastoreados se puede observar que uno de los efectos sobre los mismos animales pastoreando es que, la alimentación puede ser deficiente. En la época seca el alimento disponible puede ser de tan baja calidad y pobre digestibilidad que los animales no obtengan suficiente energía y proteína como para satisfacer sus requerimientos. En contraposición, en época de lluvias el forraje puede contener tal cantidad de agua que el consumo de energía es también limitado.

### **2.1.2. Definición de Forraje**

Se define como cualquier parte comestible no dañina de una planta, que tiene un valor nutritivo y que está disponible para ser consumida por los animales. Una planta o parte de la planta tiene que llenar varios requisitos antes de que pueda ser considerada como forraje. El más importante de éstos, es la aceptabilidad por parte de los animales, la disponibilidad y su aporte de nutrientes. Respecto a esta última condición, muchas de las plantas consideradas como tóxicas o dañinas no pueden ser clasificadas como especies forrajeras porque ellas no proveen nutrientes cuando son consumidas, más bien en lugar de ello, causan trastornos, daño, y en ocasiones, la muerte.

La aceptabilidad es uno de los principales requisitos que las plantas o partes de ellas deben tener para ser clasificadas como forraje. Hay muchas especies vegetales que no son consumidas por los animales aún cuando estas se estén muriendo de hambre; tales plantas no pueden ser clasificadas como especies forrajeras. Esto es particularmente aplicable a ciertas partes de plantas, como es el caso de las especies leñosas y los cactus. El ganado no comerá aquellas partes toscas de tejido lignificado. Muchas plantas arbustivas y leñosas son consideradas como especies forrajeras (*Margiricarpus pinnatus*), porque sus hojas, brotes tiernos y los frutos son comestibles.

La disponibilidad es otro buen criterio para clasificar las plantas. Algunas plantas o sus partes que no pueden ser alcanzadas por los animales en pastoreo, especialmente por su altura excesiva, no pueden ser consideradas como forraje. Esto también es aplicable a plantas que crecen en partes inaccesibles.

### **2.1.3. Definición de Manejo de Praderas**

*Es la manipulación de los componentes de los ecosistemas que presentan primordialmente un cierto potencial natural de pastoreo con el fin de lograr la obtención de productos útiles y necesarios para beneficio del hombre mismo.*

El Manejo de Pastizales pretende lograr de manera integral lo siguiente:

- Plantear y dirigir las acciones que tienden a lograr un aprovechamiento lógico y racional del recurso pastizal.
- Analizar los componentes principales del ecosistema, determinar un papel dentro del funcionamiento general y plantear la multiplicidad de usos que este pudiera tener.
- Estudiar la relación costo-beneficio de la aplicación de diferentes alternativas de manejo del recurso pastizal.
- Plantear y demostrar las verdades científicas acerca del aprovechamiento óptimo del recurso pastizal y recursos afines, los cuales han sido obtenidos a través del trabajo de investigación.

*El reto del manejo de la pradera es poseer la habilidad de utilizar la máxima capacidad de carga y al mismo tiempo lograr las máximas ganancias individuales por animal, mantener la condición de la pradera en su máximo nivel o mejorarla y mejorar también el hábitat de las especies.*

## **2.2. CLASIFICACIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS.**

Las plantas forrajeras se pueden clasificar de la siguiente forma:

*Gramíneas.-* Cualquier miembro de la familia taxonómica *Graminae*

*Graminoides y/o especies similares a gramíneas.-* Cualquier miembro de las familias taxonómicas Cyperaceae y Juncaceae, los cuales vegetativamente se asemejan a las gramíneas.

*Hierbas.-* Cualquier planta herbácea que no sea miembro de las familias taxonómicas: Graminae, Cyperaceae y Juncaceae.

*Arbustos.-* Son aquellos arbustos y árboles que producen brotes, hojas y/o frutos que son comestibles y alcanzables.

El término maleza es a menudo erróneamente usado como un sinónimo de hierba. Una maleza es cualquier planta que crece donde no se la desea. Una maleza puede ser una gramínea, una planta parecida a una gramínea, una hierba, un arbusto, un árbol o cualquier otra planta cuando su presencia no es deseada. Una gramínea altamente palatable y productiva viene a ser una maleza en un jardín; una planta arbustiva altamente preferida por los caprinos, puede ser una maleza en un pastizal utilizado por vacas, etc.

### **2.3. PRINCIPIOS GENERALES DEL MANEJO DE PRADERAS.**

*Balancear el número de animales con el recurso forrajero,* (equivale a no sobrecargar).

Para determinar la carga animal apropiada se debe obtener la mayor cantidad de experiencia local posible para determinar las cargas animales iniciales. Luego se observa los indicadores del desbalance, estos son:

- Indicadores de plantas.- Comúnmente se utiliza análisis de “tendencias a condiciones de la pradera”. La condición de la pradera se juzga principalmente por la composición vegetal actual en un sitio relativo a lo que ese lugar debe producir en tipos de especies y cantidades de forraje. La tendencia en la condición de la pradera se evalúa viendo si la pradera está mejorando, deteriorándose o se mantiene igual. Esto se puede observar a través de: el grado de cobertura del suelo, el grado de desperdicios acumulados, el vigor de las especies en cada sitio.
- Indicadores de disturbios.- Se busca esencialmente signos de erosión o la ausencia de ésta; por ejemplo, si los canales de agua están empezando a repoblararse de vegetación o si no se encuentra actividades de erosión. Estos son síntomas de que probablemente la pradera esté mejorando.
- Indicadores de condición animal.- Aún cuando son algunos productores experimentados quienes pueden evaluar la performance animal que refleja la carga apropiada, esto requiere mayor entrenamiento y habilidad. Por ello la condición animal no es un indicador muy confiable de que la pradera tiene una carga apropiada.

Aún cuando la determinación de la capacidad de carga no es fácil, no existen otros aspectos del manejo de la pastura que sea tan importante como mejorar la frecuencia y la intensidad del uso de un sitio.

*Distribución.-*

Algunas áreas son sobrepastoreadas sólo porque el ganado no se distribuye apropiadamente, de manera que el sobrepastoreo no depende únicamente del número de animales pastoreando. Esta distribución se puede mejorar con el uso de cercos, el curso del agua como límites, formación de grupos o puntas, construcción de caminos o rutas, la fertilización, el uso del fuego o el cambio de especies de animales, pastos cultivados, facilidades de bebederos, etc.

*Uso del tipo o clase apropiado de animal.-*

Es importante tomar en cuenta que dependiendo del forraje disponible y las condiciones propias del sitio de pastoreo, es más rentable el pastoreo mixto que el pastoreo de una sola especie. Algunos tipos de praderas están mejor adaptadas para cierto tipo de animales, como los bofedales que parecen existir especialmente para las alpacas y estas a su vez tienen mayor preferencia por los bofedales.

### *Pastoreo en la época correcta del año.-*

Muchas praderas pueden ser utilizadas por los animales durante todo el año. Ciertamente para algunas de éstas la estación correcta es “todo el año”; sin embargo, existen muchas áreas que no pueden y no deben ser usadas durante todo el año. Usualmente hay tres puntos que influyen en la estación de uso:

- Influencia del pastoreo en la salud de las plantas.- Pastorear cuando las reservas de energía de las plantas están bajas se considera detrimental para la salud de las plantas. Deben existir reservas durante el período de latencia para el crecimiento en la nueva estación.
- Influencia de la salud del animal.- Los sistemas de pastoreo deben tener como meta principal proveer la nutrición máxima y completa de los animales pastoreando.
- Influencia de la condición física de la pradera.- Particularmente en la zona altoandina de pendientes pronunciadas, los sistemas de pastoreo deben ser diseñados para asegurar que no se contribuya a la erosión.

Por lo tanto, la determinación de la estación de uso requiere un conocimiento completo del comportamiento del animal pastoreando, de las preferencias estacionales de forraje y de los requerimientos nutricionales (Sosebee, 1982).

## **2.4. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LAS CARACTERISTICAS DE LAS PRADERAS NATIVAS.**

Las características de una comunidad vegetal son manifestaciones de los factores ambientales involucrados; por consiguiente, el técnico en el manejo de estas praderas debe tener una plena conciencia de ellas y de sus influencias. Las interrelaciones entre factores climáticos, edáficos, fisiográficos, píricos y bióticos, demuestran claramente la complejidad de este fenómeno y son los siguientes:

*Clima.*- Es un promedio de las condiciones atmosféricas. Tiene influencia en el establecimiento de praderas, sin embargo, las condiciones atmosféricas tienen más influencia en la producción diaria o anual de éstas.

*Luz.*- La producción de una planta es la consecuencia del proceso químico de la fotosíntesis. Este es un proceso fundamental en el cual todos los elementos que intervienen, tomadas en forma aislada significan poco para la producción, pero tomados en forma conjunta e interactuando, configuran una cadena sin la cual el flujo de energía no se podría canalizar. La falta de un solo eslabón, interrumpe el flujo.

*Precipitación pluvial.*- El agua es un elemento que tiene fundamental importancia en cualquier forma de vida. Es sin duda el factor más importante en el manejo de praderas naturales. La precipitación del vapor de agua que se condensa en las altas capas de la

atmósfera se puede producir en forma de lluvia, nieve o granizo, incluyendo el rocío. La cantidad de lluvia que cae varía según sea la ubicación geográfica o región que se considere. A nivel mundial, las extremas precipitaciones se registran en el desierto de Atacama (Chile) con solo 3 mm anuales y en Cherrepunjil (India) con 11 700 mm anuales (Wilsie, 1962).

Se entiende por lámina (L) el total de la lluvia caída en determinado tiempo (1 hora-24 horas-1 mes-1 año, etc.) en un punto (lluvia puntual) o sobre un área (lámina media). Se expresa en milímetros (mm), así 1 mm de lámina sobre un área de 1 hectárea equivale a un volumen de agua de 10 m<sup>3</sup>. Dicho de otra manera, 1 mm de lluvia sobre 1 m<sup>2</sup> de superficie = 0,1 cm x 10 000 cm<sup>2</sup> = 1 000 cm<sup>3</sup> = 1 litro. Quiere decir que una lluvia de 30 mm equivaldrá a 30 litros por m<sup>2</sup>. Por hectárea (10 000 m<sup>2</sup>) serán 300 000 litros. Así, si en una región, como la sierra peruana, precipitan 500 mm/año equivalen a 5 000 m<sup>3</sup>/ha/año).

Se define duración (D) como el período de tiempo durante el cual llueve en un área determinada. Se entiende por intensidad (I) la tasa de la precipitación caída en un intervalo de tiempo (L/D) expresada generalmente en milímetros por hora (mm/hora). Es un valor importante en el diseño hidrológico, por ejemplo una lluvia de intensidad de 60 mm/día tiene efectos y consecuencias muy diferentes a una de 60 mm/hora. La lluvia en función de su intensidad, puede ser identificada como: suave (valores hasta 3 mm/h), moderada (mayor de 3 y hasta 10 mm/h) y fuerte (mayor de 10 mm/h).

*Humedad atmosférica.*- Es el resultado de la presión de saturación atmosférica y la temperatura, pudiendo ser expresada como absoluta y relativa. La humedad absoluta es la cantidad de agua presente en una unidad de volumen de aire y la humedad relativa expresa, en porcentaje, la cantidad de vapor de agua que existe con respecto a lo que podría existir a nivel de saturación, dada una presión determinada.

La producción de los pastizales aumenta con el aumento de la humedad atmosférica, principalmente porque hay un aumento de la eficiencia de conversión de la precipitación y de la luz. Una deficiencia hídrica en el ambiente, provoca un cierre de estomas, y por lo tanto, una disminución en la entrada de anhídrido carbónico que es el compuesto necesario para la fotosíntesis. Como consecuencia, la eficiencia del proceso de fotosíntesis disminuye aunque las condiciones de luz sean óptimas. El cierre de estomas puede evitarse y lograr mantener un alto índice de fotosíntesis, si se adecúa el nivel de humedad a nivel de la hoja. En consecuencia, las praderas de las zonas áridas y semi-áridas tienen una producción limitada, debido a que prevalece la baja humedad y las praderas de las regiones húmedas tienen una mayor producción debido a que prevalece una humedad más alta. En condiciones de zonas altoandinas la producción de pastizales naturales va acorde a las dos épocas bien marcadas. Durante la época lluviosa (Diciembre-Abril) existe una abundancia de pastos, mientras en la época seca o de estío existe una escasez grande de producción de biomasa.

*Anhidrido carbónico.*- La planta necesita anhídrido carbónico como material indispensable para la síntesis de hidratos de carbono. El anhidrido carbónico se encuentra en la atmósfera en la cantidad aproximada de 300 partes por millón (ppm), siendo lógico inferir que una disminución de este nivel afectará la eficiencia de la fotosíntesis y por lo tanto, el crecimiento y la producción de la planta.

*Temperatura.*- Afecta el crecimiento de las plantas en varias formas, siendo la forma que más nos interesa, el efecto que tiene sobre el crecimiento y la producción de forraje. El crecimiento se detiene y comienza un estado de latencia, cuando la temperatura alcanza 0°C.

El crecimiento empezará con un aumento en la temperatura hasta cierto punto, pasado el cual empezará a decrecer. Todas las plantas tienen una temperatura que es óptima para su crecimiento. Es importante conocer que la temperatura en la zona de crecimiento de las raíces no debe ser inferior a 6°C. Por debajo de este valor, el crecimiento de las raíces se paraliza totalmente, que es lo que sucede normalmente en las zonas altoandinas durante la época seca (Lazenby 1969). Quiere decir, que la época de crecimiento es de ocho meses, pero considerando el hecho de que el 90% de la producción de forraje se produce en un período de tres meses, se puede decir que la época de crecimiento fisiológico es sólo de tres meses.

*Evaporación.-* El factor determinante de la lluvia es la evaporación, la que esta en función de la temperatura, el viento y la humedad ambiental. En áreas con elevadas temperaturas, baja humedad ambiental y sometida a fuertes vientos, la evaporación es muy elevada, y por lo tanto, la eficiencia de la lluvia es mucho menor que en áreas con la misma precipitación, pero con mayor humedad ambiental y/o con menor temperatura y/o viento.

*Viento.-* Puede ser un factor limitante en algunas áreas y bajo ciertas condiciones. Sirve como medio de circulación del oxígeno, dióxido de carbono, otros gases atmosféricos y vapor de agua. También es un factor importante en la evapotranspiración. El crecimiento de la vegetación es limitado en algunas zonas, las sequías se hacen más serias cuando además van acompañadas por vientos fuertes y secos.

*Factores fisiográficos y edáficos.-* Los factores fisiográficos son aquellos atributos como la topografía, exposición, altitud, grado dependiente y otros, que modifican la superficie del suelo. Los factores edáficos son atributos tales como la textura, profundidad, composición química y estructura de los suelos. La vegetación varía dentro de las diferentes zonas climáticas debido a variaciones en los factores fisiográficos y edáficos, el efecto combinado de estos factores en la vegetación se llama “sitio de pastizal”. Que será explicado con detalle más adelante.

## **2.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES DE LAS PRADERAS ALTOANDINAS EN EL PERÚ**

Una de las tareas más difíciles para una persona dedicada a manejar pastizales es saber como determinar el valor económico de las praderas y los servicios ambientales que ellos brindan. Afortunadamente, existen investigadores que han trabajado en este rubro y entre ellos citaremos a Ventura (2003) de la Comunidad Campesina de 14 Incas en Sihuas Ancash. El autor manifiesta qué, como consecuencia de la sobreexplotación y la falta de políticas gubernamentales y de una adecuada institucionalidad para la planificación y gestión sostenible de las praderas, ha ocurrido una creciente degradación del ecosistema de praderas, agravado por la presión que ejerce la población campesina que demanda crecientemente tierras agrícolas. Mediante la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de las praderas altoandinas se puede contribuir a la formulación de políticas y una estrategia de conservación de dichos ecosistemas.

Para las praderas altoandinas se ha identificado los componentes, funciones y propiedades que se indican en el siguiente cuadro, además se ha relacionado con los valores de uso y no de uso actuales, luego se ha procedido a la jerarquización

Cuadro 2. Componentes, funciones y propiedades de las praderas altoandinas y los valores de Uso y No de Uso

	VALOR DE USO DIRECTO	VALOR USO INDIRECTO	VALOR DE OPCIÓN	VALOR DE EXISTENCIA
<b>COMPONENTES Y BIENES</b>				
Recurso Forrajero	Forrajes y paja (5)		Soportabilidad de población de animales(5)	
Agua	Consumo humano,pesca agric y energía (4)			
Queñuales y tolares	Leña y madera (3)			
Flora	Plantas medicinales y ornamentales (2)			
Suelo	Turba (1)			
Fauna silvestre	Carne y pieles (1)			
<b>FUNCIONES/ SERVICIOS</b>				
Reserva de agua		m <sup>3</sup> de agua (5)		
Retención sedimentos y nutrientes del suelo		toneladas (t) de suelo (5)		
Nicho ecológico fauna y flora (habitad)		especies y población (3)		
Captura de carbono (C) como CO <sub>2</sub>		t de Carbono en materia orgánica del suelo (5)		
Estabilización de microclimas		T° máxima y mínima (1)		
<b>PROPIEDADES</b>				
Diversidad biológica DB				DB (5)
Patrimonio cultural PC				PC (2)
Singularidad				Singularidad (2)

Se seleccionan los valores de uso y no de uso, con estos datos se realiza la valoración económica. Para tal fin, se identifican los indicadores biofísicos seleccionando las técnicas de valoración que mejor se ajustan a los indicadores.

Cuadro 3. Valores de Uso y No de Uso priorizados, indicadores y técnicas de valoración

VALORES DE USO Y NO DE USO PRIORIZADOS	INDICADORES BIOFÍSICOS	TÉCNICAS DE VALORACIÓN
Forrajes (VUDirecto)	Soportabilidad/año	Cambio en la productividad
Reserva de agua (VUInd)	m <sup>3</sup> /año (caudal mínimo)	Cambio en la productividad
Retención de sedimentos y nutrientes del suelo(VUInd)	t de suelo al año	Daño evitado
Captura de carbono CO <sub>2</sub> (VUInd)	t de C en la materia orgánica del suelo/año	Cambio en la productividad
Crianza de animales (V0bs)	Soportabilidad/año	Cambio en la productividad
Diversidad biológica (VEsp)	Nº de crías muertas por predadores/año	Daño evitado

Con relación a los mercados evaluados, se tiene primero el mercado de forrajes, que es un mercado local, donde la oferta de forraje es permanente, de propiedad comunal y los precios por usufructo se establecen por unidad animal. Son tarifas que se establecen anualmente y responden a criterios culturalmente aceptados. La oferta es rígida en el corto plazo y la demanda es flexible. Es una demanda derivada de los mercados de ganado en pie y de carne que corresponde a otros mercados (locales y regionales). El forraje es un bien intermedio.

En cuanto al mercado del agua, se tiene que la oferta es flexible dependiendo de las condiciones climatológicas. La demanda está dada por las irrigaciones en la parte baja de la cuenca. Las tarifas son establecidas por la Junta de Usuarios con la supervisión de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de sus oficinas locales de administración.

Para la retención de sedimentos y nutrientes del suelo, se calcularán los daños evitados en los sistemas de riego en la parte media de la cuenca. Y en cuanto a la captura de carbono, éste es un mercado potencial y cuya demanda está sujeta a la implementación de mecanismos nacionales e internacionales que posibiliten transacciones de captura de carbono ligado al manejo sostenible de praderas. La asignación de los pastizales para la crianza de alpacas es una alternativa que tiene ventajas económicas y ecológicas.

En cuanto a la diversidad biológica, se asume la valoración como regulador de la cadena trófica. El incremento de la fauna silvestre (cuyes, vizcachas y venados) incrementa la disponibilidad de presas para los depredadores (zorros, puma) y por consiguiente reduce el daño a los hatos de ganado ovino y camélidos sudamericanos.

## **2.6. RECURSOS NATURALES Y SOBREPASTOREO.**

La mayor parte de la sierra peruana está conformada por áreas de protección (64% de la superficie), y praderas nativas (27%) y el resto son áreas desprovistas de vegetación, como los nevados. Secularmente, se ha procedido a la sobre-explotación de las “áreas de protección” con un pastoreo incontrolado por parte de los productores altoandinos. El resultado ha sido una degradación alarmante de los suelos en las comunidades campesinas de la sierra. Producto de este hecho es que desde las zonas más afectadas se generan grandes movimientos migratorios por la extrema pobreza causada por el deterioro de los recursos naturales. Por otra parte, la mayor parte de las cuencas hidrográficas están cubiertas de pastos pulviniformes de escaso crecimiento, agravado por la desaparición forzada de arbustos y árboles nativos; como consecuencia en éstas áreas de pastizales y áreas de protección degradados, disminuye dramáticamente la infiltración del agua de las lluvias, resultando en una disminución del caudal de los ríos que desembocan mayormente en la vertiente oriental de los andes, como consecuencia se está observando una falta de agua para el consumo humano, agricultura y otras actividades, en las ciudades y valles costeros, que soportan alrededor del 80% de la población nacional.

Con el crecimiento demográfico de la población rural también aumenta el número del rebaño, las modalidades de acceso y tenencia de tierras, como la sucesiva parcelación, el condominio, y el manejo muchas veces deficiente de la ganadería, pastoreando por largo tiempo sobre la misma área, originan una fuerte presión sobre los pastizales. Esto causa el rompimiento del equilibrio o balance ecológico del medio ambiente local, de manera que algunos de los efectos que se observan son: la desaparición progresiva de las especies vegetales deseables, la disminución de la cobertura vegetal, lenta recuperación de la flora; paralelamente, aparecen especies vegetales invasoras de escaso valor nutritivo. Como consecuencia de ello se observa el descenso de la capacidad forrajera y de la calidad de los pastos nativos, que se refleja en la debilidad de los animales y su poca resistencia contra las enfermedades y baja producción de carne y lana. Una de las estrategias que utiliza el productor campesino ante esta situación (baja producción y bajos ingresos económicos) es aumentar el número de cabezas de su rebaño, lo que agudiza el problema de sobrepastoreo y degradación del medio ambiente.

Desafortunadamente, muchas instituciones del Estado y ONGs, con asistencia de fondos del exterior, buscan satisfacer las exigencias de los donantes con resultados de incremento rápido y espectacular de la producción a corto plazo. Por ésta razón, es vigente lo manifestado por Wiener 1994, quién dice que “los recursos con que los Proyectos han apoyado a las comunidades campesinas, han sido como sembrar en el desierto. Cualquier ganancia de productividad era efímera y a lo sumo, podía reducir el ritmo de caída de la productividad campesina”.

## **2.7. EROSIÓN.**

La erosión de los suelos, como resultado de la degradación de los pastizales, tiene como punto de partida la pérdida de cobertura vegetal por sobrepastoreo, pasando por la desaparición de especies forrajeras importantes que son reemplazadas por otras no deseables (retrogradación de la comunidad vegetal), y la pérdida de la capacidad de infiltración del agua que en su recorrido (escorrentía superficial) arrastra partículas de suelo, sobre todo en laderas. La condición de los pastos llega a ser muy pobre y pobre.

El suelo no permanece estable, está cambiando permanentemente. En forma similar a los seres vivos, el suelo nace, se desarrolla, puede deteriorarse y desaparecer si no se maneja en forma adecuada. El deterioro del suelo se produce, por ejemplo, cuando se usa de modo intensivo sin dejarlo descansar y sin devolverle los nutrientes que las plantas toman para desarrollarse. Entonces, éste se empobrece porque pierde su materia orgánica, su fertilidad y se vuelve mucho más sensible a la erosión. Por consiguiente la etapa final de la erosión es la degradación de tierras. La desaparición del suelo por acción del agua o del viento es un proceso conocido con el nombre de erosión. En la sierra Peruana, especialmente en los valles inter-andinos y zonas altiplánicas, la forma de erosión más frecuente es causada por la acción del agua, que se presenta en formas variadas, desde el lavado superficial del suelo (llamado erosión de manto o laminar), pasando por la erosión de zanja, hasta la formación profundas cárcavas.

### **2.7.1. Agentes de la Erosión.**

- *El Agua*.- Es el más importante, debido a la acción de las gotas de lluvia al hacer impacto sobre la superficie del suelo y por la escorrentía superficial que produce grandes pérdidas de suelo. En este caso se denomina erosión hídrica.
- *El viento*.- Es un agente climático que de acuerdo a su intensidad produce erosión y afecta la formación de los suelos, a través del desprendimiento, transporte, deposición y mezclado del suelo. En éste caso se denomina erosión eólica.

Existen dos tipos de erosión: hídrica y eólica. Por su importancia en las zonas altoandinas y altiplano Peruano, en ésta Sección únicamente se discutirá los conceptos relacionados con la erosión hídrica.

### **2.7.2. Erosión Hídrica**

Es causada por la acción del agua de lluvia. El volumen del flujo líquido que se desliza sobre la tierra depende de su cantidad, intensidad y distribución; cuyo deslizamiento arrastra

partículas de tierra en suspensión o cortando el suelo. Cuando la totalidad del agua no es absorbida rápidamente por el suelo, ésta empieza a correr sobre la superficie arrastrando las partículas más finas (arcilla) liberadas por las mismas gotas (escorrentía). El resultado de este fenómeno puede ser observado después de una fuerte lluvia, cuando el agua que escurre sobre las laderas y en las quebradas es de color café oscuro y/o rojizo. Paulatinamente, este fenómeno lava el suelo en su capa superficial y reduce su fertilidad. Finalmente, la roca madre queda totalmente expuesta.

*Fases de la erosión hídrica.*- La pérdida de suelo producido por la erosión, comprende tres fases (Figura 6):

- *Desprendimiento de las partículas de suelo, individualmente o en pequeños agregados.*- Se produce por acción de la energía cinética de las gotas de lluvia al entrar en contacto con la superficie del suelo, produciéndose salpicaduras que llevan consigo partículas de suelo y que pueden alcanzar una altura aproximada de 30 cm ó más. Las partículas desprendidas se desplazan según el ángulo con que fue golpeado por la gota de lluvia, además, influenciado por la acción del viento. Cuando las gotas caen verticalmente (en ausencia del viento) sobre un suelo a nivel y desnudo, las salpicaduras se esparcen por igual en todas direcciones. Si las gotas caen en diagonal, las salpicaduras saltan hacia delante más que hacia atrás.
- *Transporte de las partículas del suelo.*- Cuando la cantidad de agua excede la capacidad de infiltración del suelo, fluye sobre la superficie constituyendo el agua de escorrentía, la cual arrastra partículas de suelo en cantidades variables, según sea su volumen y velocidad.
- *Sedimentación y deposición.*- Las partículas se van asentando a medida que va disminuyendo la velocidad del agua y el escurrimiento hasta cesar completamente. Primero se van asentando las partículas más grandes, para luego continuar con las más pequeñas. También puede ocurrir que el escurrimiento no cese hasta desembocar en un río, lago o mar.

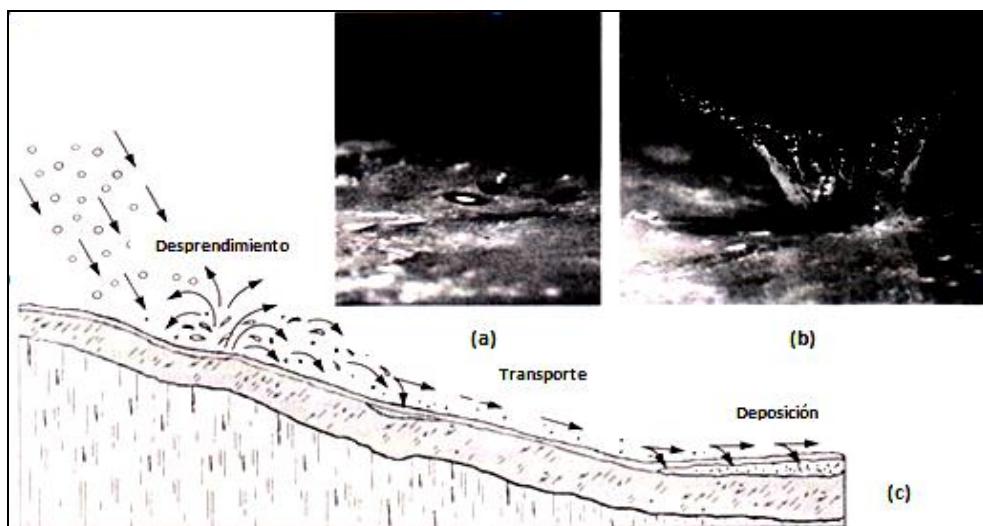


Figura 6. Tres etapas de la erosión hídrica. Tomado de Casanova M. 2001  
(a) Gota de lluvia, (b) Impacto de gota de lluvia, (c) Escorrentía

### 2.7.3. Clases de erosión hídrica.-

- *Erosión laminar.*- Ocurre cuando aparecen capas delgadas de suelo más o menos uniformes en todo un área de terreno. Esta forma es la menos notable, pero a la vez más

peligrosa. Mediante esta clase de erosión el suelo disminuye su fertilidad debido a la reducción del espesor, disminuyendo como consecuencia la productividad de los cultivos. La erosión laminar se debe principalmente al desprendimiento de partículas de tierra ocasionado por el impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo mal protegido y al arrastre posterior de dichas partículas por la escorrentía, por lo que se denomina erosión por impacto y/o erosión por arrastre. Debido a la pérdida de material inorgánico muy fino (arcillas) y de material orgánico coloidal (humus), el daño que sufre la fertilidad natural del suelo es considerable y el efecto mucho mayor que los ocasionados por la pérdida de una determinada cantidad de material de la capa superficial del suelo.

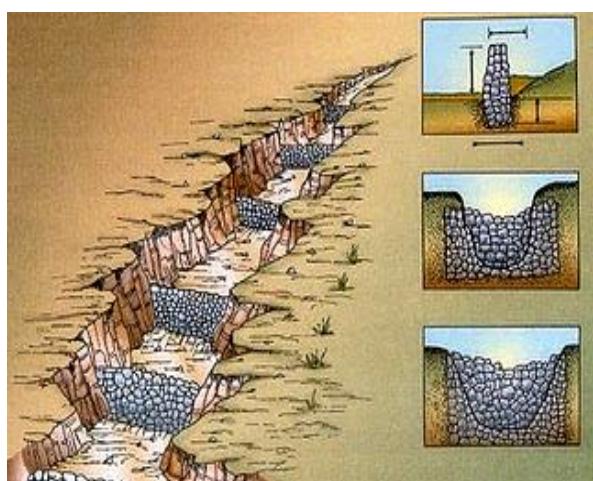


Figura 7. Erosión laminar



Figura 8. Erosión por surcos

➤ **Erosión en surcos.**- Esta clase de erosión ocurre cuando se presentan lluvias intensas y el relieve del terreno presenta irregularidades en la dirección de la pendiente. La escorrentía se concentra en algunos lugares para adquirir volumen y velocidad suficiente para hacer cortes y formar surcos. Las zanjas de pequeño tamaño formadas a lo largo de la pendiente indican las zonas de concentración de la escorrentía. Los daños por esta clase de erosión pueden ser menos graves, sin embargo, por ser mas manifiestas se les da mayor atención que a la erosión laminar. Estos pequeños canales pueden ser eliminados con las prácticas normales de cultivo.



Figuras 9 y 10. Diques para controlar cárcavas



➤ *Erosión en cárcavas.*- Se presenta cuando existe una excesiva escorrentía en determinadas zonas del terreno y que posteriormente permite la ampliación progresiva de la zanja.

Las labores de labranza en el sentido de la pendiente y los drenes de aguas superficiales mal dirigidos son generalmente el origen de profundas cárcavas, que son imposibles de borrar mediante el empleo de maquinaria agrícola convencional y que progresivamente van tomando la forma de quebradas. La erosión por cárcavas es espectacular y se encuentra muy extendida, y se utiliza a menudo como síntoma característico de la erosión hídrica. Este tipo de erosión es la fuente más importante de sólidos en suspensión de los ríos, pero en términos de daño al suelo agrícola o reducción de la producción no es muy decisiva debido a que la mayoría de las tierras sujetas a la formación de cárcavas severas son de escasa significación agrícola. El control de las cárcavas es siempre difícil y costoso, de tal manera que los gastos de conservación superan por lo general el valor de la tierra; siendo mejor utilizar los recursos para prevenir la formación de cárcavas, antes que para corregir las existentes.

### **3. FERTILIDAD DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE PASTOS Y FORRAJES**

En condiciones de Sierra Peruana, para obtener altos rendimientos y buena calidad nutritiva de forraje, es necesario tener en cuenta algunas actividades muy importantes que son comunes, tanto para pasturas naturales como introducidas y entre ellas se tiene la fertilización y/o abonamiento, aplicación de agua de riego, manejo de pastos y otros. Aunque parezca obvio, son pocos los ganaderos que prestan suficiente atención a estas actividades que son vitales en la producción pecuaria. Una actividad que merece especial atención es el manejo de la fertilización y/o abonamiento, preferentemente durante la etapa productiva de la pradera.

Generalmente, los nutrientes del suelo no están disponibles en las cantidades y proporciones requeridas por las especies forrajeras para maximizar rendimientos y calidad nutritiva; por lo tanto es necesario determinar la concentración de estos en el suelo, y con base en ello, definir las fuentes y cantidades de correctivos y fertilizantes, acorde con los requerimientos de cada especie forrajera.

#### **3.1. IMPORTANCIA DEL ANALISIS DE SUELOS**

La pregunta es ¿Qué podemos aprender de un análisis de suelo?

Para que un análisis de suelo provea información significativa para predecir requerimientos de fertilización de una pradera, debe ser capaz de evaluar las cantidades del nutriente que estarán disponibles para el pasto a diferentes tasas a lo largo de la estación de crecimiento. Se conoce qué, la mayoría de los análisis de suelo son llevados a cabo con extractantes de soluciones salinas o ácidas que remueven solo una fracción no conocida del nutriente, y al ser esta una aproximación empírica, la extracción debe reproducirse en forma exacta en cada análisis para que tengan validez los resultados. En esta aproximación, se asume que un simple extractante con una solución particular y en poco tiempo (5-30 minutos) puede remover una cierta cantidad de nutriente equivalente a la cantidad que absorbería una planta durante toda la estación de crecimiento. De todas maneras, los resultados de los análisis de suelos deben dividirse en categorías que predigan la probabilidad de obtener respuesta a un nutriente en

particular. Para lograr esto se usan ensayos en campo en los cuales las respuestas a un nutriente en particular se *calibran* con los valores de determinaciones de muestras obtenidas inmediatamente antes de fertilizar.

### **3.2. PROCESO DE MUESTREO**

Una de las principales causas de error en el diagnóstico de fertilidad del suelo y en la formulación de las recomendaciones de fertilización de especies forrajeras la constituye la muestra de suelo enviada al laboratorio, cuando esta no es representativa de las condiciones del terreno a donde sembrar, o de la pradera a fertilizar. Como consecuencia de ello, la respuesta productiva será deficiente por el uso inadecuado de fertilizantes en términos de clase y cantidad, lo que repercute a su vez en incremento en los costos de producción.

Para que las recomendaciones de fertilización basadas en el análisis de suelos tengan el impacto deseado en la producción de forraje y en los rendimientos de los animales, es importante tener en cuenta que la respuesta productiva de la pradera depende de la aplicación cuidadosa de los siguientes procesos:

- La toma de la muestra de suelos
- Los análisis de laboratorio solicitados y sus procedimientos
- La interpretación de los resultados de los análisis solicitados
- La formulación de las recomendaciones de fertilización y
- Su correcta aplicación en el campo.

Por lo anterior, es conveniente tener en cuenta que además de un buen muestreo y análisis de suelo, el éxito de un programa de fertilización dependerá, del conocimiento y experiencia del técnico en el diagnóstico y formulación de las recomendaciones, del conocimiento de las condiciones ambientales de la región, y de los requerimientos de nutrientes y de manejo de las especies forrajeras.

En cada una de estas fases pueden ocurrir errores que pueden afectar el resultado del análisis y por consiguiente la recomendación de fertilizantes y/o enmiendas a aplicar. Los errores debidos a muestras mal tomadas, son generalmente los más significativos, porque no se pueden corregir en las fases subsiguientes. Una muestra mal tomada puede causar errores de un 50% o más en el diagnóstico de la fertilidad de un suelo. La recolección de una muestra representativa es esencial para una correcta recomendación de fertilizantes y/o enmiendas y posibilita la obtención de rendimientos económicos.

#### **➤ Equipo de muestreo.**

El equipo básico de muestreo incluye un balde limpio, bolsas plásticas, barreno de tubo, barreno de fertilidad o pala (jardinería, recta). Para la selección de la herramienta que se utilizará debe considerarse la textura del suelo, ya que algunas de éstas no pueden ser empleadas eficientemente. Por ejemplo, en suelos muy arenosos o muy arcillosos los barrenos resultan poco prácticos. Para texturas medias es más aconsejable el uso del barreno de fertilidad, pudiendo ser reemplazado por el barreno de tubo o el barreno holandés, que cuentan con cuchillas cortantes, especiales para texturas finas. En campo, generalmente no disponemos de estos equipos y se recomienda el uso de una pala común y/o recta.



Figura 11. Elementos y/o equipos de muestreo

La pala de jardinería puede ser usada en un amplio rango de texturas, pero tiene el inconveniente de hacer más lento el muestreo al realizar una excavación para cada submuestra, dejando el suelo con un exceso de agujeros.

➤ **Toma de una muestra.**

Una muestra representativa es aquella que mejor refleja las condiciones de fertilidad de un área específica. Para que exista representatividad, la muestra de suelo debe ser compuesta de varias submuestras de igual tamaño. Las unidades de muestreo deben separarse y representarse mediante un croquis de ubicación del predio, teniendo en cuenta características tales como pendiente, cultivos o manejos anteriores, textura, laboreo, antecedentes históricos, características del drenaje, etc. La unidad de muestreo debe tener una superficie que no sea muy extensa, dependiendo de las características de homogeneidad presentes. En condiciones de los valles interandinos, donde las propiedades están muy fraccionadas y rara vez superan las 5 ha, se recomienda tomar 5 a 10 muestras por hectárea. Las muestras se deben tomar sin ningún tipo de sesgo, es decir, que deben ser tomados completamente al azar (ver figuras).

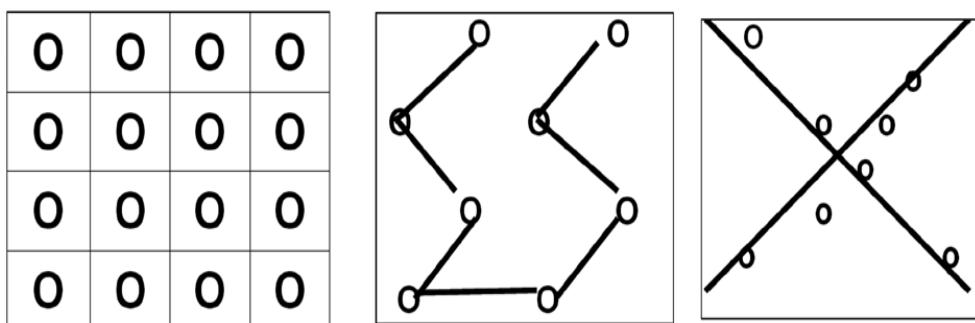


Figura 12. Formas de muestreo

Al utilizar la pala es importante que la cantidad de tierra obtenida en cada punto sea similar, de modo que, todos los sectores del área muestreada queden igualmente representados. Una vez colectadas todas las sub-muestras, éstas se mezclan en el balde (o saco limpio). Después de homogeneizar la muestra de suelo, se extrae una pequeña cantidad de tierra y se introduce en una bolsa plástica nueva (Figuras 13 y 14), que debe tener una capacidad de al menos

medio kg, para su posterior envío al laboratorio.



Figura 13. Proceso de muestreo de suelos en descanso. Hurtado B J. 2009 UTO Bolivia



Figura 14. Proceso de muestreo en suelos en producción. Cuesta y Villaneda. CORPOICA

➤ **Época de muestreo.**

En general, las muestras de suelo pueden ser colectadas en cualquier época. Sin embargo, por razones prácticas es recomendable tomar las muestras 1 ó 2 meses antes de la siembra de cultivos anuales.

➤ **Profundidad de muestreo.**

Las muestras de suelo para cultivos se deben obtener a una profundidad de 0 a 20 cm, es decir, explorando la fertilidad de la capa arable. Para praderas, la profundidad de la zona de muestreo debe ser entre 0 y 10 cm, puesto que a esa profundidad se registra la mayor densidad y actividad de raíces de las plantas forrajeras.

➤ **Envaseado y almacenaje de la muestra de suelo.**

Una vez mezclada y homogeneizada, la muestra de suelo debe ser envasada en una bolsa de polietileno nueva, con el objeto de evitar la contaminación de la misma. Cualquier elemento extraño a la muestra de tierra puede inducir a errores en el análisis químico, con la consecuente falla en su interpretación. La muestra envasada (claramente identificada) debe ser remitida con prontitud al laboratorio para ser estabilizada y procesada.

### **3.3. ANÁLISIS DE SUELOS.**

Se define como cualquier medición química o física hecha en el suelo, mientras que en forma particular, se refiere a cualquier análisis químico rápido para evaluar el nivel de nutrientes disponibles para la planta, la salinidad, y los elementos tóxicos del suelo. Bajo análisis de suelo, también se han incluido las interpretaciones, evaluaciones y recomendaciones de fertilizantes y enmiendas basadas en los resultados de análisis químicos y en otras diversas consideraciones.

Las muestras enviadas al laboratorio serán analizadas y devueltas al usuario en un tiempo prudencial. Una vez que se cuenta con éstos análisis, se procede a estudiar cada uno de los componentes mostrado en los resultados.

Se han desarrollado diversas formas para calcular las dosis de los fertilizantes y enmiendas de acuerdo a las necesidades de los cultivos y el suelo. Pasando por la utilización de recomendaciones generales para una determinada zona según el cultivo y llegando a modelos más afinados de cálculo de dosis como es el desarrollado por Rodríguez J 1993.

En los últimos cincuenta años han existido grandes avances en el conocimiento de la fertilidad de los suelos y nutrición de plantas. Ya que antes se mantenían los conceptos originados a principios del siglo pasado con la Ley del Mínimo de Liebeg (Figura 15), de los rendimientos decrecientes de Mitscherlich, que prevalecieron por mucho tiempo. Luego vinieron los primeros acercamientos para considerar un ordenamiento en el tema y establecer a través de resultados una explicación a la respuesta de los cultivos a la fertilización, desarrollándose los modelos “Decide” por los australianos y el de Confort y Sinclair por los investigadores de Nueva Zelandia. Últimamente el uso del GPS para una Agricultura de Precisión.

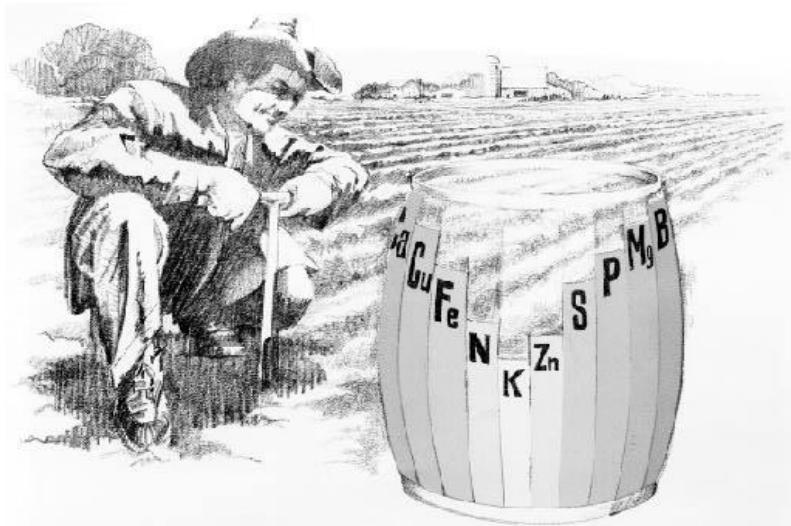


Figura 15. Ley del Mínimo de Liebeg

Para hacer una correcta interpretación de los análisis de suelos y hojas, es necesario contar con una Escala Interpretativa de Suelos Agrícolas en el Perú. Es necesario indicar que los datos son tomados de las técnicas empleadas en diferentes laboratorios del Perú, en especial del Laboratorio de Suelos de la Universidad Agraria La Molina-Lima-Perú.

Cuadro 4. Escala interpretativa de análisis de suelos agrícolas en el Perú.

ELEMENTO SUELO	MÉTODO DE EXTRACCIÓN	UNIDAD	NIVELES		
			BAJO	ADECUADO	ALTO
Nitrógeno (N)	Kjeldahl	%	< 0.10	0.10 a 0.20	> 0.20
M. Orgánica (M.O)	Walkley y Black	%	< 5	5 - 10	> 10
Clima frío		%	< 3	3 - 5	> 5
Clima templado		%	< 2	2 - 3	> 3
Clima cálido					
Fósforo (P)	Olsen	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	6-10	11 - 15	> 16
Potasio (K)	Acetato amonio	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	< 100	100 - 200	> 200
Carbonato de Ca	Volumetría	%	< 1	1 - 5	5 - 15
Magnesio	Acetato amonio	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	< 300	300 - 600	> 600
Sodio (Na)	Acetato amonio	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	50	50 - 200	> 200
Boro (B)	Agua caliente	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	< 0,5	1 - 2	> 2
Fierro (Fe)	DTPA	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	< 100	100-400	> 400
Manganoso (Mn)	DTPA	mg kg <sup>-1</sup> (ppm)	< 10	10 - 20	> 20
Sat. Aluminio (Al)		%	< 20	20-65	> 65
Azufre	ClNa	%	0.05	0.1	0.15
Conductividad eléctrica (CE)	Extracto pasta saturada	dS m <sup>-1</sup>	< 1	1 - 3	> 4
C.I.C	Acetato sodio	meq/100g	5 - 15	15 - 25	25 - 40
Saturación de bases	Bases/CIC	%	< 35	35-65	> 65
Salinidad por sodio	Na/CIC	%	< 6	10	> 15
Suma de bases		cmol(+)L	< 5	5 - 25	> 25

### 3.4. FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y/O CONVENCIONAL DE PASTOS

**Objetivo:** Predecir los requerimientos nutricionales antes que las pasturas sean sembradas; se refiere a la cantidad de “nutriente extraíble” por la planta.

*Durante el proceso de interpretación de los resultados de los análisis de suelos, es importante tener en cuenta que las “técnicas de análisis” varían de un laboratorio a otro, por consiguiente, los valores numéricos reportados varían de laboratorio a laboratorio.*

¿Qué sucede cuando del laboratorio se recibe los resultados de un análisis de suelos?. Por supuesto, se hace difícil interpretarlos. Se hace más difícil aún, cuando un agricultor recibe los reportes de análisis emitido por cualquier laboratorio especializado. Por tanto, tendrá la necesidad de recurrir a un especialista para su interpretación. Pero frecuentemente no se puede contar al momento con este profesional. Por ello es necesario que el agricultor deba conocer una forma sencilla de interpretación de los resultados del análisis de suelo.

En esta sección, se pretende proveer un instrumento al agricultor para que realice su propia interpretación, en base de la significación de cada una de las determinaciones que constan en el reporte del análisis de suelos, y se espera llegar a cumplir este objetivo de la mejor manera.

Para nuestro propósito se presentan los resultados de siete análisis de suelos de rutina distribuidos de la siguiente manera: una muestra de suelo de Chota (analizado por el Laboratorio Baños del Inca-INIA-Cajamarca), dos muestras de El Mantaro-Huancayo (Lab. UNA - La Molina), tres muestras de La Raya-Cusco (Lab. UNA-La Molina) y una muestra de Majes (Lab. Zvicor-Arequipa). De los tres laboratorios utilizados solamente el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina proporciona al usuario los nombres de los extractantes utilizados y los métodos seguidos en el análisis de los suelos, por éste hecho, en la interpretación de resultados solo se tomará en cuenta los análisis reportados por la UNALM, mientras que los otros solo se tomarán como referencia.

Cuadro 5. Análisis de siete muestras de suelos de la Sierra Peruana.

Lugar	Prof. (cm)	P	K	M.O	N	pH	Texture	Lab oratorio
		ppm	ppm	(%)	(%)			
<b>Cajamarca</b> Chota	0-10	2.9	117	2.2	-	3.5	Franco	INIA Baños del Inca Cajamarca
<b>Huancayo</b> El Mantaro	0-10	7.5	54	1.85	0.073	5.5	Franco	UNA La Molina
	10-20	<b>4.7</b>	06	1.74	0.065	5.2	Fr. Arenoso	Lima
<b>Cusco</b> La Raya Canchis	0-25	21.4	408	10.62	0.302	6.6	Franco	UNA La Molina
	0-25	8.2	544	8.68	0.225	6.5	Fr. Arcilloso	Lima
	0-25	7.9	08	5.79	0.190	6.4	Franco	
<b>Arequipa</b> Majes	0-10	176.1	139	4.05	0.280	7.9	Franco.Areno- Arcilloso	Lab. Zvicor - Arequipa

Elaborado por Farfán R. 2002

Para facilitar la interpretación, en el Cuadro 5 se presentan los resultados de los siete análisis, tal como aparecen en las hojas de resultados proporcionados por cada uno de los laboratorios

mencionados

Teniendo los datos del análisis de suelos de rutina y el cuadro de necesidades nutricionales (tasas de aplicación) para un determinado cultivo, recurriendo a cálculos matemáticos simples, el agricultor puede determinar las cantidades de nutrientes necesarios para obtener un rendimiento óptimo para cualquier cultivo.

➤ **Para nutriente fósforo (P).**

La mayoría de los suelos de la Sierra tienen un contenido bajo del nutriente P disponible para la planta, principalmente porque éste se encuentra en combinaciones orgánicas (fosfolípidos, ácido nucléico y fitín), además, fuertemente adheridos y/o ligado en suelos calcáreos (carbonato de calcio) y arcillosos (tipo 2:1). Para determinar el “nutriente extraíble fósforo”, el Laboratorio de Suelos de la UNALM utiliza como extractor el bicarbonato de sodio- $\text{NaHCO}_3\text{-P}$ , llamado también Método de Olsen.

Cuadro 6. Tasas de aplicación de nutriente fósforo (P) para alfalfa

ppm de P en el suelo ( $\text{NaHCO}_3$ OLSEN)	Nivel relativo	Nutriente $\text{P}_2\text{O}_5$ en kg/ha	
		Establecimiento	Mantenimiento
< 5	Muy Bajo	224	112
6 - 10	Bajo	168	84
11 - 15	Medio	56	00
> 16	Alto	00	00

Cuando el nivel relativo de fósforo es muy bajo a medio, se espera una respuesta favorable del cultivo a la fertilización con P; mientras que las recomendaciones de fertilización para suelos con alto contenido de P son solamente para mantenimiento.

Como ejemplo se tiene los resultados del análisis de una muestra de suelo para El Mantaro – Huancayo a 10-20 cm de profundidad (Cuadro 5), donde se aprecia un contenido de 4.7 ppm de fósforo. Si comparamos este valor con aquellos presentados en el Cuadro 6 (extractor  $\text{NaHCO}_3$ ) vemos que 4.7 está en un valor < 5, es decir, un valor muy bajo de contenido del nutriente fósforo, por consiguiente, para alfalfa en suelos franco-arcillosos del valle del Mantaro se necesitará aplicar mínimamente 224 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para establecimiento de alfalfa y 112 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para mantenimiento (anual).

Para la interpretación de los demás resultados de los análisis de suelos y sus consiguientes requerimientos del nutriente fósforo, se deberá seguir el mismo procedimiento utilizado para el ejemplo.

➤ **Para nutriente potasio (K)**

Aunque la mayoría de los suelos de la sierra peruana tienen una provisión abundante del nutriente K, es necesario conocer las tasas de aplicación sugeridas de acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio.

Actualmente para conseguir la cantidad del nutriente K extraíble, gran parte de los laboratorios están utilizando el bicarbonato de amonio como extractor, llamado prueba de

DTPA y/o NH<sub>4</sub>OAc.

Cuadro 7. Tasas de aplicación de Potasio (K) para alfalfa y pasturas cultivadas\*

ppm de K en el suelo ( AB-DTPA y/o NH <sub>4</sub> OAc )	Nivel relativo	Fertilizante K <sub>2</sub> O en kg/ha
< 100	Bajo	224
100 – 200	Medio	112
> 200	Alto	000

\* Las tasas sugeridas son para tres años de producción

Según el Cuadro 7, si se tiene un suelo con contenido bajo de K (< 100 ppm), será necesario aplicar 224 kg/ha del fertilizante K<sub>2</sub>O para alfalfa y pastos asociados, por el contrario, si se tiene un contenido alto de K (> 200 ppm) no será necesario aplicar ningún tipo de fertilizante que contenga potasio.

#### ➤ Materia Orgánica (MO)

Es la fracción del suelo compuesta por material que alguna vez tuvo vida. Incluye, desechos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo, sustancias de las raíces de las plantas y micro-organismos del suelo. En muchos suelos, la materia orgánica contiene por lo menos el 5% del volumen total. Reportado como porcentaje del total del suelo, contiene cerca del 95% de todo el nitrógeno del suelo. El contenido de MO expresado en porcentaje puede ser usado para estimar el contenido de nitrógeno del suelo.

El nitrógeno de la materia orgánica del suelo llega a ser disponible para las plantas en forma de N-NO<sub>3</sub> (nitrógeno-nitrato) a través del proceso de mineralización. Alrededor de 33.6 kg de N-NO<sub>3</sub> por hectárea estará disponible para la planta en la sierra por cada 1.0% de materia orgánica (por mineralización principalmente) en cada período de cultivo (campaña agrícola).

Cuadro 8. Contenido de Materia Orgánica en dos clases de suelos

Suelos arenosos (%)	Suelos arcillosos (%)	Nivel relativo
< 0,5	< 1,0	Muy bajo
0,5 – 1,0	1,0 – 2,0	Bajo
1,0 – 1,5	2,0 – 4,0	Medio
> 1,5	> 4,0	Alto

El valor del contenido de materia orgánica por sí solo, no es siempre una medida confiable para conocer la disponibilidad del nutriente nitrógeno de un suelo, pero cuando es usado conjuntamente que los valores de nitrógeno-nitrato se puede hacer predicciones reales de la tasa de fertilización en cualquier cultivo.

#### ➤ Para nutriente Nitrógeno (N)

Para determinar el nitrógeno total en laboratorio generalmente se utiliza el método de micro Kjeldahl y es reportado como porcentaje de nitrógeno nitrato (N-NO<sub>3</sub>). Por razones prácticas éste porcentaje, debe ser convertido a partes por millón (ppm) de N-NO<sub>3</sub> (Para convertir

porcentaje a ppm multiplicar por 100. Una ppm es igual a 0.0001%)

El nitrógeno-nitrato es soluble e inmediatamente disponible para que pueda ser absorbida por las raíces de las plantas, además, por ser un elemento muy móvil está sujeto a una rápida lixiviación en la mayoría de los suelos, especialmente aquellos de textura gruesa, por esta razón, para minimizar el efecto se recomienda hacer aplicaciones fraccionadas del fertilizante N. Es necesario remarcar que el N puede ser fijado de la atmósfera por las bacterias nitrificantes que viven en el suelo en simbiosis con las raíces de las leguminosas y parte de los requerimientos nutricionales del elemento N por las plantas puede ser conseguido de esta manera, siempre y cuando el rhyzobium sea específico y que la temperatura media anual en la capa arable no sea menor a 6°C; de lo contrario se tendrá una pobre o casi nula fijación de nitrógeno atmosférico por la bacteria. Por ésta, o alguna otra razón, en los suelos de la sierra la fijación de nitrógeno es muy pobre, por consiguiente, para optimizar la producción de materia verde de los pastos asociados y alfalfares, se podría aplicar cantidades mínimas del fertilizante nitrogenado equivalente a 20 unidades de N/ha (equivalente a 60 kg de nitrato de amonio por hectárea (Farfán y Holgado 1979).

Cuadro 9. Tasas de aplicación de Nitrógeno en pasturas cultivadas de alta producción

ppm de N-NO <sub>3</sub> en el Suelo	Fertilizante N necesario (kg/ha)	Tasa de fertilización nitrogenada con determinado contenido de M.O*		
		1.0 % (33.6 kg)	2.0 % (67 kg)	3.0 % (101 kg)
0 - 6	200	166.4	133	99
7 - 12	180	146.4	113	45
12 - 18	150	116.4	83	15
<b>19 - 24</b>	<b>123</b>	<b>89.4</b>	<b>22</b>	<b>0</b>
25 - 30	95	61.4	0	0
> 30	0	0	0	0

\* Por cada 1,0% de MO se tendrá aproximadamente 33.6 kg/ha de N-NO<sub>3</sub> en cada campaña agrícola, producto de la mineralización. Para 2% será 67 kg, para 3% será 101 kg, así sucesivamente...

Teniendo el resultado de análisis de suelos (Cuadro 5), donde aparece el contenido de MO y conociendo la tasa de aplicación recomendada del fertilizante N para pastos cultivados (Cuadro 9), se procede a la interpretación. Para éste caso, se toma como ejemplo el análisis de suelos de La Raya-Cusco (muestra 3 en el Cuadro 5). Los pasos a seguir son los siguientes:

- Convertir los datos porcentuales de N total a ppm de N-NO<sub>3</sub>. Luego de la conversión se tiene un valor de 19 ppm de N-NO<sub>3</sub> para muestra 3 de La Raya (0.190% x 100).
- En el Cuadro 9 el valor de 19 ppm se encuentra entre los valores de 19-24, que corresponde a una tasa de aplicación de 123 kg/ha de nitrógeno para pasturas cultivadas.
- Por otro lado, se tiene un contenido de 5.79% de materia orgánica (Cuadro 5); conociendo que por cada 1,0% de MO el suelo a través del proceso de mineralización libera aproximadamente 33.6 kg de nitrógeno soluble en cada campaña agrícola, por tanto, 5.79% de MO liberará aprox. 195 kg de N-NO<sub>3</sub> cada año.
- La tasa de fertilización (Cuadro 9) para valores de 19-24 es de 123 kg/ha de N-NO<sub>3</sub>, por tanto, hacemos una operación de sustracción 123-195, que da un valor negativo, por consiguiente, en este caso no se necesitará aplicar ningún tipo de fertilizante nitrogenado, porque el suelo posee suficiente nitrógeno proveniente del proceso de

mineralización de la materia orgánica y otros aportes como nitrógeno residual de cosechas anteriores.

#### ➤ Semáforo de suelos.

Una técnica muy rápida y sencilla de determinar la calidad de los suelos es a través de la utilización del semáforo de suelos (Cuadro 10). La tarea de todos los productores agropecuarios en forma obligatoria a nivel nacional, debería ser el mantenerse en la zona verde del semáforo, porque esta categoría se relaciona con un alto nivel de fertilidad de un suelo, donde existe un adecuado balance de nutrientes disponibles para los cultivos y las praderas. Con el fin de corregir la baja fertilidad del suelo cada productor debería realizar un programa técnico integral del fundo que permita transitar hasta la “zona verde” o nivel adecuado de fertilidad del suelo en un período de 3 a 5 años, para posteriormente mantenerse permanentemente en esta categoría de fertilidad y productividad de las praderas.

Cuadro 10. Semáforo de suelos

Parámetros	NIVEL DE FERTILIDAD		
	Bajo (Rojo)	Medio (Amarillo)	Adecuado (Verde)
pH en agua	< 5.5	5.6 a 5.9	6 a 6.5
Fósforo (ppm ó mg/kg)*	< 10	10 a 20	> 20
Calcio (cmol(+) /kg)	< 5	5 a 9	> 9
Magnesio (cmol(+) /kg)	< 0,5	0,5 a 1	> 1
Potasio (cmo(+) /kg)	< 0,25	0,26 a 0,51	> 0,52
Sodio (cmol(+) /kg)	< 0,20	0,21 a 0,30	> 0,31
Suma de bases (cmol (+) /kg)	< 6	6 a 11	> 11
Al <sup>+3</sup> intercambio (cmol(+) /kg)	> 0,51	0,50 a 0,26	< 0,25
Saturación de Aluminio (%)	> 6	3 a 6	< 3
Azufre (ppm ó mg/kg)	< 12	12 a 20	> 20

Fuente: Teuber y Bernier. 2008

\*Olsen

Finalmente y en forma figurada es preciso enfatizar que el conductor que conoce los reglamentos del tránsito sabe que la única señal del semáforo que permite transitar libremente y con seguridad es la “luz verde”. Es exactamente igual, al relacionar con el nivel de fertilidad del suelo agrícola.

### 3.5. ABONAMIENTO ORGÁNICO Y/O ECOLÓGICO DE PASTOS

Se consideran abonos orgánicos tanto los productos de origen vegetal como animal, puros o mezclados. Por su origen, la mayoría de ellos contiene los elementos (macro y micronutrientes), aunque no necesariamente en una relación balanceada u óptima para el crecimiento de las plantas. Los abonos y/o enmiendas orgánicas, además de mejorar las condiciones químicas del suelo, agregan materia orgánica, la cual contribuye a mejorar las condiciones físicas y las condiciones biológicas del suelo. La relación carbono/nitrógeno (C/N) de los abonos orgánicos indica si sus nutrientes están disponibles en poco tiempo para los cultivos (C/N < 30), o si necesitan más tiempo para su mineralización (C/N > 30). Si un material orgánico tiene una baja relación C/N (alrededor de 10), el proceso de descomposición y mineralización de los nutrientes es rápido. En cambio, los que tienen una relación C/N alta, presentan una descomposición y mineralización de los nutrientes más lenta.

Muchos técnicos advierten que los abonos de origen orgánico, por el bajo contenido de nutrientes en su constitución, serían considerados como enmiendas orgánicas del suelo y no como abonos orgánicos.

Pineda MR (1995) manifiesta que todos los cultivos, prácticamente en todos los suelos, necesitan de una fertilización nitrogenada; ésta es una generalización universal con muy pocas excepciones. Siendo, las corrientes agroecologistas propulsoras de la eliminación de los fertilizantes minerales sintéticos y el uso de los fertilizantes orgánicos. Sin embargo, existe una brecha muy grande entre ambos tipos de fertilizantes, en cuanto a sus capacidades de abastecimiento de nitrógeno asimilable a las plantas. Los porcentajes de nitrógeno en los abonos orgánicos (estiércol, compost, humus de lombriz, etc.) por lo general no llegan al 3%, mientras que en los fertilizantes minerales sintéticos dicho porcentaje está por encima del 20%, pudiendo llegar hasta 82% (caso del amoníaco anhidro). Por lo tanto, la posibilidad de sustituir totalmente a corto plazo los fertilizantes minerales sintéticos por los orgánicos es prácticamente nula, especialmente en condiciones de costa peruana, de zona árida con déficit del recurso hídrico, escasa vegetación, baja población animal y escasez de otros recursos indispensables para la obtención de los abonos orgánicos. En la sierra por lo general los estiércoles y subproductos de cosecha, son utilizados mayormente como combustible y con menos énfasis como nutrientes para la agricultura.

En tal circunstancia, la opción más factible, a corto plazo, para ir sustituyendo los fertilizantes nitrogenados minerales, esta en la fijación del nitrógeno atmosférico por parte del cultivo de leguminosas. Las posibilidades de esta modalidad de incorporación de nitrógeno al suelo son muy interesantes, tanto en cantidad como en tiempo. En los suelos totalmente carentes de nitrógeno, en la Irrigación de Majes, se demostró que un cultivo óptimo de alfalfa podía fijar hasta 600 kg de N/ha/año; cantidad que excede en mucho las necesidades de cualquier cultivo.

A una escala global, si bien la agricultura de producción ha utilizado fuentes orgánicas por muchos años y lo continúa haciendo, existen limitaciones prácticas y económicas en su uso. China, en el pasado considerado como el país que podría sobrevivir usando solamente abonos orgánicos, es hoy el primer consumidor de fertilizantes manufacturados en el mundo. Como se puede ver, China es un ejemplo de las limitaciones del uso exclusivo de abonos orgánicos.

Desde el punto de vista de la producción agrícola, no existe diferencia entre las diferentes fuentes de nutrientes debido a que las plantas no utilizan los nutrientes en su forma “original”. Todos los nutrientes deben estar en forma *iónica* para que puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas. Por esta razón, la fuente original de nutrientes es indiferente para la planta. Estas requieren de la presencia de nutrientes en un suplemento adecuado, continuo y balanceado para asegurar su normal crecimiento. En consecuencia, los fertilizantes orgánicos e inorgánicos deben ser utilizados juntos, siempre que sea posible.

La preocupación de que los fertilizantes convencionales no son “naturales” no tiene ninguna base científica. De hecho, el proceso y utilización de los depósitos de P y K es el mejor ejemplo de reciclaje (roca fosfórica de Bayobar), pudiendo regresar estos nutrientes al suelo de donde fueron originalmente removidos por meteorización natural. En el caso del N, el 80% de la atmósfera está constituida por N gaseoso, el mismo que respiramos cada día y que es utilizado para manufacturar fertilizantes nitrogenados y el mismo que utiliza el sistema Rizobium/leguminosa para producir su propio N. Para muchos autores los fertilizantes manufacturados son tan “naturales” en su origen como las fuentes orgánicas.

Dentro de los abonos minerales admitidos en agricultura orgánica y/o ecológica se tiene los siguientes: fosfatos naturales tricálcicos (fosfobayobar), salitre, rocas silíceas, cloruro potásico, dolomita, magnesita, sulfato de magnesio y otros.

### **Abonado con estiercol.**

Es necesario hacer precisiones sobre el uso de estiércoles como enmienda y/o abono en la producción de pastos. En una primera parte se expondrá el uso de estiércoles provenientes de centros de engorde y en una segunda el uso de estiércoles de nuestro medio.

Cuando se usa estiércoles provenientes de centros de engorde la calidad en cuanto al contenido de nutrientes para los pastos es menor. Así, una tonelada de excrementos de bovinos en corral contiene cerca de 5 kg de nitrógeno, 1,0 kg de fósforo y 4 kg de potasio. Si no se considera la fracción líquida, el excremento resulta en 2.5 kg de nitrógeno, 1.0 kg de fósforo y 0,8 kg de potasio (1.0kg K<sub>2</sub>O). Determinaciones en varios centros de engorde de EEUU indicaron que el excremento promedio, sin fracción líquida, contiene entre 2 y 2.5% de nitrógeno, 0,3 a 0,8 % de fósforo y 1.2 a 1.8 % de potasio en base seca (Mathers *et al.*, 1971). Investigaciones australianas (NSW Agriculture, 1998) sugieren rangos de 0,7 a 3% de nitrógeno, 0,2 a 1.4% de fósforo, 0,7 a 4.0 de potasio sobre base seca y un contenido de humedad del 9 al 54% para cálculos de mínimos o máximos según se lo requiera.

Aplicaciones de 8 a 15 toneladas de excreta (en base seca) provee suficiente nitrógeno para la mayoría de los cultivos en secano y retrasa o evita la salinización. Aplicaciones de 22 toneladas de excremento por hectárea, con 35 a 50% de humedad, proveen la base nutricional de maíz, sorgo o trigo bajo riego (Mathers y Stewart, 1984).

Los nutrientes estarán accesibles para los cultivos cuando la materia orgánica aplicada al suelo sea degradada y los nutrientes sean liberados en formas solubles. Este proceso no es instantáneo, solamente la mitad del nitrógeno aplicado estará disponible para el cultivo en el primer año. El remanente, de degradación más lenta, se va liberando en los años sucesivos por la acción microbiana. La eficiencia de captura del nitrógeno por la vegetación ocurrirá en los meses de crecimiento vegetativo de la planta, con poca ocurrencia durante meses fríos o de pastos en dormancia. Asimismo, el nitrógeno es el elemento de mayor movilidad, se volatiliza, lixivia o escurre y se pierde en el agua de superficie si no es capturado por las raíces de las plantas

En cuanto al potasio aportado, el abono de los estercoleros contiene nitrógeno y potasio en relaciones similares a las requeridas por la mayoría de las plantas, por lo que al fertilizar por requerimientos de nitrógeno con excreta bovina se fertiliza también con potasio en las proporciones deseables. Las altas cargas de potasio en el agua son raramente un problema en las áreas de riego por la alta capacidad de los suelos de retener potasio. Sin embargo, como para los otros nutrientes, el elemento debe integrarse a la solución acuosa del suelo para poder ser capturado por la matriz coloide y luego ser aprovechado por las raíces de las plantas.

El abono orgánico aporta también cantidades importantes de fósforo. Este elemento es el menos móvil, poco susceptible a la lixiviación pero puede incrementar su tasa de migración cuando el suelo excede las posibilidades de absorción y retención del nutriente. Las fertilizaciones recurrentes con excreta incrementan el nivel de fósforo del suelo. Existe riesgo de sobrecarga de fósforo, particularmente en suelos con limitada capacidad de retención

hídrica. En esos casos podría ser conveniente fertilizar de acuerdo con la demanda de fósforo y complementar la posible carencia de nitrógeno con una fertilizante químico (Ejem. urea). En esos mismos casos, las rotaciones con leguminosas permitirían también mejorar el balance del nitrógeno sin deteriorar el de fósforo.

En esta segunda parte es necesario hacer conocer el uso y calidad de estiércoles provenientes de animales de nuestra zona.

A continuación se muestra el cuadro de composición química de los diferentes estiércoles disponibles en la zona:

Cuadro 11. Composición química de estiércoles

<b>Abonos</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>	<b>Potasio (%)</b>
<b>Vaca</b>	83.2	<b>1.67</b>	<b>1.08</b>	<b>0.56</b>
<b>Caballo</b>	74.0	2.31	1.15	1.30
<b>Oveja</b>	64.0	3.81	1.63	1.25
<b>Llama</b>	62.0	3.93	1.32	1.34
<b>Vicuña</b>	65.0	3.62	2.00	1.31
<b>Alpaca</b>	62.0	3.60	1.12	1.29
<b>Cerdo</b>	80.0	3.73	4.52	2.89
<b>Gallina</b>	53.0	6.11	5.21	3.20

Fuente: Guerrero, J. 1993

Para tener una idea de la cantidad de principio activo que se pueda obtener del uso de estiércol de vaca tratado como abono se presenta el Cuadro 11, donde se observa que 100 Kg de estiércol provee 1.67 kg, 1.08 kg y 0,56 kg de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente de nutriente en estado puro.

Cuadro 12. Contenido de nutrientes de estiercol de vacuno

	<b>NITRÓGENO (N)</b>	<b>FÓSFORO (P)</b>	<b>POTASIO (K)</b>
100 kg	1.67	1.08	0,56
1000kg = 1.0 t	16.7	10.8	5.6
N = 150 Unid.	9 t		
P = 80 Unid.		7.4 t	
K = 60 Unid.			10.7 t

Farfán R. 2007. Presentado en Curso Cultivo de Alfalfa. Oruro-Bolivia

Con estas cantidades si tuviéramos que aplicar una fórmula de fertilización de 150-80-60 de N-P-K respectivamente para un cultivo asociado de ryegras-trébol blanco, se necesitaría aplicar 9 t de estiércol de vaca por ha para cubrir las necesidades del nutriente Nitrógeno; 7.4 t y 10.7 t de estiércol para Fósforo y Potasio respectivamente.

Cuadro 13. Contenido de nutrientes de estiercol de Alpaca

	NITRÓGENO (N)	FÓSFORO (P)	POTASIO (K)
100 kg	3.6	1.12	1.29
1000kg=1.0 t	36.0	11.2	12.9
N = 20 Unid.	0.56 t		
P = 80 Unid.		7.1 t	
K = 60 Unid.			4.7 t

Farfán R. 2007. Presentado en Curso Cultivo de Alfalfa. Oruro-Bolivia

En el Cuadro 13 se observa el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el estiércol de alpaca. Para una fórmula de fertilización de 20-80-60 unidades de N-P-K respectivamente en un cultivo de alfalfa, se necesitarían 0,56 t, 7.1 t y 4.7 t de estiércol de alpaca respectivamente para cumplir con las exigencias de N-P-K para dicho cultivo.

En el Cuadro 14 se observa el valor nutritivo que presentan los fertilizantes convencionales o inorgánicos. Si se tiene pensado aplicar una fórmula de fertilización de 20-80-60 de N-P-K respectivamente, entonces será necesario aplicar 69 kg de nitrato de amonio, 174 kg de superfosfato de calcio triple y 100 kg de cloruro de potasio.

Cuadro 14. Valor nutritivo de fertilizantes químicos

	NITRÓGENO(N)	FÓSFORO (P)	POTASIO (K)
100 kg	33.5	46.0	60.0
1000kg = 1.0 t	335.0	460.0	600.0
N = 20 Unid.	60.0 kg		
P = 80 Unid.		174.0 kg	
K = 60 Unid.			100.0 kg

Farfán R. 2007. Presentado en Curso Cultivo de Alfalfa. Oruro-Bolivia

Fuente de nutrientes: N ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), P (superfosfato triple), K (Cloruro de potasio)

Haciendo una comparación en cuanto a los volúmenes de material para cada uno de los nutrientes vegetales, se observa que en el caso de los abonos orgánicos el volumen a transportar es grande y sin exageración será necesario transportar varias toneladas de estiércol; por el contrario, si se utiliza fertilizantes inorgánicos el material a trasportar será mínimo, no llegando en algunos casos a una tonelada.

En el Cuadro 15 se presenta los costos de instalación de alfalfa utilizando abonos orgánicos y fertilizantes convencionales, existiendo una gran diferencia entre ambas. Para el primer caso el costo es de 518.00 nuevos soles para abonar una hectárea de pasto, sin considerar los altos costos de transporte del material (estiércol); en cambio, utilizando fertilizantes convencionales se necesitará 304.00 nuevos soles para fertilizar 1.0 ha de pasto (S/ 78.00 para N y S/226.00 para P), con la aclaración de que, en general, en la Sierra Peruana existe abundancia del nutriente potasio y no sería necesario su aplicación en los pastos. Para mejor comprensión es necesario actualizar costos.

Cuadro 15. Costo de abono orgánico y fertilizantes minerales para instalar 1.0 ha de pasto

	COSTO N/KG	COSTO P/KG	COSTO K/KG	CANTIDAD KG/HA	COSTO S/ SOLES	COSTO TOTAL
Estiercol vacuno	--	--	--	7 400.00	518.00	S/518.00
Urea	S/ 1.30			60.00	78.00	304.00
Superfosfato triple de calcio (46 %)	S/ 1.30			174.00	226.00	

Farfán R. 2007. Presentado en Curso Cultivo de Alfalfa. Oruro-Bolivia

La pregunta sería. ¿Cuántos animales (vacunos, ovinos, camélidos etc.) y por cuánto tiempo deberían permanecer en los dormideros para proveer estiércol seco y/o tratado, para abonar una hectárea de pastos asociados y/o alfalfa?. La respuesta la tiene Ud. Hay que tener en cuenta que en promedio se necesitan entre 10 000 a 20 000 kg de estiercol tratado para abonar una hectárea.

### 3.6. POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) DEL SUELO AGRÍCOLA.

El pH es la medida relativa del número de iones hidrógeno ( $H^+$ ) e iones hidróxilos ( $OH^-$ ), presentes en solución. Cuando estos dos iones están presentes en igual número, la solución es neutra (pH 7). Si existen más iones  $H^+$ , el pH es menor que 7 (ácido) y si hay más iones  $OH^-$ , el pH es mayor que 7 (básico o alcalino). La escala del pH tiene un rango de 0 a 14. Cada cambio en una unidad de pH representa un incremento o decrecimiento de 10 veces la concentración de iones  $H^+$  o iones  $OH^-$ . Por lo tanto, un cambio relativamente pequeño en el pH, representa un considerable cambio en la acidez o alcalinidad de una solución.

El pH es un índice que muestra el grado de acidez o alcalinidad en un extracto acuoso del suelo. Es decir, es un indicativo de las condiciones generales de fertilidad del suelo. El pH es para el suelo como la fiebre para el cuerpo humano, es decir la fiebre indica la existencia de una enfermedad o dolencia. El pH conocido como potencial hidrógeno, indica el grado de acidez y/o alcalinidad activa que tiene el suelo, es decir la concentración de los iones hidrógeno presentes en la solución del suelo. Las plantas que crecen en el suelo, con pH menores a 5.5 o arriba de 7.5 ya restringen bastante su crecimiento, debido a que estos valores indican la existencia de varias condiciones desfavorables en las plantas. A pH bajo se presentan deficiencias de Ca y Mg, altos contenidos de aluminio, alta fijación de fósforo, y deficiencia de micronutrientes o un exceso de sales. A pH alto se incrementa la presencia de sodio (Na), cloro (Cl) y otros elementos alcalinizantes.

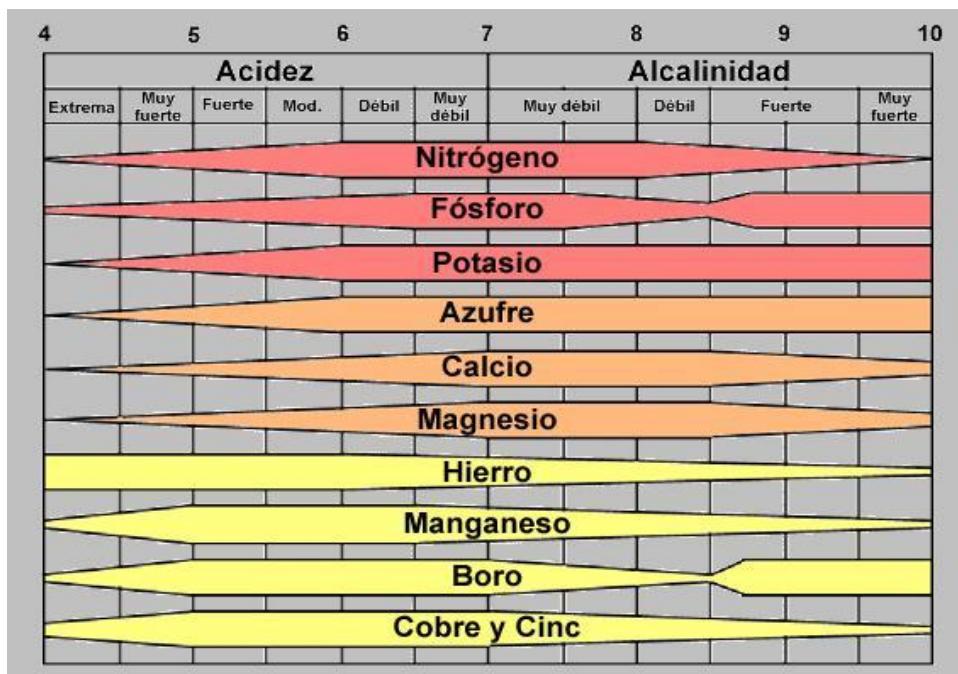


Figura 16. Cuadro de acidez y alcalinidad del suelo

#### ➤ Efectos de la acidez sobre la fertilidad de suelos y productividad

El Fósforo puede precipitar en formas asociadas al hierro y aluminio y reducir su asimilación por las plantas. Las deficiencias de Magnesio y Calcio se hacen evidentes cuando los niveles se reducen por efecto de las pérdidas por lixiviación y reemplazo por hidrogeniones. En estos casos, es más probable que aparezca una deficiencia de Magnesio antes que Calcio, por el menor contenido de este nutriente en los suelos. Al descender el pH del suelo, se incrementa la solubilidad de algunos elementos como el hierro, aluminio y manganeso, los que pueden llegar a ser tóxicos, limitando el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Otro efecto de la acidez de los suelos, es la reducción de la actividad biológica con niveles de pH inferiores a 6. En este rango, se afecta la fijación biológica y la mineralización de los residuos orgánicos. Los elementos en combinación orgánica tales como el nitrógeno, azufre y fósforo experimentan una reducción de liberación debido a la más baja tasa de descomposición de los residuos vegetales. Por otra parte, la acidez afecta la condición física de los suelos, especialmente la estabilidad de los agregados en presencia de agua.

La toxicidad del aluminio afecta el desarrollo radicular, con lo que se reduce el volumen de exploración de las raíces por agua y nutrientes. Un exceso de aluminio en la solución del suelo interfiere con la movilidad y utilización de los nutrientes esenciales (Ca, Mg, K, P, y Fe) y además puede inhibir los procesos microbianos que suministran los nutrientes a las plantas. A nivel celular, la toxicidad del Al afecta la estructura y funcionamiento de la membrana celular, la síntesis del ADN, la mitosis, la elongación celular, la nutrición mineral y el metabolismo.

Tanto especies como variedades, muestran grandes diferencias en cuanto a la tolerancia del ion aluminio en solución. Así, las leguminosas, que dependen de la fijación simbiótica, son más sensibles a la toxicidad por Al, ya que se afecta la simbiosis leguminosa-rizobio.

En suelos ácidos, derivados de cenizas volcánicas como en Arequipa, las limitaciones de acidez afectan marcadamente la productividad de los cultivos y praderas, especialmente las leguminosas sensibles como la alfalfa. En esta especie es necesario considerar enmiendas al establecimiento y aplicación de manutención en los períodos de crecimiento.

➤ **Disponibilidad de nutrientes a diferentes pH del suelo.**

La disponibilidad de la mayoría de los nutrientes ocurre en el rango de pH de 5.5 a 7.5.

De la Figura 17, se desprenden algunas interpretaciones en relación a la disponibilidad de los nutrientes. La solubilidad de las diferentes formas de nitrógeno, sean estas sales amoniacales o nítricas, es elevada en casi todo el intervalo de pH que presenta un suelo.

pH actual	Calificación	Efectos esperados
< 4,5	Extremadamente ácido	Toxicidad de Al <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> e H <sup>+</sup> Escasa actividad microbiana
4,6 – 5.0	Muy fuertemente ácido	Possible toxicidad por Al <sup>3+</sup>
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido	Exceso: Co, Cu, Fe, Mn, Zn Deficiencia: Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Suelos sin CaCO <sub>3</sub> Actividad bacteriana escasa
5.6 – 6.0	Moderadamente ácido	Intervalo adecuado para la mayoría de cultivos
6.1 – 6.5	Levemente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes
6.6 – 7.3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos
7.4 – 7.8	Medianamente básico	Suelos generalmente con CaCO <sub>3</sub>
7,9 – 8,4	Básico	Disminuye la disponibilidad de P y B Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn
8,5 – 9.0	Ligeramente alcalino	Sodicidad
9.1 – 10.0	Alcalino	Sodicidad
> 10.0	Fuertemente alcalino	Toxicidad sódica Movilidad de P como Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Actividad microbiana escasa Micronutrientes poco disponibles excepto Mo

Figura 17. Disponibilidad de nutrientes

Para el caso del fósforo es interesante advertir que bajo un pH 6.5 su disponibilidad disminuye notoriamente, debido a que los elementos Fe y Al incrementan su solubilidad y forman compuestos de fósforo que son insolubles que pueden ser fijados por los coloides del suelo o pueden también ser precipitados a medida que el pH desciende a menos de 5.5. Por otra parte si el pH se incrementa y sobrepasa el valor de 7.5 es el calcio el que provoca su precipitación. Si el pH asciende a 8.5 la solubilidad del fósforo se incrementa debido a la presencia de sales de sodio que se encuentran en exceso. En todo caso la máxima asimilación del fósforo se presenta en el rango de 6.5 a 7.

El potasio y azufre siguen el mismo patrón de comportamiento, esto es se encuentran disponibles en un amplio rango del pH, al igual que el nitrógeno. Para el caso del azufre su disponibilidad a pH muy ácido disminuye, debido a que se pierde fácilmente por lixiviación.

### **3.7. ENMIENDAS CALCÁREAS.**

Su principal utilidad es para corregir la acidez de los suelos agrícolas, los cuales se generan por una pérdida de cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio) y una acumulación de cationes ácidos (aluminio e hidrógeno).

Como se indicó anteriormente la acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas por los efectos ya conocidos, por cuya razón es necesario recurrir a diferentes materiales alcalinizantes y/o enmiendas. Los materiales alcalinizantes más utilizados son:

➤ **Óxido de calcio.**

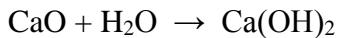
Se conoce como cal viva o cal quemada ( $\text{CaO}$ ). Es un polvo difícil de manejar por su efecto caustico. Se consigue calcinando la piedra caliza, produciéndose la siguiente reacción:



Este material es de rápida reacción cuando se aplica a un suelo ácido, similar al hidróxido de calcio, por lo que es recomendable cuando se requieren efectos en un corto período de tiempo. Al estado puro contiene 71 % de calcio.

➤ **Hidróxido de calcio.**

Se conoce como cal apagada o cal hidratada [ $\text{Ca(OH)}_2$ ]. Se obtiene a partir de la reacción del óxido de calcio con agua, produciéndose lo siguiente:



Es un producto de color blanco difícil de manejar. Reacciona rápidamente con el agua del suelo, recomendándose su rápida incorporación. En forma pura contiene 56% de calcio. Tanto el óxido como el hidróxido de calcio son recomendables para su aplicación en cobertura en praderas permanentes (ryegras + trébol) por su acción rápida. Su difícil manejo y elevado costo serían limitantes a considerar.

➤ **Cal agrícola, o piedra caliza o calcita.**

Es el material más utilizado para la neutralización de la acidez de los suelos. Contiene preferentemente carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Se obtiene a partir de la piedra caliza que se muele y se tamiza. Como se trata de un mineral, contiene impurezas que reduce el contenido de carbonato. La calcita pura contiene un 40% de calcio.

➤ **Dolomita.**

Es un carbonato doble de calcio y magnesio ( $\text{CaCO}_3*\text{MgCO}_3$ ). Cuando el material es puro contiene aproximadamente un 22% de Ca y un 13% de Mg. La dolomita reacciona en el suelo más lentamente que la calcita.

➤ **Óxido de magnesio.**

Este material contiene solo magnesio en una concentración de 60%. Tiene una gran capacidad de neutralización, superior a otros materiales encalantes, pero tiene baja solubilidad en agua.

### **3.8. CALIDAD DE LAS ENMIENDAS CALCÁREAS.**

La calidad de éstos materiales se establece principalmente en base a la pureza del material, formas químicas, tamaño de las partículas, poder relativo de neutralización total (PRNT) o valor agronómico (VA) y contenido de humedad (%).

➤ **Tamaño de las partículas.**

Cuando se mezcla una cantidad determinada de cal con el suelo, la tasa y grado de reactividad son afectados por el tamaño de las partículas del material. Las partículas de cal gruesas reaccionan más lentamente y en forma incompleta. Las partículas de cal finas reaccionan más rápidamente y en su totalidad.

El costo de la cal se incrementa a medida que las partículas son más finas. Se recomienda utilizar un material que requiera de un mínimo de molienda, pero que contenga la suficiente cantidad de material fino para permitir un cambio rápido de pH. Como resultado de esta condición, los materiales de encalado contienen tanto gránulos finos como gránulos gruesos. Existe legislación en varios países que requiere que la cal para venta al público pase por tamices de tamaños determinados. Esto garantiza que la cal tenga la suficiente calidad para neutralizar la acidez del suelo.

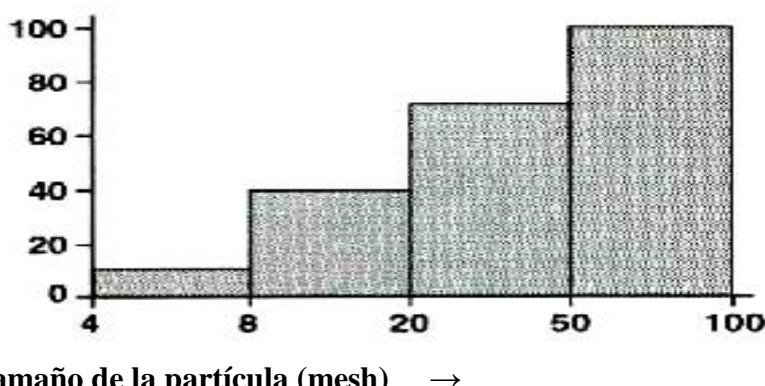


Figura 18. Efecto del tamaño de las partículas en la reactividad de la cal

La Figura anterior ilustra claramente el efecto del tamaño y grado de reactividad de las partículas de cal. Las partículas grandes, que pasaron por un tamiz de 4 a 8 mesh (4 a 8 perforaciones por pulgada cuadrada), tuvieron solamente una eficiencia del 10% en términos de reacción con el suelo. Las partículas más pequeñas, que pasaron por un tamiz de 80 a 100 mesh, reaccionaron completamente en el suelo.

A pesar de que la tasa de reacción de la cal depende del tamaño de las partículas, del pH inicial y del grado de incorporación en el suelo, es también importante, considerar la naturaleza química del material de encalado. Por ejemplo, el óxido y el hidróxido de calcio reaccionan más rápidamente que el CaCO<sub>3</sub>. De hecho, la cal hidratada reacciona tan rápidamente que puede esterilizar parcialmente el suelo. Si se aplica muy cerca al lugar (terreno) donde se colocan las semillas, puede inducir una deficiencia temporal de K debido a la alta disponibilidad de Ca. En casos extremos, puede ocurrir un retraso en el crecimiento de la planta y algún marchitamiento.

Además, las partículas menores a 0,25 mm de diámetro, se consideran como 100% efectivas si el material es mezclado uniformemente en el suelo. Entre 0,25 y 2 mm se consideran como 50% efectivas, e inefectivas si son mayores a este último diámetro (ver Figuras).

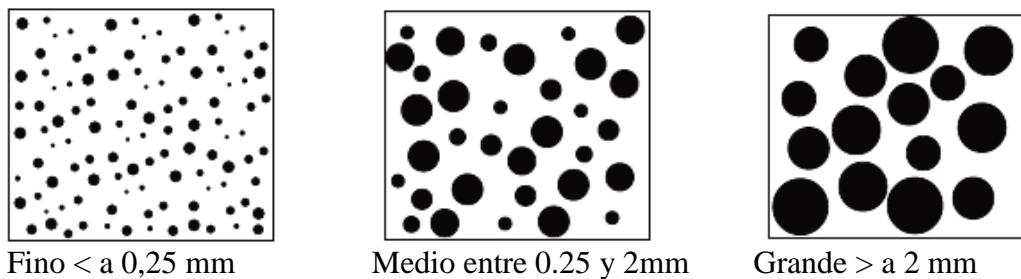


Figura 19. Tamaño de partículas para determinar finura

#### ➤ Pureza de las enmiendas.

La pureza da cuenta de la composición química de los minerales y la presencia de contaminantes presentes (arcilla, materia orgánica y otros minerales). De la pureza del material y de su composición química depende la capacidad neutralizante de la acidez.

El valor neutralizante (VN) de un material de encalado se determina por comparación con el valor neutralizante del carbonato de calcio puro (CaCO<sub>3</sub>). Se ha establecido que el valor neutralizante del CaCO<sub>3</sub> puro es 100 y de esta forma se puede determinar por comparación el valor de neutralización de cualquier material de encalado. Este valor se denomina “valor de neutralización relativa” o “equivalente de carbonato de calcio” (ver Cuadro).

Cuadro 16. Valor neutralizante de diferentes materiales puros utilizados como enmienda

Material	Equivalente químico EQ (%)	Fórmula química
Carbonato de calcio	100	CaCO <sub>3</sub>
Dolomita	109	CaCO <sub>3</sub> *MgCO <sub>3</sub>
Óxido de calcio	179	CaO
Hidróxido de calcio	138	Ca(OH) <sub>2</sub>
Hidróxido de magnesio	172	Mg(OH) <sub>2</sub>
Carbonato de magnesio	119	MgCO <sub>3</sub>
Óxido de magnesio	248	MgO
Silicato de calcio	86	CaSiO <sub>3</sub>
Silicato de magnesio	100	MgSiO <sub>3</sub>

## ➤ Poder relativo de neutralización total (PRNT) o valor agronómico (VA)

Este parámetro se utiliza para evaluar las enmiendas calcáreas considerando en forma conjunta, su pureza química, la finura del material y su contenido de humedad. También, se denomina valor agronómico de la cal (VA) y se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$VA (\%) = (ER * VN) / 100 * (100 - \%HR) / 100$$

En donde:

VA = Valor Agronómico en %

ER = Eficiencia Relativa Granulométrica en %

VN = Valor Neutralizante o equivalente químico en %

H = Contenido de Humedad del material en %

En resumen, para la adecuada evaluación de las enmiendas se deben considerar los siguientes parámetros:

### ***Valor Neutralizante***

- Contenido de carbonato de calcio
- Contenido de carbonato de magnesio
- Contenido de óxido de calcio
- Contenido de óxido de magnesio

### ***Eficacia Relativa y/o grado de molienda o finura***

- Pasa por 60 mesh 100% de eficiencia
- Pasa por 20 y no por 60 mesh 60% de eficiencia
- Pasa por 8 y no por 20 mesh 20% de eficiencia
- No pasa por 8 mesh 0% de eficiencia

### ***Contenido de Humedad, % de humedad***

$$\text{Factor humedad} = (100 - \%H) / 100$$

### ***Cálculo del Valor Agronómico***

$$VA = \frac{(ER \times VN)}{100} \times \frac{(100 - \%HR)}{100}$$

### ***Ejemplo de cálculo:***

Análisis de una cal:

Contenido de humedad = 0,82%

Contenido del CaO = 44,44%

Contenido de MgO = 0,65%

### *Granulometría:*

20 mesh	= 5.5%
40 mesh	= 0,7%
60 mesh	= 1.6%
80 mesh	= 16.4%
100 mesh	= 72.6%

### *Resumen de la granulometría:*

$$\begin{array}{ll} > \text{de } 60 \text{ mesh (100\%)} & 16.4 + 3.2 + 72.6 = 92.20\% \\ 60 \text{ a } 20 \text{ mesh (60 \%)} & 2.3 \times 0.6 = 1.38\% \\ < \text{a } 20 \text{ mesh (20\%)} & 5.5 \times 0.2 = 1.10\% \\ \text{Total ER} = & \mathbf{94.68\%} \end{array}$$

### *Valor Neutralizante VN:*

$$\begin{array}{l} \text{CaO (179\%)} \times 44.4 = 79.48\% \\ \text{MgO (250\%)} \times 0,65\% = 1.62\% \end{array}$$

$$\text{Total VN} = 81.10\%$$

$$\text{Valor Agronómico VN} = \frac{(94.68 \times 81.10)}{100} \times \frac{(100 - 0,82)}{100} = 76.16\%$$

Un valor agronómico (VA) de 76.16% significa que el material analizado tiene una eficiencia equivalente a ese valor. Si la dosis calculada de la enmienda es de 2000 kg de CaCO<sub>3</sub> puro/ha, la cantidad de material comercial que se debe aplicar es  $2000 / 0,7616 = 2,662 \text{ kg/ha}$ .

### ➤ *Formas de aplicación de cal en el suelo.*

#### - *Incorporación del material al suelo*

Se puede realizar con la utilización de maquinaria agrícola o utilizando la yunta de bueyes. En ambos casos el material encalante es introducido en la capa arable del suelo. Es necesario considerar un tiempo de incubación, que puede ser de 30 días en la costa y selva, hasta 120 días en los valles interandinos de la sierra (Figura 20).

#### - *Aplicación de cal en cobertura.*

Este tipo de encalado es utilizado en praderas permanentes previamente establecidas, caso pasturas asociadas de ryegras-trébol. En la práctica no es recomendable el uso de encalado por cobertura, debido a que la cal es un producto poco móvil, por tal motivo, tendrá dificultades para alcanzar la zona de enraizamiento de la planta. (Figura 20).



Figura 20. Diferentes formas de incorporar material encalante en el suelo.

### 3.9. DESARROLLO Y CORRECCIÓN DE LA SALINIDAD EN LOS SUELOS.

La salinidad del suelo se refiere al contenido de sales solubles en el mismo. Las sales son comúnmente mezclas de cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos y boratos de sodio, magnesio y calcio. Cualquiera sea el caso: contenido total de sales, sales individuales o combinación de las mismas en el suelo; ellas causan un retraso en el crecimiento de las plantas, daño en los tejidos y decrecimiento en rendimiento.

#### ➤ *Fuentes de sales.*

La meteorización de las rocas a través del tiempo es el origen de las sales solubles del suelo. Donde la lluvia es copiosa, casi todas las sales han sido lavadas del suelo, en cambio en regiones áridas y de origen volcánico (Arequipa) los niveles de sales son altos. Sin embargo no todos los suelos de las regiones áridas son salinos. El agua de riego puede ser una fuente de sales y es la fuente más importante desde el punto de vista agrícola. Además, el agua de los ríos que se usan para irrigación progresivamente se hace salina y conforme avanza en su recorrido va llevando las sales que han sido lavadas de los suelos en la cuenca, caso río Desaguadero en Bolivia. Otra fuente de salinidad puede ser la transportada por las aguas

subterráneas. Si la tabla de agua está cerca de la superficie del suelo, por capilaridad ascienden las sales y se acumulan en la zona radicular de las plantas.

### ➤ *Tipos de suelos según salinidad.*

Debido a diferencias en la intensidad con que han actuado los factores formadores de los suelos en las diversas áreas fisiográficas, se encuentra una gran variabilidad de suelos en las diferentes regiones del territorio. Se acepta, generalmente, que en todas las formaciones de suelos en las cuales las sales solubles en agua juegan un papel dominante, determinando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Debido a lo anterior ocurren diferentes tipos de suelos salinos que tienen diferentes requerimientos para su rehabilitación y manejo sostenible lo que hace indispensable tener claridad sobre el tipo de afección. Se distinguen los siguientes tipos de suelos afectados por sales:

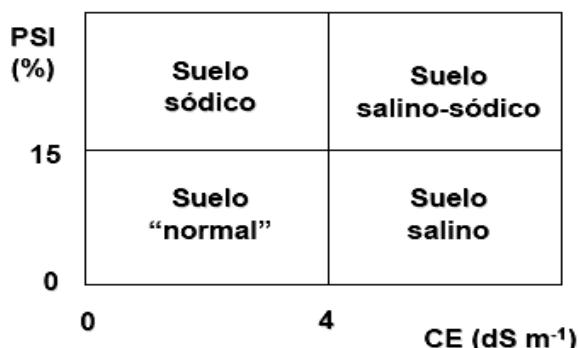


Figura 21. Tipos de suelos según salinidad  
 CE = Conductividad Eléctrica  
 PSI = Porcentaje de Sodio Intercambiable.

#### *Suelo “normal”*

Se habla de un suelo normal cuando las sales disueltas en la solución del suelo y el sodio absorbido en el complejo de cambio se encuentran por debajo de los límites perjudiciales. El rango de normalidad se da dentro de los siguientes parámetros:

- La CE (conductividad eléctrica a 25°C) sea menor a  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . Este valor indica pocas sales disueltas y su efecto negativo es mínimo.
- El PSI (porcentaje de sodio intercambiable) sea menor a 15. Este valor indica poco sodio disuelto en el complejo de cambio y también su efecto es imperceptible.

#### *Suelo salino*

Se considera que un suelo es salino cuando la concentración de sales solubles (principalmente cloruros y sulfatos y, en casos extremos, nitratos de sodio, calcio y magnesio) en la zona de raíces alcanza niveles demasiado altos para el crecimiento y producción óptimos de las plantas.

Los suelos salinos se desarrollan preferencialmente en aquellas regiones en donde las lluvias son insuficientes para compensar las pérdidas de agua causadas por la evapotranspiración, condición en la cual se favorecen los procesos de concentración y precipitación de minerales en ausencia de un régimen de lavado (parte baja de irrigación Majes-Arequipa). También se pueden desarrollar en regiones húmedas bajo condiciones de alta demanda evaporativa, nivel freático superficial y actividad antrópica.

Puesto que las sales en el agua de riego son uno de los principales causantes de salinización de los suelos, la irrigación se debe planear y manejar de modo que se pueda mantener un óptimo balance de sales en la zona radical. Un balance de sales favorable ocurre cuando la cantidad de sales que entran a la zona de raíces es menor o igual a la cantidad que sale en el agua de drenaje.

La CE alcanza valores por encima de  $4 \text{ dS m}^{-1}$  (deciSiemens por metro) y ésta concentración de sales es suficientemente alta como para restringir el cultivo de algunas plantas. En cambio tienen poco sodio adsorbido (el PSI es menor a 15), por lo que la estructura del suelo no es afectada. El pH puede variar entre 7 y menos de 8.5.

#### Técnicas de recuperación.-

Solo existe un procedimiento viable para hacer descender el contenido de sales de la solución del suelo hasta niveles tolerados por los cultivos, éste es el lavado de sales. Hay una serie de técnicas auxiliares como los subsolados, mezclas de suelos y otros y algunas prácticas agrícolas que aminoran el efecto de las sales, como ciertas prácticas de riego, elección de fertilizantes, etc., pero la única manera viable de eliminar las sales del suelo es mediante el lavado. El lavado consiste en hacer pasar a través del suelo una cantidad de agua que arrastre consigo las sales. Puede tener dos finalidades diferentes:

- Reducir la elevada salinidad inicial del suelo (lavados de recuperación).
- Impedir que el suelo se resalinice como consecuencia de los aportes de sales del agua de riego, napa freática, etc., (lavados de manutención).

#### *Suelos Sódicos*

Estos suelos son aquellos que contienen la suficiente proporción de sodio adsorbido ( $\text{PSI} > 15$ ) para provocar la dispersión de los coloides y en consecuencia la pérdida de la estructura del suelo. En cambio, el contenido de sales de la solución del suelo es bajo ( $< 4 \text{ dS m}^{-1}$ ). Las dos características de los suelos sódicos, es decir, elevado porcentaje de sodio adsorbido y baja concentración de sales en la solución del suelo, actúan en el mismo sentido de dispersar los coloides, transformándose en un suelo lodoso, causando aireación deficiente y baja disponibilidad de agua. En consecuencia los suelos sódicos ven fácilmente deteriorada su estructura. La capa superior presenta textura gruesa y quebradiza. Asimismo, la materia orgánica puede dispersarse y disolverse, depositándose en la superficie, a la que da un color negro característico.

#### Técnicas de recuperación.-

El lavado de las sales no arrastra el sodio adsorbido. En cambio puede ser contraproducente, porque disminuye la concentración de sales disueltas, lo que aún facilita más el efecto dispersante. La recuperación de un suelo sódico exige disminuir el PSI hasta valores

aceptables, o lo que es lo mismo, reemplazar parte del sodio adsorbido por otros cationes, generalmente calcio. Esto se consigue de diversas formas, pero todas ellas tienen en común la adición de calcio, bien en forma de enmiendas de yeso, cloruro de calcio, etc., o bien mediante la movilización del que puede haber en el suelo en formas poco solubles.

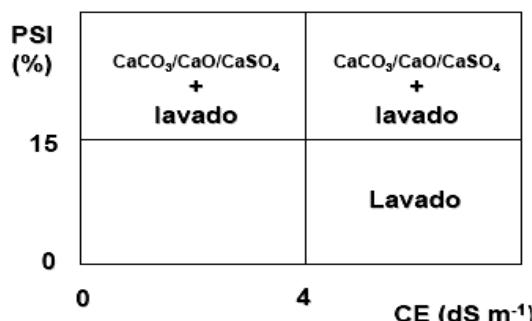


Figura 22. Habilitación del suelo según salinidad

### Suelos salino-sódicos

Los suelos salino-sódicos presentan alta concentración de sales en la solución del suelo ( $CE > 4\ dS\ m^{-1}$ ) y alto porcentaje de suelo adsorbido en el complejo de cambio ( $PSI > 15$ ). El pH es rara vez mayor a 8.5.

Su apariencia es similar a la de los suelos salinos, sin embargo, si un error de diagnóstico conduce a aplicar la técnica típica del suelo salino, es decir, el lavado de sales, el suelo salino-sódico en vez de convertirse en normal puede pasar a sódico, con las consecuencias ya conocidas de pérdida de estructura. En principio se puede pensar que dado que estos suelos tienen muchas sales disueltas, como los suelos salinos, y altos porcentajes de sodio adsorbido, como los suelos sódicos, los efectos serán la suma de los efectos de los suelos salinos y los sódicos. Efectivamente, al igual que los suelos salinos, los rendimientos de los cultivos se ven reducidos por el efecto osmótico de las sales disueltas. Asimismo, como ocurre con los suelos sódicos, presentan problemas de toxicidad debido al alto PSI. Pero en cambio se diferencian de los suelos sódicos en que los salino-sódicos pueden mantener su estructura cuando el efecto dispersante es contrarrestado por el efecto floculante de las sales disueltas; naturalmente esto depende de la concentración de sales, del PSI y de los demás factores que intervienen en la dispersión.

### Técnicas de recuperación.-

En estos suelos hay que rebajar el PSI por medio de la adición de calcio y eliminar las sales disueltas por medio de lavados. Es fundamental realizar la recuperación en el orden descrito. De ésta forma el suelo pasa de salino-sódico a salino con la adición de calcio y de salino a un suelo normal con el lavado. Si se invierte el orden y se aplican lavados antes de rebajar el PSI, se pasaría de la situación inicial de suelo salino-sódico a la de suelo sódico, y en ésta nueva situación, al no haber sales disueltas en cantidad suficiente, el efecto dispersante del suelo puede disgrregar la estructura de forma que al intentar aplicar los lavados después, estos se desarrollarán con dificultad por la baja permeabilidad del suelo sin estructura, y aunque pudiera lavarse las sales, permanecerá el problema de la pérdida de estructura.

➤ **Efecto de las sales sobre las plantas y raíces.-**

Conforme se produce el incremento de las sales en el suelo, se hace más difícil para las raíces de las plantas absorber agua. Muchos cultivos sensitivos a las sales presentan síntomas de insuficiencia hídrica con sus hojas achaparradas. Existe un progresivo decrecimiento en el desarrollo a medida que los índices salinos se incrementan. Entre los efectos adicionales (ver figura 23) se pueden mencionar los siguientes:

1. Reduce la disponibilidad del agua para la planta por el decrecimiento del potencial osmótico (PO). El PO en la solución del suelo decrece por el incremento de concentración de sales, por tanto, la gradiente osmótica entre la solución del suelo y la interna no es tan grande como la requerida para mover el agua dentro de la célula.
2. La concentración alta de sales puede estar en niveles tóxicos.
3. Ocurre un desbalance nutricional, debido a la alta concentración de sales. Altera la disponibilidad de otros nutrientes.
4. Ocurren cambios en el pH, debido a la presencia de carbonatos (pH 8.5) o del exceso de sodio (pH > 8.5). La alta concentración de sodio causa la dispersión de las arcillas que taponan los poros y da como resultado una pobre aireación e infiltración del agua.

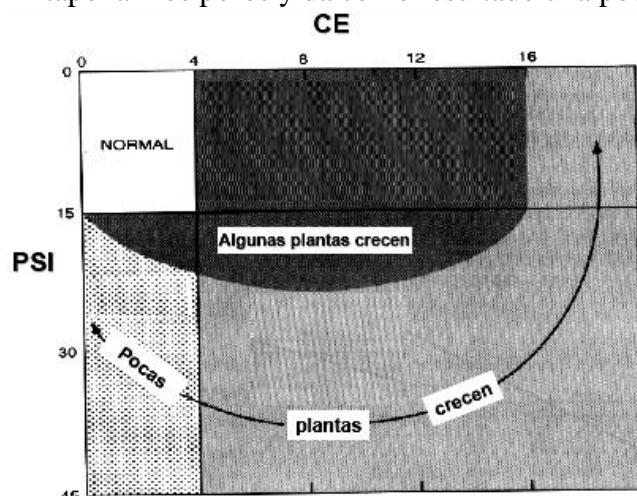


Figura 23. Efectos de los índices salinos en el crecimiento de plantas

### **3.10. LOS NUTRIENTES Y EL MEDIO AMBIENTE**

Todos los nutrientes esenciales requeridos para la producción de alimentos y fibras están relacionados con la calidad de nuestro ambiente. Colectivamente ellos mejoran el potencial productivo y la integridad ambiental de los campos de cultivo cuando se usan en cantidades adecuadas y en forma balanceada. Los nutrientes promueven cultivos más vigorosos y productivos, que pueden desarrollar sistemas radiculares más grandes, abundantes residuos vegetales sobre la superficie, eficiencia del uso de agua y mayor resistencia a condiciones de estrés por sequía, insectos, bajas temperaturas, etc.

Sin embargo, algunos nutrientes esenciales que desempeñan un papel vital en la producción de alimentos y en la protección del ambiente, pueden conducir a riesgos ambientales cuando no son manejados adecuadamente. Los dos nutrientes asociados a menudo con mal manejo y como fuentes de preocupación ambiental son nitrógeno (N) y fósforo (P).

### ➤ *Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados.*

La mayor parte del nitrógeno aportado al suelo, como urea o amonio, se transforma en un plazo de pocos días en nitrato, por la acción de las bacterias *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*. El nitrógeno en forma de nitrato es muy móvil en el suelo debido a su elevada solubilidad y escasa retención por el complejo de cambio iónico, al tener el mismo tipo de carga eléctrica negativa. En condiciones de elevadas precipitaciones o riego abundante se facilita su movimiento vertical en el perfil del suelo hacia profundidades alejadas de la raíz, donde el nitrato no puede ser absorbido por la planta. Finalmente el nitrato es transportado por el flujo de agua hacia las corrientes subterráneas, siendo este fenómeno conocido como lixiviación.

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan como fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio (producen hipoxia en las aguas). En un medio eutroficado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie como las lentejas de agua (Lago Titicaca- litoral de ciudad de Puno). Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.

La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, causando la metahemoglobolemia o el síndrome de los niños azules en menores de seis meses de edad. También, es necesario saber que los nitratos se convierten en nitritos después que los primeros han ingresado al cuerpo humano y el producto (nitritos) se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.

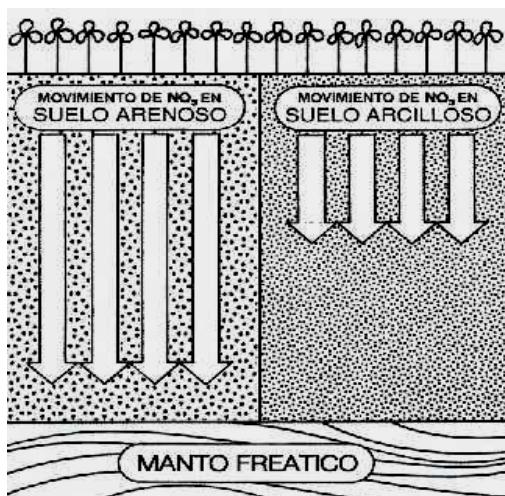


Figura 24. Pérdida de nitratos por lixiviación

➤ *Impacto ambiental del exceso de fertilizantes fosforados (P).*

El fósforo (P) ha sido asociado con problemas ambientales principalmente a través de la eutroficación de lagos y de cuerpos de agua sin movimiento. Para aclarar, la eutroficación es la respuesta de un cuerpo de agua al sobre enriquecimiento con nutrientes. Este enriquecimiento puede ser natural o provocado por el hombre. Los síntomas de eutroficación son el crecimiento abundante de algas y plantas acuáticas y la falta de oxigenación del agua (exclusión del oxígeno).

Un hecho real es que el P es extremadamente inmóvil en el suelo. Este elemento es retenido (adsorbido) fuertemente en suelos ácidos en las superficies de los óxidos e hidróxidos de hierro (Fe), aluminio (Al) y manganeso (Mn). Es también adsorbido por las superficies de las arcillas y en suelos calcáreos es precipitado por el calcio (Ca) para producir fosfatos de calcio de varios tipos. Como consecuencia su pérdida por lixiviación es mínima.

La adición de P a los cuerpos de agua está casi totalmente asociada con los procesos de erosión del suelo. El movimiento del P se asocia con la erosión debido a que:

- El P tiene muy baja solubilidad;
- El P se mueve muy poco en los suelos;
- La mayoría de aguas de drenaje tienen una muy baja concentración de P;
- Al controlar la erosión y la pérdida de sedimento, se minimiza la pérdida de P.

También es necesario saber que el excesivo crecimiento de algas ocurre cuando la cantidad total de fósforo (fosfato) en el cuerpo de agua excede 0,10 ppm.

## 4. ECOLOGÍA Y UTILIZACIÓN DE PRADERAS NATURALES.

La ecología constituye la fase de la biología que trata de las relaciones entre organismos y su medio. Dado que las plantas que componen las praderas y los animales que las consumen son organismos biológicos, sus interrelaciones son de índole ecológica. Por consiguiente, el manejo de praderas naturales forma parte de la ecología aplicada, y consiste en manipular el ambiente en el cual viven tanto plantas como animales, de modo de proporcionar a cada uno de ellos, en la medida de lo posible, el hábitat que les sea más favorable (Stoddart et al 1975).

La ecología tiene dos ramas: autoecología y sinecología. La *autoecología* es el estudio de las características de cada planta o animal en relación con su medio. La *sinecología* se refiere a la ecología de una comunidad con respecto a su medio. El manejo de praderas está más relacionado con la sinecología que con la autoecología, si bien esta última es importante en los estudios del ecosistema. El ecosistema, la sucesión y la regresión de vegetales, son fenómenos ecológicos que tienen especial importancia para el manejo de praderas naturales.

### 4.1. EL ECOSISTEMA COMO RECURSO NATURAL.

Un ecosistema de recurso natural es un sistema ecológico integrado, uno de cuyos elementos es un producto de uso directo o indirecto para el hombre. El producto puede ser biológico, como en el caso de las praderas naturales y producción agrícola en general, pesca, vida silvestre, etc.; o físico, como en el caso del agua, aire y suelo; o ambas a la vez: biológicos y

físicos. Un ecosistema está integrado por tres compartimientos, denominados niveles tróficos o de alimentación. Estos son productores (plantas verdes); consumidores (herbívoros y otros), y descomponedores (degradan las plantas y animales muertos y las transforman en sustancias simples).

La primera y principal función del ecosistema es la transformación de la energía solar en energía química (fotosíntesis). Esta función es realizada por las plantas verdes que son los productores del ecosistema. Aquí se inicia el ciclo de la energía a través de todo el sistema. Todo lo demás son transformaciones de energía de un compartimiento o nivel trófico a otro. El producto que se extrae del sistema (carne, leche, lana, etc.), es la energía transferida de un nivel y utilizada en beneficio del hombre. Es así, que menos del 2% de la energía solar incidente es convertida en energía química por el proceso de fotosíntesis (Cook, 1969). Ello es debido a una serie de factores ambientales que limitan el uso de la energía solar por las plantas, tales como bajas temperaturas, escasez de humedad y nutrientes del suelo, etc. Mucho menor es esta eficiencia si se considera la energía contenida en el producto final (carne, leche, lana). Es función del hombre que maneja este sistema, mantenerlo en su más alto nivel de producción sin deteriorarlo. Un uso excesivo, como es un sobrepastoreo, provoca una caída del nivel de producción y eficiencia del sistema. Un cabal entendimiento del funcionamiento del sistema permite manejarlo obteniendo de él la máxima producción a través del tiempo.

#### **4.2. SUCESIÓN VEGETAL.**

Es definida como “el proceso de desarrollo de la vegetación donde un área llega a ser ocupada sucesivamente por diferentes comunidades de plantas”. También se define como “un proceso ordenado de cambio de una comunidad vegetal por otra”. Muchos investigadores han asumido que este cambio implica especies más palatables o especies “climax”. Cuando se habla de “vegetación climax” se refiere al producto final de una comunidad madura de plantas, en equilibrio dinámico en relación a la media.

La sucesión vegetal es muy importante en el manejo de praderas, particularmente en lo que respecta al entendimiento de la condición del pastizal y también en el concepto de mejoramiento del pastizal natural. Hay dos clases de sucesión vegetal: la *progresiva o recuperación* y la *regresiva o degradación*. La primera, se define como “el proceso de desarrollo de la vegetación en la cual un área llega a ser poblada sucesivamente por diferentes comunidades de plantas en un orden ecológico más alto”. La sucesión regresiva, atraviesa la misma “escalera” que la progresiva, pero en dirección opuesta, de modo que el reemplazo de la comunidad de plantas es por otra de orden ecológico más bajo, y donde la productividad es cada vez más baja; culminando en una productividad cercana a cero.

Un entendimiento completo del proceso envuelto en una sucesión regresiva es esencial para la persona a cargo del manejo de praderas. *El primer estado* es una pérdida de vigor de las especies preferidas, debido al estrés causado por el sobrepastoreo. Este es seguido por la muerte de la vegetación por hambre, debido a la reducción en fotosíntesis, a la competencia de otras plantas que no han sido debilitadas por el sobrepastoreo o sequía, que hacen la condición de la competencia más dura debido a que las plantas débiles van a tener un sistema radicular más débil. *El segundo estado* es el cambio en la composición, marcado primero por un decrecimiento en el número de plantas de las especies preferidas, y en seguida, por un aumento en el número de plantas de las especies menos preferidas. Este tipo de plantas se han

llamado decrecientes y crecientes respectivamente por Dyksterhuis, 1948. Las especies decrecientes son aquellas especies de la vegetación original que llegarán a decrecer en cantidad relativa con una sobreutilización continua. Estas especies son también llamadas deseables porque son las preferidas por el ganado, por consiguiente, son las más productivas en términos de producción animal. Las crecientes o acrecentantes son aquellas especies de plantas que aumentan en cantidad relativa, al menos por un tiempo, bajo una sobreutilización continua. Estas son llamadas especies menos deseables, porque son menos preferidas y usualmente son menos productivas. *El tercer estado* de una regresión se caracteriza por una pérdida de vigor de las especies crecientes por las mismas razones mencionadas en el primer estado; reducción subsecuente de las decrecientes y una invasión de las especies no preferidas, las que son llamadas también “invasoras”. Estas especies (también llamadas “indeseables”) son aquellas que estuvieron ausentes en las áreas sin disturbio de la vegetación original e invadieron bajo un disturbio ocasionado por una continua sobreutilización. Las especies invasoras usualmente no tienen gustosidad para los animales y son menos productivas que las decrecientes y crecientes. *El cuarto estado* es marcado por una disminución de las especies crecientes y un aumento posterior de las invasoras. El hecho de que las especies crecientes eventualmente van a decrecer en densidad si se someten a un sobre uso continuo, es la razón por la que son descritas como especies de la vegetación original que aumentan al menos por un tiempo, con un sobre uso continuo. *El quinto y último estado* es el cambio posterior en composición. El sobrepastoreo continuo obliga al ganado a consumir algunas de las especies invasoras, las cuales eventualmente mueren, como lo hicieron las especies decrecientes y crecientes. Estas son reemplazadas por especies menos preferidas y el ciclo continúa hasta que la comunidad de plantas es dominada por las especies que el ganado no puede consumir. Este ciclo también puede concluir en una superficie de suelo desnudo.

Es importante advertir, que al hablar de regresivo y progresivo, se podría pensar que siempre es posible ir y venir por esta escalera. Muchas veces es así. Sin embargo, la degradación puede haber llegado a tal grado que la recuperación durará miles de años. O sea, a nuestra escala de tiempo: *nunca*. Este es el punto sin retorno. En la Amazonía se tiene una situación particular, debido a que los suelos son frágiles, su degradación es rápida, es decir, les llega más rápido el punto sin retorno. Evidentemente, en la Sierra hay puntos sin retorno, cuando la erosión llegó a alguna capa dura (roca u otras formaciones duras) o cuando la topografía del terreno se ha vuelto muy irregular por la presencia de cárcavas.

Paralelamente, hay también una regresión del suelo la cual se caracteriza por los siguientes estados: a) El primer estado es la pérdida de materia orgánica y deterioro de la estructura, b) el segundo estado es la compactación y deterioro de la estructura y, c) el tercer estado es la erosión, la cual continuará hasta llegar al material parenteral, es decir, al punto donde nos encontrábamos miles de años atrás cuando la sucesión primaria comenzó.

Afortunadamente hay una *Sucesión Progresiva Secundaria* (llamada también sucesión secundaria), la cual es más rápida que la sucesión primaria porque el suelo ya está formado, y este no tiene que empezar con los líquenes, porque usualmente ya existen algunas plantas del orden ecológico más alto para comenzar el proceso.

La sucesión secundaria es justamente lo opuesto de la regresión y tiene los siguientes estados reconocibles:

- El primer estado es un aumento en el vigor de las especies decrecientes y crecientes y un aumento en la densidad de las invasoras más apetecidas por el ganado (Ejemplo

*Margiricarpus spp).*

- El segundo estado es un cambio en la composición, marcado por un aumento de las especies decrecientes, un aumento de las crecientes y disminución de las invasoras.
- El tercer estado es un cambio en la composición, marcado por un aumento de las decrecientes, un aumento de las crecientes, y una disminución de las invasoras.
- El cuarto estado es un cambio en la composición, marcado por un aumento de las especies decrecientes, una disminución de las crecientes y una mayor disminución de las invasoras. Este estado continúa hasta alcanzar un equilibrio en la pradera.

#### **4.3. CONCEPTOS DE ECOSISTEMAS.**

##### ➤ *Concepto de clímax.*

Algunos científicos especializados en praderas sostienen que el término “clímax” no debería usarse y que sería más apropiado emplear términos tales como “potencial de la vegetación”, “potencial natural” o “equilibrio natural”. De todos modos, para evitar discusiones, se debería usar indistintamente los términos climax y potencial natural, para significar la comunidad vegetal máxima que un medio ambiente particular es capaz de producir. También, se puede definir como la culminación del desarrollo de una Sucesión Primaria bajo las condiciones prevalecientes en el lugar. Corresponde, por lo tanto, a la etapa más alta del desarrollo de la comunidad, en donde el sistema de energía (ecosistema) está en un punto más alto de productividad, manteniéndose en estado de equilibrio dinámico, ya que nada es estático en la comunidad. Las características de una comunidad climax de plantas son las siguientes:

- Una comunidad estable cerrada a la invasión por otras especies.
- Permanentemente, en armonía con la naturaleza.
- Dinámica, más que estática.

La sucesión primaria y su culminación con el clímax no solamente ocurre en la comunidad vegetal, sino también que se desarrolla paralelamente en el suelo, culminando con un suelo clímax o suelo maduro para las condiciones prevalentes del lugar. Por otra parte, la vegetación y el suelo interactúan creando condiciones para un desarrollo mutuo y armónico.

##### ➤ *Concepto de sitio.*

Un sitio de pradera natural es un tipo de pastizal que se diferencia de otro tipo en su potencial de producir una vegetación natural. Un sitio de pradera natural es el producto de todos los factores edáficos, fisiográficos y ambientales, responsables de su desarrollo. En ausencia de disturbios y deterioros físicos, el sitio tiene una comunidad de plantas caracterizada por una asociación de especies diferentes de aquellas de otros sitios de pradera, en términos de tipo o proporción de especies o de su producción total anual. Por lo tanto la vegetación que soporta un sitio de pradera, en ausencia de un disturbio anormal, es la comunidad de plantas “clímax” para el lugar. También, se puede definir como el producto de todos los factores medioambientales responsables para su desarrollo, el mismo que es capaz de soportar una comunidad de plantas nativas tipificadas por una asociación de especies que difieren de aquellas que presentan otros sitios de pastizales en la base o proporción de especies y en la producción total. Es una unidad que posee una determinada condición que refleja la salud del pastizal en términos de potencial productivo, una expresión del grado relativo en el que el

tipo, proporción y cantidad de plantas se asemeja a la comunidad clímax.

El sitio de pastizal es una subdivisión de carácter ecológico en el cual el área nativa es susceptible de estudio, evaluación y manejo, para planificar su uso, desarrollo y recuperación.

Los sitios de pastizales se delimitan en base a los siguientes criterios:

- Estructura o composición florística de la comunidad vegetal.
- Producción de forraje o biomasa vegetal.
- Características topográficas.
- Características edáficas (suelo).
- Características climáticas.

➤ ***Concepto de condición de pradera.***

Es definida como “el estado de salud del pastizal basado en que éste es capaz de producir en forma natural”. La clase de condición de la pradera se define como “una de las series de categorías arbitrarias usadas para clasificar la condición del pastizal y usualmente expresada como excelente, buena, regular y pobre”. Se han propuesto varios esquemas para medir la condición de la pradera natural y entre los más utilizados en manejo de pastos tenemos: el Método de Dyksterhuis, Método de Huss y otros.

El conocimiento de la Condición del Pastizal es también el conocimiento de la “salud del pastizal” en un momento dado, este concepto no puede estar desligado del proceso de Sucesión Vegetal. La Condición del Pastizal es el criterio más usado para medir el valor del pastoreo en las praderas, basado en la composición actual de las plantas dentro de la comunidad vegetal.

La salud de un pastizal depende de factores que se deben considerar en el análisis, tales como:

- Calidad de los suelos
- Composición botánica del pastizal
- Las preferencias del ganado pastoreando
- Nivel de erosión
- Factores climáticos o ambientales

La condición del pastizal, en base a su composición botánica, está categorizada como: excelente, buena, regular y pobre; dependiendo del método que se elija para su análisis se puede llegar a determinar la “condición”. Si se cuenta con un parámetro indicador del “potencial clímax” del pastizal, una “clausura” que nos sirva de referencia, según Pettit 1982, la determinación de la condición será:

Excelente. Entre 75 y 100% de las especies presentes corresponden al estado “clímax”.

Buena. Si la composición botánica corresponde en un 50% al 75% al estado “clímax”.

Regular. Entre el 25 al 50% de las especies vegetales corresponden al estado “clímax”.

Pobre. Menos del 25% de especies corresponden al estado “clímax”.

No siempre es posible contar con la referencia del “potencial clímax” de un determinado Sitio de Pastizal, lo cual requiere un trabajo de manejo de praderas de largo plazo. Sin embargo, podemos optar por otra categorización para determinar la condición de pastizal; que viene siendo utilizado por el IVITA La Raya-Maranganí en los trabajos de campo, el cuál ubica la Condición en Buena, Regular y Pobre:

*Condición buena.* Si el pastizal está compuesto por más del 40% entre especies deseables y poco deseables. La mitad de ellas, por lo menos, deben ser deseables.

*Condición regular.* Si el pastizal está compuesto entre el 15% al 40% de especies deseables y poco deseables. Dentro de este rango por lo menos un 5% de las especies deben ser deseables.

*Condición pobre.* Si el pastizal está constituido por menos del 15% de especies deseables y poco deseables.

➤ ***Concepto de tendencia de la pradera.***

La Tendencia de la Pradera está referida a la direccionalidad del cambio de estado de la pradera en relación a un estado ideal. La Tendencia evalúa el cambio de la Condición de la Pradera, que puede ser:

*Deteriorante.-* Cuando la pradera presenta elementos de una condición inferior a la inmediatamente anterior. Puede deberse a varias causas o a un complejo causal que va en su detrimento; como ejemplos: el sobrepastoreo, fenómenos naturales (prolongada sequía, inundaciones, deslizamientos).

*Estable.-* Se dice que la tendencia de una pradera es estable cuando a la luz de las evaluaciones practicadas se deduce que no hay cambios sustanciales o diferentes a los de su natural proceso de desarrollo.

*Mejorante.-* Cuando la condición actual de la pradera es mejor cualitativa y/o cuantitativamente a la inmediatamente anterior. Puede deberse a una mejora en el comportamiento de los fenómenos climáticos en forma permanente o un manejo racional de la pradera.

#### **4.4. BUEN MANEJO PARA MEJORAR LA CONDICIÓN DE LA PRADERA.**

Existen praderas naturales con deficiente manejo en muchos lugares que han llegado al *punto sin retorno*, que en la práctica se convierten en terrenos inservibles. Los mecanismos que han llevado a esta situación son fácilmente reconocibles y se deben al mal manejo de las praderas, es decir, que los animales consuman las especies de pastos considerados más apetecibles. Significa que los mejores pastos se mantienen con escaso crecimiento (cortos) y no alcanzan a florecer y semillar. Al mismo tiempo las especies no deseables, sin ningún valor forrajero, no son afectadas por el consumo animal y crecen a plenitud sin ser disturbados. El resultado es un cambio en la comunidad de plantas, tal como se ilustra en la Figura 25, donde se muestra como aumenta el porcentaje de especies no deseables (indeseables) luego de años de mal manejo y se aprecia como disminuye la productividad del pastizal hasta casi llegar a cero. Esta situación es común en los pastizales de las comunidades campesinas, como comentan muy ampliamente Van Immerzeel (2006) y col. en una publicación realizada por Dexcel.

## Condición del pastizal

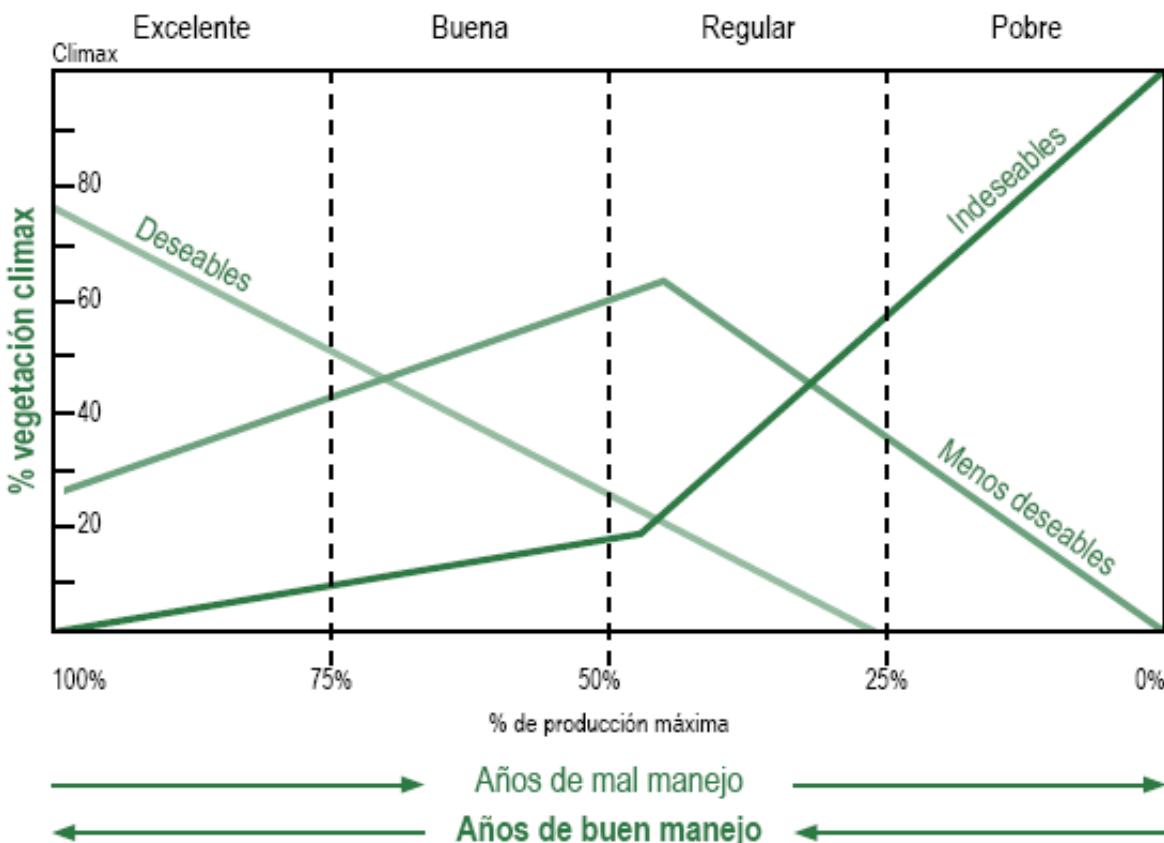


Figura 25. Condición del pastizal y productividad  
Tomado de Van Immerzeel y colaboradores (2006)

Las especies menos deseables siguen un curso algo complicado. Primero aprovechan la disminución de las especies deseables, por lo que incrementa su número y producción. Los animales no la tocarán hasta que casi no existan las deseables. La fuerza destructora del pastoreo depredador finalmente acaba también con las especies menos deseables, dejando una pradera compuesta casi exclusivamente de especies no deseables. En el mismo gráfico se aprecia la lectura en sentido opuesto: de derecha a izquierda, o sea, de una productividad casi cero, hacia una productividad máxima. Es decir, una pradera muy pobre, con una productividad cercana a cero, se puede recuperar con la implementación de un manejo adecuado.

La Figura 26, muestra la respuesta de una planta individual (deseable) al manejo de la pradera. Por ejemplo, las raíces de una planta deseable en un pastizal bien manejado, son fuertes y profundas. De esta manera tiene un “almacén” grande a su disposición, que contiene agua y nutrientes (carbohidratos no estructurales). Esto significa que las plantas seguirán creciendo, aún en un período de estrés hídrico (sequía). Además, estas plantas llegarán a completar su ciclo biológico, llegando a la madurez, con la consiguiente producción de semillas viables.

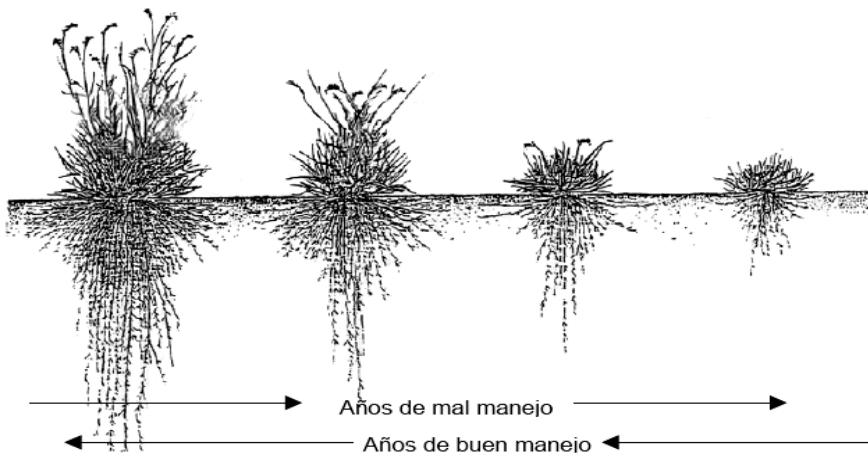


Figura 26. Pasto que evoluciona desde la condición excelente a pobre por un mal manejo  
Tomado de Van Immerzeel y Colaboradores (2006)

Este mismo gráfico muestra en su extremo derecho una planta deseable luego de años de mal manejo, no produce semillas, y sus raíces solo son superficiales, por lo que su almacén de agua y nutrientes es pequeño. Esta planta probablemente perezca con la presencia de una prolongada sequía. Por otro lado, especies deseables en una pradera bien manejada, con la llegada de las primeras lluvias contarán con un sistema radicular bien desarrollado y profundo. Esto significa que la recuperación en la puna seca, después del período de dormancia (Mayo-Julio) y con la caída de las primeras precipitaciones pluviales será óptima. También, es importante sugerir que una pradera bien manejada, estará repleta de semillas de especies de pastizales deseables, que germinarán plenamente y producirán plántulas que crecerán robustas y tendrán mayor oportunidad de sobrevivir. En cambio, en una pradera mal manejada, las plantas deseables tendrán pocas raíces y los carbohidratos no estructurales escasearán y tendrán menos oportunidad de competir con las especies consideradas no deseables; éstas últimas por naturaleza consideradas más fuertes, persistentes y agresivas.

Además de todas las consecuencias del manejo, existen otras, como las relacionadas con el suelo. Así, el suelo de una pradera bien manejada es permeable, por lo que permite la infiltración del agua de lluvia. Esto implica que no habrá escorrentía superficial significativa y que se almacenará más agua en el suelo, llenando el “almacén” de las plantas. El suelo también será más fértil, menos salino, etc.

Otro beneficio que se obtiene de una pradera bien manejada es el control de la temperatura a la altura del suelo y espacios donde prosperan las raíces. Los extremos son atenuados considerablemente por la existencia de una buena cobertura. Como ejemplo para mostrar los efectos negativos de las temperaturas extremas bajas, se menciona que tanto en puna seca como húmeda y durante la estación seca, los primeros 10 cm de tierra donde crecen las raíces de la planta, se encuentra prácticamente congelada por lo menos durante los meses fríos y secos (Mayo-Agosto) y en el mejor de los casos la temperatura en ésta área se encuentra por debajo de los 6°C. En éstas condiciones el crecimiento de la raíz se detiene y los microorganismos se encuentran prácticamente dormantes y existe una paralización de toda actividad biológica en el entorno de la raíz de la planta.

#### **4.5. GRADO DE UTILIZACIÓN Y CARGA ANIMAL.**

Para el hombre de campo existen dos interrogantes que debe responder para tener éxito en su misión como productor eficiente. Hasta donde utilizar los pastos y con cuantos animales.

Sobre la primera interrogante es decir sobre el *grado de utilización* es necesario conocer el término “factor de uso”, que se define como el crecimiento anual acumulado de forraje expresado en peso, que puede ser consumido por los animales (Huss y Col. 1986). Esto está en relación directa con el concepto de uso y conservación del recurso, es decir, hacer una cosecha del pasto por parte de los animales, pero conservando el recurso de la pradera en su potencial de producción. En relación a lo anterior, se ha establecido que para un correcto uso y conservación de la pradera, se debe consumir de un 50 a 60 % del crecimiento anual acumulado, expresado en peso de la planta (Figura 27). Ello significa respetar en el pastoreo la zona de reserva de hidratos de carbono, lo que permite a la planta poder disponer de ellos para iniciar adecuadamente su estación de crecimiento (rebrote). Así, un sobrepastoreo en que se consuma más del 50 ó 60 % en peso de la planta, está eliminando gran parte de las reservas, lo que trae como consecuencia que la planta no dispondrá de suficientes energías para rebrotar, produciéndose un menor crecimiento y una pérdida de individuos. Esto trae como efecto una disminución en la producción de forraje disponible para los animales en la nueva temporada. El grado de utilización no es siempre sinónimo de factor de uso, ya que éste último se refiere a la cantidad de forraje producido que fue consumido por los animales. Este uso se expresa tanto en porcentaje del forraje consumido, como en términos descriptivos tales como: *sin uso, ligeramente utilizado, moderadamente utilizado, intensamente utilizado y uso completo, severo o destructivo*.

En caso de las pasturas naturales, no todas las especies de la pradera son utilizadas con la misma intensidad por parte de los animales que pastorean, ya que estas consumen el forraje producido en forma selectiva, dependiendo de factores de la planta y el animal (Farfán, 1982).

Esta selectividad depende de la palatabilidad, lo cual se refiere a características de la planta que determinan su elección entre dos o más plantas o partes de la misma planta, por los animales que los consumen y que está condicionada por factores ambientales y de los animales. Esta característica, de que no todas las especies son consumidas por igual, determina que unas especies sean más consumidas que otras, y que otras especies no sean consumidas nunca o solamente cuando existe sobrepastoreo. Las plantas que son más consumidas, se denominan especies claves o especies indicadoras y son generalmente las especies de mayor importancia forrajera. Cuando se hace determinaciones de uso, se utilizan estas especies como indicadoras.

El grado de utilización probablemente afecte la producción ganadera más que cualquier otro factor considerado independientemente. Un sobrepastoreo continuo causará un deterioro de la condición del pastizal y una reducción consecuente de la capacidad de carga. Por otro lado un uso adecuado permitirá un mejoramiento y correspondiente aumento en la capacidad de carga.

El efecto del grado de uso en la producción animal parece ser algo difícil de entender, aún siendo una cosa tan fácil. Cierta composición vegetal puede producir solamente cierta cantidad de forraje en un año dado y un animal necesita tener cierta cantidad de alimento para producir de acuerdo a su potencial genético. Si hay más animales que alimento, cada animal terminará el día habiendo consumido menos del que requiere, así el animal no podrá producir al máximo de su potencial genético y como resultado la producción por animal se reduce.

Algunos productores tienden a confundir los efectos de condición y grado de uso en la producción animal. A menudo piensan que el pastoreo en condición pobre siempre resultará en una baja producción animal, lo cual no es del todo cierto, si la condición pobre es pastorada adecuadamente. Un pastizal en condición pobre, pastoreada adecuadamente resultará en una alta producción por cabeza pero baja producción por hectárea debido a la baja capacidad de pastoreo. Un pastizal en condición excelente, manejada adecuadamente no producirá más por cabeza que un pastizal en condición pobre pastoreado adecuadamente, pero producirá más por hectárea debido a una mayor capacidad de pastoreo. Aún más, un pastizal en condición excelente sobrepastoreado producirá menos por cabeza y tal vez menos por hectárea que un pastizal en condición pobre adecuadamente manejado. Por lo tanto, la producción animal total está directamente relacionada con el grado de utilización, independientemente de la condición del pastizal. Este concepto, muy importante, tiene que ser entendido por la persona a cargo del manejo de pastizales para obtener la máxima producción animal. Una intensidad moderada del pastoreo permite obtener alta producción por animal y por hectárea (Figura 28). Se ha comprobado que esta práctica permite obtener los mayores beneficios económicos a largo plazo. Sin embargo, es importante señalar que se debe ajustar la carga animal sacando animales o proporcionando alimento adicional cuando la producción de forrajes disminuye en las praderas.

El sobrepastoreo disminuirá la producción por animal, unidad de superficie, la condición de las plantas, la productividad y vida productiva de la pradera. Por otra parte, el subpastoreo permite una alta producción por animal pero la producción por unidad de superficie es baja.

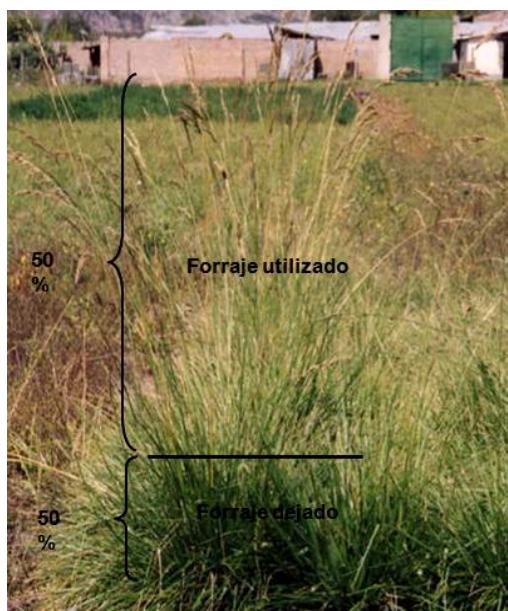


Figura 27. Grado de utilización

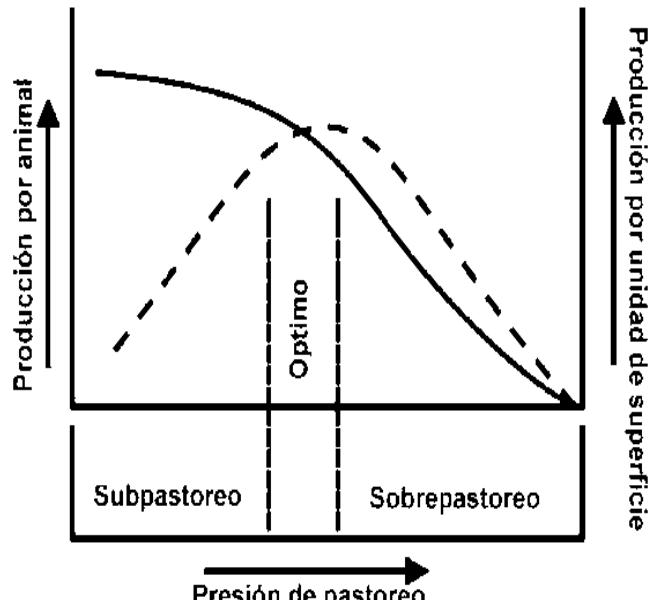


Figura 28. Producción por animal y por ha.  
Tomado de Nuñez et al. 1998. Inifap Mexico

#### **4.6. MÉTODOS PARA DETERMINAR GRADO DE UTILIZACIÓN.**

##### **➤ *Método de la altura del rastrojo.***

Es el más difundido, en la cual el rastrojo es la parte basal de la planta que queda después que la parte superior de la misma ha sido consumida por los animales que pastorean o que ha sido cosechada artificialmente.

Cuando se definió factor de uso o grado de utilización se dijo que para un correcto manejo éste debía ser el 50 a 60 %, expresado en peso del forraje acumulado en la estación de crecimiento. Es decir, si para una pradera se determina una producción, por ejemplo, 1000 kg de materia seca por hectárea, un grado de utilización del 50 % significará consumir 500 kg de materia seca en la forma más uniforme posible en toda la pradera. En este contexto, se podría pensar que el parámetro altura puede darnos esta estimación, es decir, cuando las plantas hayan sido consumidas al 50 % de su altura promedio, se ha consumido el 50 % del forraje producido. Por ejemplo, si la altura promedio es de 50 cm, cuando la altura del rastrojo es de 25 cm se ha consumido el 50 %. Pero ello no es así con gramíneas naturales amacolladas de la puna, ya que el peso de la planta no se distribuye uniformemente en toda la extensión de la misma. El mayor peso o la mayor cantidad de forraje se concentra en la parte basal de la planta, así entonces el 50 % del forraje a dejar como rastrojo podrá estar, por ejemplo, cuando la altura del rastrojo sea 10 cm sobre una altura total de la planta de 30 cm. Quiere decir, se habrá consumido dos tercios de la altura de la planta. Esta altura es variable de acuerdo a las especies, pues no todas tienen un mismo patrón de distribución.

Por el método enunciado de altura de rastrojo, se correlacionan altura con peso de la planta y se grafican llegándose de una manera práctica a la determinación del grado de utilización.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Partiendo de un pastizal al finalizar la estación de crecimiento (Abril en la Sierra) se detectan las plantas índice o plantas claves del mismo.
- Elegida la planta clave se hace varias mediciones de altura de plantas sin pastoreo, desde la superficie del suelo hasta su parte más alta, al azar en distintas direcciones.
- Las alturas obtenidas se promedian. Por ejemplo, se obtienen las siguientes alturas: 30 - 25 - 40 - 35 - 30 - 15 - 40 - 50 - 30 - 35 - 25 - 20 - 30 - 60 - 25 - 30 - 20 - 40 - 50 - 30 cm. La suma de alturas da 650 cm y su promedio sobre 20 plantas, 32.5 cm. Es decir que, nuestra altura promedio de plantas índice es de 32.5 cm.
- Calculada la altura promedio se eligen en el potrero cinco plantas índice que tengan esta altura o lo más parecida a ella; por ejemplo, plantas de: 30 – 35 – 33 – 32 y 31 cm. Para el ejemplo se usan cinco plantas, pero si se tiene un número mayor de plantas, mayor será la exactitud del cálculo.
- Las plantas elegidas se cortan al nivel del suelo y se amarran individualmente con un cordón en forma de espiral, de tal manera que queda formado un mazo, cuidando que todas las hojas queden elongadas a lo largo de la planta atada.
- Una vez cortada y atada se procede a secar las plantas en horno (100 °C durante ocho horas), o al aire a la sombra ( $\pm$  15 días).
- Luego se corta cada planta en segmentos de 5 cm cada uno empezando de abajo hacia arriba. En el ejemplo, con plantas promedio de 32.5 cm, tendremos seis pedazos más un

resto de medio pedazo, o sea uno de 2.5 cm, que sería el extremo superior de la planta.

- Cada pedazo por planta se pesa individualmente y se anota en la planilla (Cuadro 17) en la columna II, y se promedia en la columna III.
- Se determina entonces el peso acumulado para cada segmento (columna IV). Así, el peso del primer segmento empezará desde arriba, será su propio peso; el peso del segundo segmento acumulado será su propio peso, mas el peso del segmento de arriba; del tercero será su propio peso más los dos anteriores, y así sucesivamente hasta llegar al último en que será su propio peso más el de los de arriba acumulados.
- Haciendo el 100% el peso acumulado del último segmento, es decir, 7.6 gr, se calcula el porcentaje de cada uno (columna V), de la siguiente manera:

Para el primero	$100 \times 0,2/7.6 = 2.7$
Para el segundo	$100 \times 0,6/7.6 = 7.9$
Para el tercero	$100 \times 1.2/7.6 = 15.8$
Para el cuarto	$100 \times 2.0/7.6 = 27.6$
Para el quinto	$100 \times 3.0/7.6 = 39.5$
Para el sexto	$100 \times 4.5/7.6 = 59.2$
Para el séptimo	$100 \times 7.6/7.6 = 100.0$

Cuadro 17. Datos para determinar grado de utilización por método de altura de rastrojo.

COLUMNA I	COLUMNAS II					COLUMNA III	COLUMNA IV	COLUMNA V
Segmento	<u>Peso de cada segmento</u>					Peso Promedio gr.	Peso Acumulado gr.	% peso utilización de peso acumulado
	Plantas	1	2	3	4	5		
cm	gr	gr	gr	gr	gr			
30-35	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	2.7
25-30	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	7.9
20-25	0,7	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	1.2	15.8
15-20	0,9	1.0	0,7	0,8	0,8	0,8	2.0	26.7
10-15	1.0	1.2	0,9	1.0	1.0	1.0	3.0	39.5
5-10	1.5	1.7	0,4	1.5	1.5	1.5	4.5	59.2
0-5	3.0	3.2	3.1	3.2	3.0	3.1	7.6	100.0
TOTAL	7.0	8.9	6.9	7.6	7.5	7.6	7.6	-----

Con los datos obtenidos en la columna V se hace un gráfico total, tal como el que se detalla en la Figura 29, donde el eje de las Y es la altura de la planta (Columna I) y el eje de las X el peso acumulado (Columna IV).

Los puntos de intersección nos dan los puntos de la curva de distribución de peso. Levantando una perpendicular sobre el punto 50% en el eje de las X, donde dicha perpendicular corta la curva de distribución del peso acumulado (Punto A), nos dará, sobre el eje de las Y, la altura correspondiente al 50% de utilización. Es decir que, en el ejemplo, cuando la altura del rastrojo sea de 10 cm, las plantas índices habrán sido consumidas en un 50% de su peso.

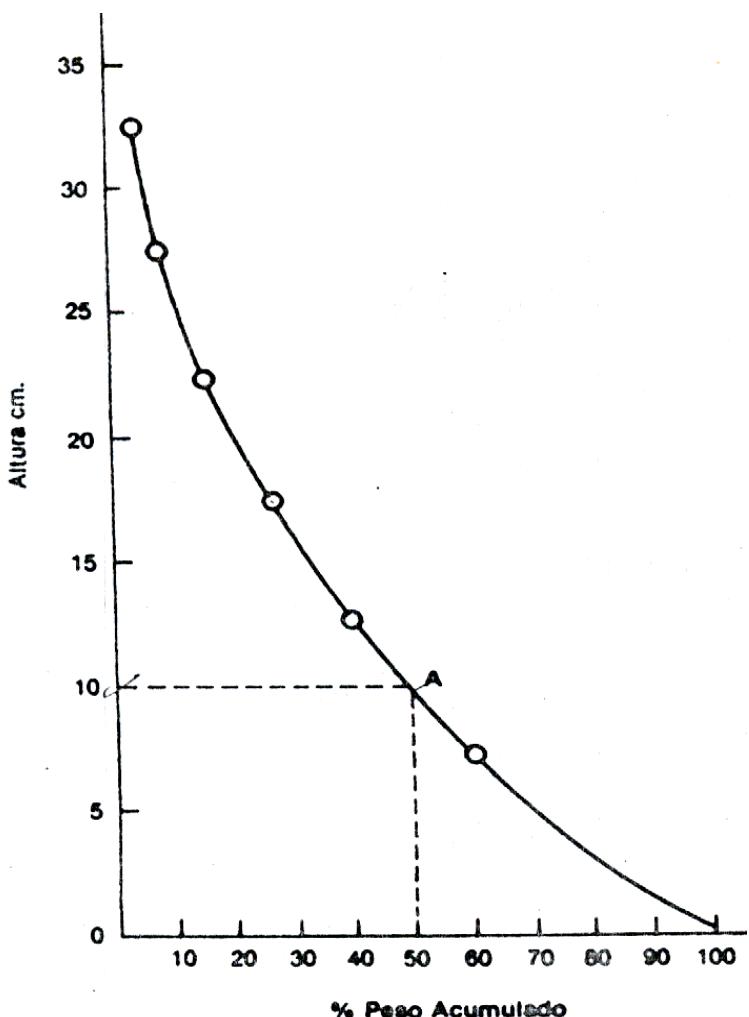


Figura 29. Gráfico de distribución del peso a lo largo de la planta y determinación de la altura de rastrojo con 50% de utilización. Tomado de Huss D y col. 1986.

➤ **Método de la jaula.**

Consiste en comparar las áreas con pastoreo y sin pastoreo. La diferencia es la cantidad de forraje consumido. Las jaulas pueden ser de cualquier tamaño, pero usualmente son de un metro cuadrado y son construidas de tal forma que se tiene un área o porción completamente protegida del pastoreo (Figura 30). Las jaulas son colocadas en localizaciones estratégicas y se establece una parcela similar en composición y densidad fuera de la jaula. A la parcela fuera de la jaula es mejor no ponerle estacas ya que el ganado será atraído por éstas, lo que puede causar un pastoreo que no es normal. Por esta razón, la parcela de fuera deberá estar a cierta distancia de la jaula. Es mejor cambiar de ubicación las jaulas al final de la época de pastoreo en un año, para proseguir con la medición al año siguiente.



Figura 30. Evaluación de pastizales por método de la jaula  
Técnico de IVITA-La Raya evaluando pastizales. Foto R. Farfán

➤ ***Método de la planta pastoreada.***

Los investigadores han mostrado una relación significativa entre el número de plantas pastoreadas y el grado de utilización; esto es especialmente cierto para las gramíneas amacolladas de la puna.



Figura 31. Evaluación de pastizal por método de la planta pastoreada  
C.C. Tapamayo-Ocongate-Cusco 1998. Foto R. Farfán

El método puede ser utilizado de la siguiente forma: se establecen suficientes transectos de 100 pasos en la porción representativa de las áreas claves del área bajo estudio, para muestrear adecuadamente la utilización en todas esas áreas. En cada uno de los 100 puntos, se clasifican las especies seleccionadas como especies clave de utilización, distinguiendo entre especies pastoreadas y sin pastorear, sin importar el grado de pastoreo de la planta. Se debe llevar un registro de esta determinación para cada especie por

separado. Se usan los porcentajes suficientes de cada planta pastoreada para cada especie clave y de esa forma se determina si la utilización es ligera o fuerte, aplicando los estándares desarrollados localmente para dichas especies claves, si éstos están disponibles.

Los estándares de las gramíneas amacolladas deberán ser aproximadamente las siguientes:

- Hasta el 60% de las especies claves pastoreadas: utilización ligera. La utilización ligera es considerada como adecuada en pastizales con una condición pobre o muy pobre.
- 60 - 75% de las especies claves pastoreadas: utilización moderada.
- 75 - 90% de las especies claves pastoreadas: utilización fuerte (inadecuada).
- 90 - 100% de las especies claves pastoreadas: utilización extrema (destructiva).

#### **4.7. GUÍA DE UTILIZACIÓN.**

En el Cuadro 18 se presenta una guía de utilización basada en medidas cuantitativas y cualitativas. La guía puede ser muy acertada si se utiliza en forma adecuada. Se reconocen seis clases de utilización: *sin uso*, *uso ligero*, *adecuado*, *intenso*, *severo* y *destructivo*. La primera y última clase (*sin uso* y *uso destructivo*) son fácilmente reconocidas y no requieren entrenamiento. El grado de utilización de las especies deseables, las menos deseables y las indeseables, es la clave para determinar el uso. Se podría pensar que existe una contradicción de este sistema de clasificación con respecto a sistemas de especies claves debido a discusiones en las cuales se dice que las especies dominantes para condición pobre pueden ser las especies claves de utilización. En esta guía se afirma que el 50 a 60% de utilización de las indeseables es severo, esto es debido a que la guía es para la determinación de uso adecuado o inadecuado. Un uso adecuado permitirá mejorar las condiciones del pastizal pobre, regular o bueno y un mantenimiento de la condición excelente. El uso intenso causará el deterioro de las condiciones excelente, buena y regular. Tal vez mantendrá la condición pobre, siendo consideradas estas últimas condiciones como indeseables de acuerdo a los objetivos de manejo de praderas.

Cuadro 18. Guía de uso y promedio de alturas de pastoreo que representan el 50% de utilización de algunas gramíneas.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Sin uso	No hay uso
Ligero	Poco uso de las especies deseables, no hay uso de las especies menos deseables e indeseables.
Adecuado	Aproximadamente 50% de uso en las deseables, 20% de uso en las menos deseables y sin uso las indeseables.
Intenso	Aproximadamente 80% de uso de las deseables, 40 a 50% de las menos deseables y 20% de uso de las indeseables.
Severo	Uso completo de las deseables, 80% o más de las menos deseables y 50 a 60% de las indeseables.
Destructivo	Uso completo de todas las plantas forrajeras del pastizal, parecido a lo que ocurre en un corra

<u>Tipo de gramíneas</u>	<u>Altura en cm</u>
Gramíneas altas	10 – 12
Gramíneas medianas	5 – 6
Gramíneas bajas	2 – 3

## **5. PRÁCTICAS DE MANEJO, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE PASTIZALES.**

El principal objetivo en esta Sección es proporcionar a los actores que intervienen en éstas y otras áreas altoandinas un documento de consulta, que contiene una serie de orientaciones para que las futuras acciones contribuyan a la recuperación y/o protección de los pastizales, considerando la reducción de la vulnerabilidad frente al sobrepastoreo, la erosión y finalmente la desertificación, con el fin de recuperar, mantener y/o incrementar la productividad y rentabilidad de las praderas naturales, como de las actividades productivas que sobre él desarrollan las poblaciones.

Cuando la pradera natural alcanza un grado de deterioro más allá de la productividad económica, entonces es momento de considerar su renovación o mejoramiento. El mejoramiento de un determinado pastizal o áreas de pastizales nativos, es una decisión muy importante por parte del productor, para lo cual debe considerarse un previo diagnóstico y análisis que permita conocer las limitaciones y potencialidades de los recursos del predio y en cuanto a oferta forrajera se refiere; para ello hay algunas consideraciones (Dahl, 1982) que se deben observar en la toma de decisiones para el mejoramiento de la pradera.

### **5.1. PRÁCTICAS CONSERVACIONISTAS DEL MANEJO DE AGUA.**

El agua es fuente de vida y es requerido para el normal desarrollo de las plantas y animales (incluido el hombre). Sin embargo, en las zonas semi-áridas de la sierra peruana existe una escasez de precipitaciones pluviales permanentes. También en estas regiones se advierte altas tasas de evapotranspiración en plantas y suelos. Es así, que cuando llueve en los andes, éstas son intensas y en general, los tipos de suelos frágiles no pueden absorber la cantidad de lluvia que cae en períodos de tiempo muy cortos (Enero a Marzo); como consecuencia, las punas semi-áridas están expuestas a la presencia de escorrentía de éstas aguas superficiales.

Estas características climáticas de las regiones altoandinas muestran la importancia de un uso racional de las limitadas cantidades de agua de lluvia disponibles. Una de las formas de hacerlo es usando el agua de escorrentía (*cosecha de agua*). Otra forma es mejorando la infiltración y el almacenamiento del agua de lluvia (*conservación del agua en el suelo y/o siembra de agua*). Como ventajas de las técnicas de cosecha de agua y siembra del agua en el suelo pueden ser resumidas de la siguiente manera: una mayor cantidad de agua disponible para los cultivos y pastizales incidiendo en rendimientos más altos. Además, puede ayudar a los cultivos a superar los daños por efecto de la sequía en los valles interandinos, también puede amenguar los efectos del mal llamado “friaje” en la disponibilidad de forraje en las punas semi-áridas. A propósito del término friaje, la denominación correcta es “ola de frío”. El friaje solo se da en la selva o ceja de selva

En el caso Peruano debido a la presencia de montañas tropicales, se observa una topografía accidentada en la sierra, que se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Presencia de la puna húmeda y puna seca
- Disminución de la actividad pluviométrica de norte a sur. Con una precipitación pluvial por encima de los 1000 mm en la zona de jalca de Cajamarca (extremo norte), disminuyendo a 250 a 300 mm en las punas secas de Tacna y Moquegua (extremo sur).

- Una distribución inequitativa de las aguas dulces que se producen en la sierra. Con un 98.2% de las aguas que se van a la Vertiente del Amazonas y el Titicaca, y un 1.8% de éstas que discurren en la vertiente del Pacífico.

### **5.1.1. Cosecha de agua en el ecosistema andino.**

Considerando que el Perú es el tercer país más vulnerable en el mundo a los efectos del cambio climático, situación que es ignorada por la población rural y citadina, y en especial por el Estado en términos de gestión de agua. Con la agravante que en el futuro cercano los nevados perpetuos de los andes se derretirán inexorablemente y dependeremos solamente de las precipitaciones pluviales estacionales, como principal fuente de agua para consumo humano y actividades productivas.

Cuadro 19. Distribución de agua en el Perú por vertiente.

Vertiente	Nº de cuencas principales	Superficie(miles de km <sup>2</sup> )	Población (% del total nacional)	Disponibilidad de agua (% del total disponible)
Pacífico	62	279.7	65	1.8
Atlántico	84	958.5	30	97.7
Titicaca	13	47.0	5	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>159</b>	<b>1,285.2</b>	<b>100</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)

Ante este panorama es necesario recurrir a algunas actividades que puedan permitir almacenar las aguas (cosecha) que discurren especialmente a la Vertiente del Amazonas y Lago Titicaca y trasvasar a la del Pacífico (Cuadro 19).

Muchos consideran al Ing. Pablo Sánchez (recientemente fallecido) como el pionero en el conocimiento de la técnica de almacenar agua de escorrentía que discurre en la sierra durante la época de lluvias. Para Sánchez (1986) la palabra *cosecha* en la acepción que proporciona la Enciclopedia Box, significa también recoger, y que referido al agua se debe interpretar como *cosecha del agua de lluvia*, ligando a las acciones de conservar a las que el hombre de campo se dedica, recogiendo todo lo que el medio ambiente le ofrece para sustentar su vida.

Para Anschutz et al. (1997) la cosecha de agua es definida como la recolección de la escorrentía para uso productivo, de las superficies de los suelos y también de las corrientes estacionales. El principio básico de éstas técnicas de cosecha de agua se ilustra en la Figura:

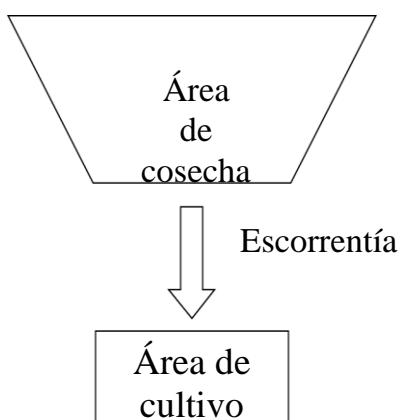


Figura 32. Principios de cosecha de agua para la producción vegetal. Anschutz et.al. 1997

DESCO (2008) es una de las pocas ONGs que ha investigado y desarrollado más profundamente sobre las técnicas de cosecha de agua en la zona sur del Perú. Estas técnicas fueron aplicadas en la producción de pastizales, que son consumidos principalmente por los camélidos sudamericanos. Siendo, la crianza de éstos últimos una de las pocas actividades que sirven de sustento para la supervivencia al poblador andino sobre los 4 000 msnm. Según los técnicos de DESCO, en el ámbito altoandino, la extrema pobreza y los efectos del cambio climático global han determinado una sobre explotación de los recursos naturales, evidenciada en la depredación de pastizales naturales y de la vegetación arbustiva; todo ello se debe a la incidencia de factores antrópicos y naturales. La sobrecarga animal (sobrepastoreo), fruto del sistema extensivo del pastoreo de los camélidos sudamericanos domésticos, ha ocasionado la erosión de los suelos y la pérdida de su capacidad de retención del agua.

Así mismo, las variadas condiciones ambientales en los últimos años (disminución de lluvias, sequías, nevadas, etc.) han incrementado los procesos de deterioro del ecosistema altoandino. Confrontados por tal situación es que se promueve la propuesta de “cosechar” el agua de lluvias, como una estrategia dirigida a afrontar esta problemática que se torna cada vez más aguda, para tal efecto, se concreta la construcción de micro represas.

#### ➤ *Micro represas.*

Según DESCO son depósitos o reservorios de agua que se construyen aprovechando la depresión natural del suelo (hondonadas naturales) o lagunas naturales, levantando para ello un dique de tierra compactada y/o de concreto que permite contener el agua excedente del período de lluvias y almacenarla para su posterior uso mediante técnicas de riego, en los períodos de mayor escasez. Se trata, así mismo, de lograr una lenta infiltración del agua, favoreciendo la recarga de los acuíferos subterráneos (siembra de agua).

Una micro represa se compone básicamente de tres partes:

- El área de almacenamiento, que corresponde a la superficie en el cual se almacena el agua.
- El dique, que es un muro de material sólido, construido para evitar el libre discurrir superficial del agua por su cauce natural; con el objeto de poder utilizar el agua posteriormente, se coloca en la parte del fondo el conducto de salida, correspondiente a la tubería y el sistema de control mediante una válvula.
- El aliviadero o control de demasías, que es un canal o vertedero que elimina el exceso de agua que ingresa al área de almacenamiento, evitando que la sobrecarga y fuerza hidráulica del agua desborde el dique y lo destruya.

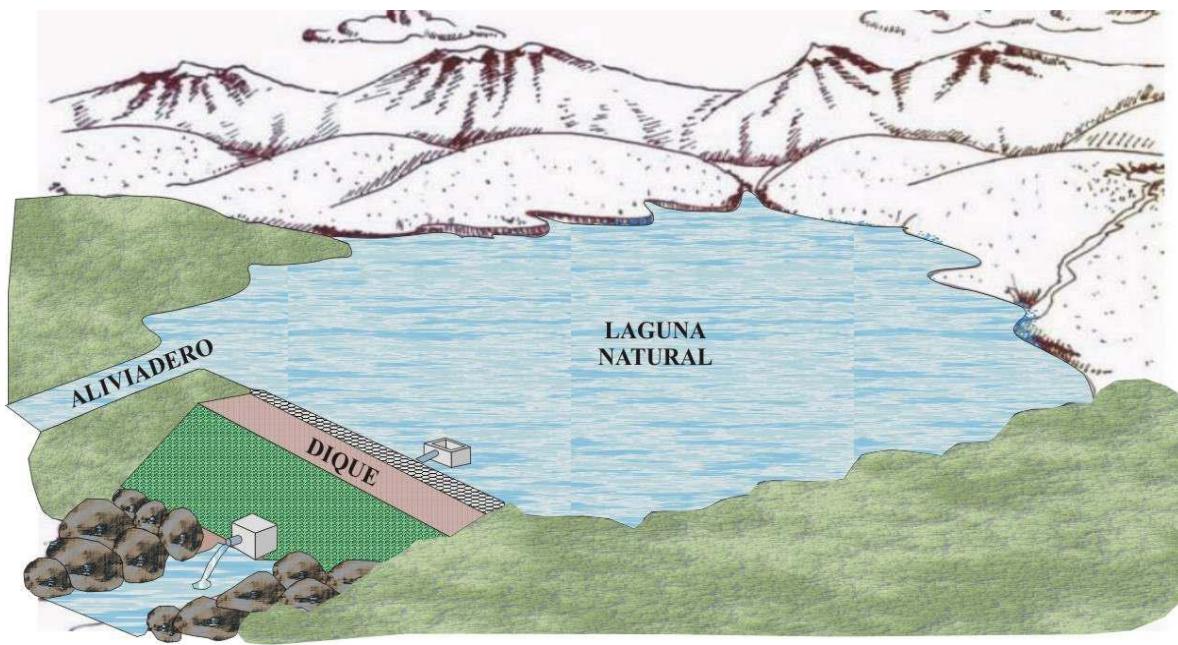


Figura 33. Partes de una microrepresa. Elaborado por DESCO 2008.

➤ ***Pozos de captación de agua de escorrentía.***

Son estanques o reservorios artesanales construidos con bordes de tierra, con la finalidad de almacenar agua. Estos reservorios pueden ser construidos en el mismo lecho de una quebrada o mediante una excavación en una ladera y para facilitar su construcción se recomienda el uso de maquinaria pesada (tractor de oruga).



Figura 34. Captación de agua de deshielo en Puna



Figura 35. Captación de agua de escorrentía en piso de Valle

El almacenamiento del agua, además de controlar la escorrentía permitirá irrigar pastos naturales en la cuenca alta y cultivar pasturas mejoradas en la cuenca media y baja; incluso permite el cultivo de productos de pan llevar (Figuras 34 y 35).

Para el diseño se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- A través del uso de calicatas determinar las características del suelo.
- Ubicar suelos preferentemente de textura arcillosa.
- Se recomienda una pendiente de 5 a 15%, ya que la topografía es determinante. La pendiente determinará el tamaño y forma de construcción del reservorio. En lugares con pendiente suave se construirán reservorios de mayor tamaño y en lugares con mayor pendiente serán más pequeños y de forma alargada.
- Para la cosecha y/o captación del agua de lluvia es necesario tener como mínimo unos 200 m<sup>2</sup> de terreno por encima del reservorio.
- Diseñar las entradas o canales de captación de agua de lluvia de escorrentía, pensando en almacenar la mayor cantidad posible de agua.
- En cuanto a la forma del reservorio puede ser: ovalada, rectangular o irregular
- La profundidad promedio debe ser de 3.00 m. Reservorios muy superiores pierden demasiada agua por evaporación.
- El ancho de corona (ancho encima del borde) puede ser entre 0,80 a 1.50 m. de acuerdo al tipo de suelo.
- Debe darse un 10% más de altura por encima del borde para compensar el asentamiento o compactación del suelo.
- Se recomienda usar tubería de PVC de 2" de diámetro y de preferencia colocarlo antes de iniciar la excavación con la maquinaria pesada. Si hay condiciones la tubería de salida puede ser de tipo sifón y puede colocarse después de construido el reservorio.
- Se debe construir un desarenador a una distancia de 5 m del reservorio.
- También debe tener un aliviadero para evacuar el exceso de agua, el que debe construirse en la parte más resistente

Para la construcción se deben seguir los siguientes pasos:

- Definir el lugar de construcción.
- Colocar la tubería de salida del agua. Si es tipo sifón se coloca al final de la excavación.
- Iniciar la excavación con el tractor de oruga, compactando el muro conforme se va avanzando. Si la tierra está húmeda es mejor.
- Construir los canales colectores.
- Construir el desarenador.
- Construir el canal de entrada y el aliviadero, utilizando concreto o mampostería de piedra.
- Realizar los trabajos de protección, de preferencia con pastos.
- Instalación de la tubería para el riego de los cultivos y/o pastos.

Su instalación permite algunas ventajas:

- Permite almacenar agua para la época de estío o seca.
- Es de fácil construcción cuando se cuenta con maquinaria pesada (tractor oruga).
- Permite aprovechar la topografía natural.
- Contribuye al control de la erosión al evitar la escorrentía del agua de lluvia.
- Permite la producción de cultivos en la época de estío.

### **5.1.2. *Siembra de agua.***

Una alta proporción de toda la precipitación pluvial fluye sobre la superficie del suelo sin infiltrarse, particularmente en las pendientes, en zonas sobrepastoreadas, en suelos compactados, perdiendo con ello su posibilidad de infiltrarse y pudiendo causar la temida

erosión. El buen manejo de praderas significa también reducir este flujo e incrementar la infiltración; en este sentido, existe una serie de métodos para la conservación de la capacidad productiva del suelo y del agua, reduciendo su pérdida por el flujo superficial, entre los que se incluyen: las zanjas de infiltración, la formación de terrazas, la distribución de agua y riego utilizando canales, el bordeo a curvas de nivel, ruptura del suelo (volteo), formación de cavidades (micro represas, cochas, qotañas o wigüñas); en general, cualquier método que retenga el agua de las lluvias o del riego incrementará la filtración y humedad del suelo de una determinada zona. Al conjunto de estos procesos se denomina siembra de agua. Estas prácticas de conservación de suelo y agua, acompañada del manejo apropiado del pastoreo y otras acciones complementarias incrementan la productividad de un ecosistema.

➤ ***Surcos en contorno.***

Es una de las prácticas más sencillas y que no implica mayor costo que el de la mano de obra. Son aquellos que se construyen transversalmente a la pendiente del terreno, con los objetivos de: reducir la velocidad de los escurrimientos superficiales, favorecer la infiltración del agua en el suelo, disminuir la erosión y aumentar la producción de forraje de los pastos nativos.

Se realiza en terrenos con pendiente hasta de 25%, aunque lo óptimo son pendientes menores a 15%. Los surcos deben tener una inclinación “O” ó a nivel (0%); en ocasiones pueden tener una muy ligera inclinación (1-5%), según las condiciones del suelo y la cantidad de precipitación pluvial. En suelos arcillosos se recomienda una gradiente lateral de los surcos de hasta 2% y en suelos francos puede ser a nivel o pendiente cero. La longitud máxima recomendada es de 100 metros lineales, ya que a mayor longitud se tiene una mayor captación de agua que puede rebalsar los surcos y causar erosión. El procedimiento consiste en trazar líneas con el nivel “A” (tratado más adelante), señalando con estacas o piedras y por estos trazos se puede pasar el arado u otras herramientas para evitar que se borren. El distanciamiento entre estas líneas guías debe ser entre 5 a 15 metros, como máximo. Posteriormente se procede a hacer los surcos definitivos (Figura 36).

➤ ***Zanjas de infiltración.***

Son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal que se construyen transversalmente a la pendiente del terreno y deben ser a nivel. El objetivo es interceptar el agua de escorrentía que baja por la ladera y permitir que esta se infiltre, aumentando así la humedad del suelo, por ende el mejor crecimiento de las plantas y, al mismo tiempo, evitando la erosión del suelo (Figura 37).

El ancho del borde superior de la zanja es de 40 a 50 cm; el ancho de la base de 30 a 40 cm y la profundidad varía entre 20 a 50 cm. La inclinación longitudinal de la zanja normalmente debe ser cero (0%), excepto en zonas de fuerte precipitación pluvial donde se le puede dar una inclinación lateral de hasta 3%. El talud, en relación a sus medidas horizontales y verticales, debe ser 1:1 ó 2:1; y en terreno firme entre 0,5:1 a 1:1 (medida horizontal: medida vertical). La zanja debe desembocar en una zona protegida o totalmente estabilizada para evitar la formación de cárcavas, a causa del desagüe.

Cuando la zanja es a nivel, cada 10 ó 20 metros en su recorrido, deben construirse unos tabiques de tierra o dejar espacios sin cavar, a fin de permitir que el agua no vaya de un lado a otro y se concentre en un sólo lugar. La distancia entre zanja y zanja debe estar en relación a la pendiente y a la cantidad de precipitación de la zona, se recomienda entre 8 a 12 m. En el

borde superior de las zanjas se recomienda sembrar pastos o plantas de buen macollaje a modo de barreras vivas y darle mayor protección. En ocasiones, suele suceder que el agua infiltrada no humedece el área contigua sino que se transvasa a zonas mucho más abajo y el agua aflora beneficiando otras zonas, lo cual también debe ser aprovechado. Las zanjas de infiltración requieren de un mantenimiento y limpieza periódicos. En suelos superficiales es posible que la zanja deba ser excavada en la roca madre, necesitando mayor mano de obra y herramientas.



Figura 36. Surcos en contorno. Fuente: Pronamachcs MINAG 2008



Figura 37. Zanjas de infiltración. Iscahuaca, Apurímac. MASAL 2 000 Foto R. Farfán



Figura 38. Terrazas de formación lenta



Figura 39. Terrazas de absorción. Tomado de Carrillo, L. 2008

#### ➤ *Terrazas de formación lenta.*

Son aquellas que modifican en forma progresiva el grado de pendiente del terreno. El principio es el aprovechamiento del efecto de arrastre de suelos por lluvias, o gravedad

natural, y su período de formación puede demorar hasta 5 años de acuerdo al manejo y condiciones del medio ambiente.

Las terrazas de formación lenta deben ser construidas en terrenos de pendiente moderada, tiene la ventaja de ofrecer mayor facilidad y menor trabajo con herramientas manuales o de mecanización para favorecer el mejoramiento de las praderas o la instalación de áreas de pastos cultivados (Figura 38).

El muro de la terraza se hace de acuerdo a la disponibilidad de materiales de la zona (piedras, chamas, tierra), la altura del muro no debe ser mayor a 1.50 metros; y si es de piedra, con un ancho de 50 a 60 cm y la cimentación de 20 a 40 cm. Esta práctica se puede realizar en todo tipo de suelos y climas. También puede ser complementaria a los surcos en contorno. La construcción de los muros debe hacerse siguiendo las curvas a nivel, salvo en terrenos bajo riego, en zonas muy lluviosas o en suelos arcillosos; en estos casos debe tener una inclinación de 2% para facilitar su drenaje o desagüe. La distancia entre dos muros de contención varía según la pendiente, disponibilidad de material de construcción y mano de obra, puede ser entre 10 a 30 m. En caso de suelos pedregosos se combina la construcción del muro con el retiro de las piedras del terreno para aumentar la superficie a ser beneficiada. En caso que no se disponga de piedras para la construcción de los muros, puede utilizarse arbustos que se plantan en hileras, logrando con el tiempo un efecto parecido al de un muro de piedra

#### ➤ **Terrazas de absorción.**

Las terrazas de absorción son una serie sucesiva de plataformas o andenes, bancos o terraplenes dispuestos en escalones en las laderas. La inclinación de la terraza previene que rebalse el agua proveniente de la lluvia, la nivelación de los bordes impide que el agua escurra hacia un lado o al otro facilitando que toda el agua de la lluvia que cae en la terraza se infiltre total y uniformemente en ella; de esta manera se evita totalmente la erosión. Resultan muy convenientes para completar el trabajo, la instalación de pastos cultivados, sean temporales o permanentes. También se puede sembrar cultivos de panllevar, como se aprecia en la fotografía.

Esta práctica de conservación puede ser realizada en cualquier tipo de clima. El ancho de la plataforma y la altura del talud están determinados principalmente por los siguientes factores:

- La pendiente del terreno (máximo 40%)
- La profundidad del suelo (mayor a 30 cm)
- La calidad del material disponible, que determina si el talud es de piedra o de tierra.

Las terrazas de absorción tienen, entre otras, las siguientes ventajas:

- Controlan totalmente la erosión del suelo.
- Se puede aprovechar para el cultivo de pastos y cultivos de panllevar.
- Se atenúa el efecto de las sequías, debido a que se almacena más agua en el suelo y mejora los rendimientos.
- Son más fáciles de construirse en tiempo de lluvias porque el suelo está húmedo.

El diseño de las terrazas consiste en determinar el ancho del terraplén, la profundidad del borde interno y la inclinación del talud. El terraplén debe ser lo más ancho posible,

dependiendo de la profundidad del suelo y de su pendiente; deben contener bordes para evitar que el agua de riego o de lluvias se salga del terraplén. La superficie no debe tener ondulaciones o depresiones, utilizando el nivel “A” se puede garantizar su uniformidad.

La altura del talud no debe exceder los 2 m para no afectar su estabilidad, debe ser lo menos inclinado posible pero no vertical, la inclinación depende de la clase de material del suelo (menos inclinado sobre terrenos duros o firmes). Al comienzo, las terrazas deben vigilarse con frecuencia, sobre todo después de cada lluvia, para hacer los arreglos respectivos en caso que se produzcan erosiones o asentamientos del suelo. Una vez consolidados los andenes, el requerimiento de mantenimiento es bajo. Es preferible que los animales no entren a pastorear a las terrazas por los daños que pudieran causar a los bordes y taludes de las construcciones (Figura 39).

## 5.2. MANEJO DE AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Existe una preocupación a nivel mundial por los efectos del cambio climático, sobre todo por países emergentes, que son los directamente afectados, no así, por países de primer mundo como USA y China. Precisamente estos últimos son los principales emisores de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), peor aún, ellos son los únicos países que se negaron a firmar el Protocolo de Kioto. Este acuerdo de alguna manera reducía la emisión de los GEI y como consecuencia la reducción del calentamiento global de la tierra.

A nivel local, los pobladores de las comunidades campesinas y moradores de barrios urbano marginales de las grandes ciudades, son los directamente afectados por la falta de agua para consumo humano y uso consuntivo, por dicha falta ellos están muy preocupados por el efecto causado en los siguientes aspectos:

- Falta de agua tratada para consumo humano.
- Disminución importante en la cantidad de agua disponible para el riego de pastizales y cultivos de panllevar.
- Disminución en la cantidad de precipitaciones pluviales y menores descargas hídricas en las cuencas y microcuencas.
- Perdida de la cubierta glacial en los principales nevados de la cadena montañosa.

Además, de las técnicas discutidas con anterioridad (cosecha y siembra de agua) para la mitigación de los efectos perniciosos del cambio climático global, existen dos hechos que necesitan ser abordados con mucho cuidado: (a) el síndrome sobrepastoreo-erosión-desertificación en la Sierra y Altiplano y (b) la necesidad de emprender una lucha frontal contra la deforestación y eliminación de la cubierta vegetal de los campos aptos para el crecimiento de especies vegetales.

### ➤ *Síndrome sobrepastoreo-erosión-desertificación.*

Es bien conocido que en la puna húmeda y seca de los andes tropicales de Sudamérica existe una interrelación estrecha entre el pastoreo no controlado y la erosión de los suelos. El problema se inicia en los terrenos llamados comunales pertenecientes a las comunidades campesinas de los andes, donde el pastoreo es libre y sin la existencia de un control sobre el manejo de éstos campos naturales de pastizales. No existiendo un límite de uso de los pastos estos son depredados y la consecuencia final, por efecto de la caída de lluvias, es la aparición

de grandes surcos en el terreno llamados “cáravas”. Otra causa para la aparición de cáravas, es el mal uso que realizan los pequeños agricultores, a través, de la siembra de productos de pan llevar en los terrenos de ladera con pendientes pronunciados, con el consiguiente arrastre de tierra agrícola durante la época de lluvias, que ocurre secularmente en los valles interandinos de la sierra (el tema fue tratado en páginas anteriores).

➤ ***Reforestación con especies nativas.***

Como se discutió antes, la erosión empieza cuando las gotas de lluvia destruyen los terrones del suelo, liberando partículas finas que fácilmente son llevadas por el agua. Por lo tanto, la cobertura del suelo con una capa de vegetación (árboles, arbustos, malezas, rastrojos o pajas, o cualquier cultivo herbáceo, arbustivo o leñoso), protege de los procesos erosivos causados por las lluvias, porque "amortigua" la fuerza de las gotas



Figura 40. Reforestación con Kolli. Tomado de MINAG-PRONAMACHCS. 2008

### **5.3. CERCOS Y TIPOS DE CERCOS.**

El uso de cercos con la finalidad de solucionar problemas de agricultura y ganadería se remonta a la misma historia de las culturas. Vemos así que en las culturas preincaicas se utilizaban las denominadas “cancha”, por ejemplo, para el “Chaco” o captura de vicuñas, para proteger algunas cosechas, para delimitar áreas en general. La imaginación del hombre para construir cercos ha sido fecunda desde la antigüedad hasta hoy en día.

*Funciones de los cercos.* Durante el manejo agropecuario, se puede mencionar las siguientes:

- Protección y exclusión de animales en siembras nuevas de pastos cultivados, para permitir su mejor establecimiento, crecimiento y desarrollo.
- Formar y dejar praderas de reserva para poder facilitar el manejo de animales.
- Utilización más uniforme de áreas poco frequentadas por el ganado, mediante cercos que obligan a los animales a consumir en esas áreas.
- Recuperación de praderas que han sido degradadas, a través de la exclusión del ganado

- Facilita el corte de forrajes de crecimiento alto para su posterior conservación.
- Exclusión de animales de áreas peligrosas, con plantas tóxicas, etc.
- Para facilitar la rotación durante el pastoreo.

En general se tienen los siguientes tipos de cercos:

➤ ***Cerco de piedra.***

En algunos lugares de la región altoandina del Perú encontramos piedras de diferente tamaño, calidad, cantidad, que evidentemente constituye una buena materia prima con la cual se puede construir cercos. El problema principal es su elevado costo en mano de obra, tanto para su acarreo como para la construcción en sí. En el Perú antiguo eran ampliamente utilizados, por su abundancia en la Sierra y la cantidad de mano de obra disponible en ese entonces.

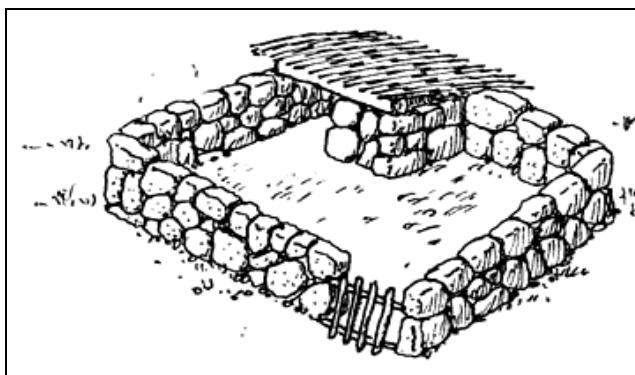


Figura 41. Cerco de piedra

➤ ***Cerco de terrones y/o champas.***

Consiste en levantar un cerco con terrones y/o champas obtenidos del suelo adyacente a ambos lados donde se va a ubicar el cerco. Dependiendo del ancho de su base, pueden alcanzar una altura de 1.50 m y la solidez que presentan es buena. En la parte superior se utiliza paja, a manera de techo, para evitar que las lluvias los debiliten. El costo de este cerco está referido sólo a la mano de obra necesaria para su construcción y en su mantenimiento.

Como desventajas podemos mencionar que, por el paso del tiempo, la lluvia termina por desgastarlo; también es susceptible de caídas por el peso de los animales que se rascan en ellos. Si consideramos que se ha excavado 1 m de ancho a cada costado del muro para obtener las “champas”, se habrá perdido por cada kilómetro lineal de cerco unos 2 000 m<sup>2</sup> de pastizales. Una variante de este tipo de cercos de tierra es el denominado cerco o muro de tapiales, que resultan de una mezcla de tierra, agua y paja que se traslada al sitio donde se ubicará el muro y que previamente ha sido encofrado con madera. Requiere de mayor tiempo para secarse completamente y exactitud en la proporción de sus componentes. Resultan de mayor altura, ancho (1 m) y mejor solidez; requieren de mayor mano de obra, tiempo y materias primas, pero su costo de mantenimiento es menor.

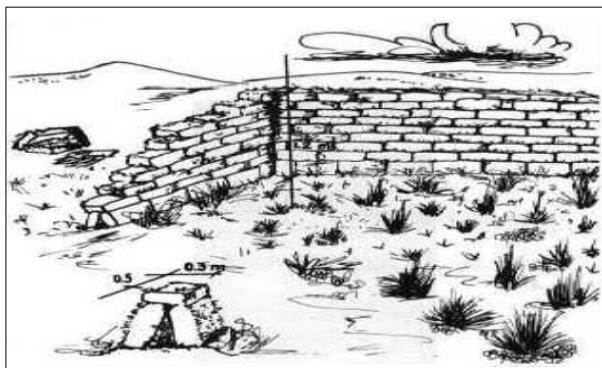


Figura 42. Construcción de cerco de terrones y/o champas

➤ ***Cerco elástico con alambre liso.***

Se utiliza alambre acerado # 12 ó alambre galvanizado # 10 u 8, los postes se colocan cada 15 a 30 m, se utilizan separadores de madera de 2" x 11/2" que llevan las mismas perforaciones que los postes y trabajan suspendidos a 5 cm sobre el suelo. Los alambres se tensan cada 300 a 500 m, esto permite utilizar la elasticidad total del alambre.

Como ventajas adicionales podemos mencionar que el alambre acerado es más elástico que el de fierro; es resistente a la herrumbre u oxidación; no produce heridas en la piel de los animales; no se “revientan” como el alambre de púas; el cerco liso al presentar mayor elasticidad, detiene mejor a los animales grandes.



Figura 43. Cerco con alambre liso

➤ ***Cerco con malla ganadera.***

Llamado también alambrada de cuadros, se diferencian por el número de hilos horizontales, que pueden ser de 4, 6 ó 9. Los hilos de alambre de la parte superior son siempre más gruesos (# 9, 10 u 11) y los restantes son menos gruesos (# 11, 12 o 14). El espaciamiento varía desde 12" (pulgadas) en cercos para vacunos y 6" para ovinos; sin embargo, este espacio se va reduciendo de arriba para abajo en la misma proporción. Los alambres horizontales llevan una “U” o pequeña doblez, al estirar la malla ganadera esta “U” debe abrirse pero no desaparecer para que el alambre conserve su elasticidad.



Figura 44. Cerco con malla ganadera. C.C. Quenco Cala Cala-Tisco-Caylloma-Arequipa. Foto R. Farfán

➤ **Cerco eléctrico.**

Los cercos temporales, como el eléctrico, deben utilizarse en cualquiera de las siguientes circunstancias:



Figura 45. Uso de cerco eléctrico.

- Para proteger cultivos temporales.
- Para proteger una siembra reciente y luego sea innecesario seguir protegiendo
- Cuando ya se estableció la pradera
- Para subdividir potreros permanentes en tablas o franjas de pastoreo
- Para efectuar rotaciones de pastoreo.
- Para rotar dormideros que abonen los pastizales.

El cerco eléctrico tiene características de ser móvil y temporal, con un mínimo de material y de mano de obra se puede cambiar su posición con frecuencia. Aunque su uso no es común en la Sierra, se debería introducir en muchos predios que explotan intensivamente la tierra.

Se requiere un “pulsador” de fábrica que transforme la corriente eléctrica de bajo a alto voltaje. Algunos utilizan baterías de 6 ó 12 voltios y/o corriente alterna de 120 voltios. La

corriente puede variar entre mil y diez mil voltios con igual efectividad, en líneas muy largas es preferible el voltaje más bajo. Del pulsador parte una línea positiva o “viva” y otra a tierra, que debe enterrarse hasta la capa húmeda del suelo. La línea se forma con alambre galvanizado # 14 ó de aluminio # 12, sostenido por postes con aisladores, cada 10 ó 20 m según el terreno, de manera que la altura de la línea de alambre alcance a 2/3 la altura del animal. Es indispensable que el alambre quede aislado y lo suficientemente tenso; los postes tienen puntas para que se claven en el suelo con facilidad.

Los animales aprenden a respetar el alambre, ya sean ovinos, vacunos, camélidos o porcinos; claro que se debe tener cuidado cuando van a aprender su “primera lección” -mejor si al alambre se le adiciona unas banderitas de papel o tela-. Es necesario que el animal “haga tierra” con las pezuñas; en terrenos muy áridos el cerco eléctrico no trabaja, también cuando el alambre hace contacto con alguna rama o el pasto crecido.

#### **5.4. REHABILITACIÓN DE ANDENES.**

El mayor objetivo de la rehabilitación de andenes es reparar y mejorar el uso de andenes que actualmente están siendo cultivados en gran parte de los valles interandinos de la sierra Peruana. Sin embargo en algunos lugares, donde existe una superficie importante de andenes abandonados, mediante su rehabilitación se puede ampliar las áreas de cultivo que generalmente son escasas en la Sierra.

El Proyecto Cusichaca Trust y el Proyecto Altura de Pronamachcs y CARE-Perú, con apoyo de USAID, realizaron trabajos interesantes en los andes peruanos, con relación a la conservación y rehabilitación de las tierras erosionadas de los valles interandinos. Se toma como referencia estos estudios para la discusión del tema en esta Sección

➤ *Definición de andenes.*

En la región andina se conoce como “anden” a un tipo de terraza de banco con muro de piedra construido por los antiguos pobladores andinos. Los andenes se ubican a manera de grandes escalones en las laderas, con los que se ha podido modificar la pendiente del terreno permitiendo su cultivo sin riesgo de causar erosión, además de otras ventajas.

Como funciones de la rehabilitación se tiene:

- Repara y mejorar andenes en actual uso agrícola.
- Rehabilitar andenes abandonados para recuperar y/o ampliar la frontera agrícola.

➤ *Consideraciones generales de aplicación.*

Antes de iniciar el trabajo de rehabilitación de andenes, es preciso tener en cuenta ciertas consideraciones técnicas, socioculturales y organizativas que de cumplirse contribuirán al éxito del trabajo.

➤ *Consideraciones técnicas:* Ellas son:

- *Disponibilidad de agua de riego.*- Es sobre todo fundamental en andenes que presentan infraestructura de riego, la cual puede estar en desuso ya sea porque se agotó la fuente de agua

o porque se deterioraron los canales de riego. En éste último caso lo recomendable es reparar previamente la infraestructura de riego antes de iniciar la rehabilitación de los andenes. En caso de que la fuente de agua se haya agotado o las condiciones climáticas de la zona no permiten asegurar el abastecimiento de agua, antes de iniciar la rehabilitación, se deben tener en cuenta estos aspectos para no crear expectativas en los beneficiarios.

- *Disponibilidad de piedras para la rehabilitación de los muros.* Se sabe que en muchos casos la propia población por diversas razones ha desmontado los andenes y trasladado las piedras del muro a otros lugares, para darles diversos usos (construcción de cercos, casas, otros). El no contar en las cercanías con piedras de tamaño adecuado (20-40 cm de diámetro) en cantidad suficiente para la reconstrucción de los muros, puede crear un inconveniente difícil de superar.
- *Evaluar el estado de conservación de los andenes.*- Por experiencias recogidas, se sugiere priorizar la rehabilitación de andenes semiderruidos en lugar de los derruidos, debido a que requieren de menor cantidad de piedras que exige la reconstrucción del muro, y la menor pérdida del suelo fértil.

#### ➤ ***Criterios técnicos de reconstrucción y mantenimiento.***

Es muy útil tener en cuenta las siguientes consideraciones técnicas (Figura 46):

- Respetar el trazado original de la cimentación de los antiguos andenes. En algunos casos éstas presentan curvas que no se pueden modificar, de lo contrario pueden provocar desestabilización de los muros
- Si por erosión de la base del muro, la cimentación antigua quedara a ras de la superficie del terreno, incluso “colgada” sobre la superficie, lo recomendable es levantar al pie del muro antiguo un muro nuevo con su respectiva cimentación como refuerzo.
- Antes de nivelar la plataforma del andén se debe separar la capa superior del suelo más rico en materia orgánica, para después de efectuar la nivelación volverla a colocar encima de la plataforma.
- Durante la reconstrucción tener en cuenta los sistemas de desagüe existentes en el andén, sobre todo en los que tienen riego debido a que si no se facilita la evacuación del exceso de agua, se puede causar el derrumbe del muro del andén.
- Determinar la época más oportuna para la rehabilitación. Lo recomendable es efectuar este trabajo al inicio de la estación lluviosa, para una mejor cimentación.
- No levantar el muro del andén sin antes haber terminado de nivelar la plataforma. Lo recomendable es que, conforme se esté nivelando la plataforma también se vaya levantando el muro. Al final es recomendable levantar el muro por lo menos 30 cm por encima de la plataforma. Esto le da mayor protección al andén contra la erosión.
- En caso de andenes muy ruinosos, donde se debe efectuar una nueva cimentación, ésta debe ser lo más profunda posible (más de 0,50 m).

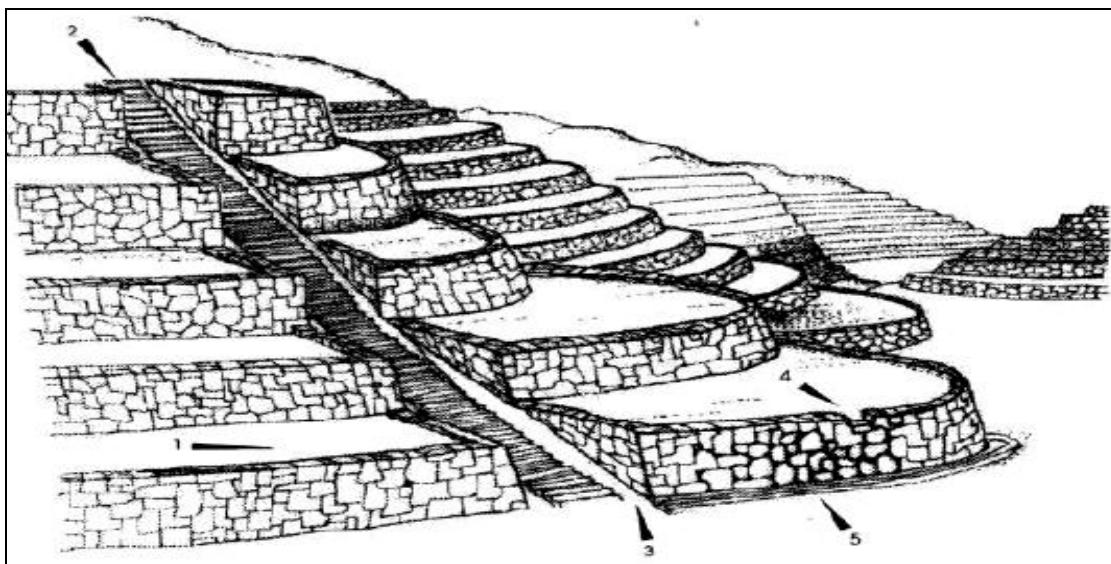


Figura 46. Muestra de un andén rehabilitado (Pinedo J et al. 2009). 1) Terraza 2) Vía de acceso 3) Acequia 4) Boquerón de salida del agua 5) Acequia de drenaje

➤ ***Materiales y herramientas utilizados.***

Entre los materiales utilizados se tiene: piedras angulares de 30 a 50 cm de diámetro. Es útil, además contar con una wincha de 20 a 30 m, estacas y cordel. El tipo de herramientas utilizado para la rehabilitación de andenes es variada según las zonas, pero mayormente se usan los siguientes: pico, zapapico, azadón, barreta, carretilla, lampa o pana, nivel “A” y cincel.

➤ ***Proceso de reconstrucción.***

Una vez elegido el lugar donde los andenes serán rehabilitados, se procede así:

- Primero se realiza la remoción de las piedras que se encuentran diseminadas en las antiguas plataformas y que proceden de los muros derrumbados de los andenes superiores.
- Se acumula dichas piedras en el borde del andén.
- Se descubren los antiguos cimientos haciendo limpieza de las piedras que la conforman.
- Las piedras que habían sido amontonadas en el borde de las plataformas son utilizadas para reparar las brechas del muro. Las piedras de mayor tamaño se colocan en la base y poco a poco se va levantando el muro.
- El espacio que queda entre el muro y el talud de tierra del terraplén se va rellenando con piedras de menor tamaño hasta llegar al mismo nivel del muro.
- Los espacios que quedan entre las piedras grandes se van tapando con piedras de menor tamaño.
- Una vez levantado el muro por encima de la plataforma (aproximadamente de 30-50 cm), se procede a su nivelación. Para ello, se debe retirar cuidadosamente la capa superior del suelo más oscura, por su contenido de materia orgánica y acumular al costado del andén.
- Una vez efectuada la nivelación (completa o parcial) de la plataforma, se distribuye sobre la superficie del suelo la capa superior del material previamente aislado.
- Si los andenes estuvieron provistos de riego, se deberá también reconstruir los canales.
- De la misma forma, se deben proceder a la rehabilitación de los drenes de desagüe.



Figura 47. Rehabilitación de un andén. Tomado de Kendall. Cusichaca Trust 2005

➤ ***Ventajas y desventajas de su aplicación.***

Algunas ventajas de la rehabilitación de andenes son las siguientes:

- Parte del trabajo ya está hecho y con una adecuada reparación se puede lograr, en poco tiempo, poner en uso una de las tecnologías más eficientes para la conservación del agua y del suelo.
- En la mayoría de los andenes sobre todo en aquellos bien conservados o semiderruidos, el suelo disponible para el cultivo es mucho más profundo y fértil que el suelo de la ladera, justificando así su incorporación a la agricultura.
- Con la rehabilitación de andenes se obtiene mayor producción y productividad.
- Disminuye la intensidad de las heladas.
- Contribuye a la ampliación de la frontera agrícola.

Entre las desventajas que puede presentar el trabajo de rehabilitación de andenes, cabe señalar los siguientes:

- A falta de un adecuado mantenimiento de los andenes rehabilitados, al cabo de algún tiempo pueden volver a destruirse.
- El difícil acceso que puedan presentar algunas áreas puede restringir su uso sostenido.
- El proceso de rehabilitación de andenes muchas veces es interferida por instituciones encargadas de su protección, por considerarlas obras intangibles.

## 5.5. NIVEL “A”

El nivel “A” ó nivel “cholo” es un instrumento de fácil construcción, manejo y bajo costo, que permite el trazado de curvas a nivel o curvas en contorno con cierto declive, instrumento indispensable en la ejecución de obras mecánico-estructurales para la conservación de suelos.

➤ ***Construcción.***

*Materiales requeridos.-* Son los siguientes:

- Dos palos de 2.10 m y uno de 1.10 m de longitud, de no menos de 1" de diámetro, en lo posible rectos, rígidos y livianos. Los extremos no deben terminar en punta para evitar que se hundan en el suelo. Pueden ser de quishuar, aliso o eucalipto.
- Estas medidas de palos permiten construir un nivel en A “estándar” que además servirá para el trazo de curvas con pendientes determinadas.
- Contar con 4-5 m de cordel, pita o pabilo resistente.
- Una piedra pequeña que sirva de plomada, con un peso aproximado de 150 a 200 g.

*Procedimiento.-*

Se amarran los palos grandes por uno de sus extremos. El amarre debe efectuarse cuidadosamente a fin de que los palos se sujeten bien y no se muevan (Figura 48).

- Se amarra el tercer palo en sentido transversal con respecto a los otros dos, formando una “A”. Es importante que el nivel esté amarrado formando un triángulo equilátero de 2 m de lado y que el travesaño esté ubicado exactamente a un metro en la mitad de las patas.
- Los amarres de los palos del nivel deben ser en forma cruzada o en forma de T.
- Para terminar, se procede a colocar la plomada o piedra. Para ello, se amarra bien la piedra en el extremo inferior del cordel y el otro extremo se sujetta firmemente en el centro del extremo superior del nivel en “A”. La plomada debe colgar a 10 cm por debajo del travesaño, pero sin llegar al suelo.



Figura 48. Materiales y proceso de construcción de un nivel en “A”

➤ ***Calibración.***

Esta operación es muy importante ya que de nada serviría el cuidado puesto en la construcción del nivel en “A” si no está bien calibrado. Los pasos a seguir son las siguientes:

- Se coloca el nivel en “A” en un lugar inclinado del terreno. Se marca con estacas o con señales el lugar ocupado por ambas patas y cuando la plomada a dejado de moverse, se marca con lápiz el punto de intersección del cordel con el travesaño del instrumento, éste punto se marca como A.
- Se invierte la posición del instrumento de tal modo que la pata derecha ocupe el lugar de la izquierda y esta la posición de la derecha. Se espera nuevamente que la plomada se estabilice y se marca la intersección del cordel con el travesaño del nivel. Este punto se marca como B.
- Se mide la diferencia entre punto A y B del travesaño y se hace una tercera marca en la mitad de esa distancia. Este punto se marca como “0” y será el punto del nivel.

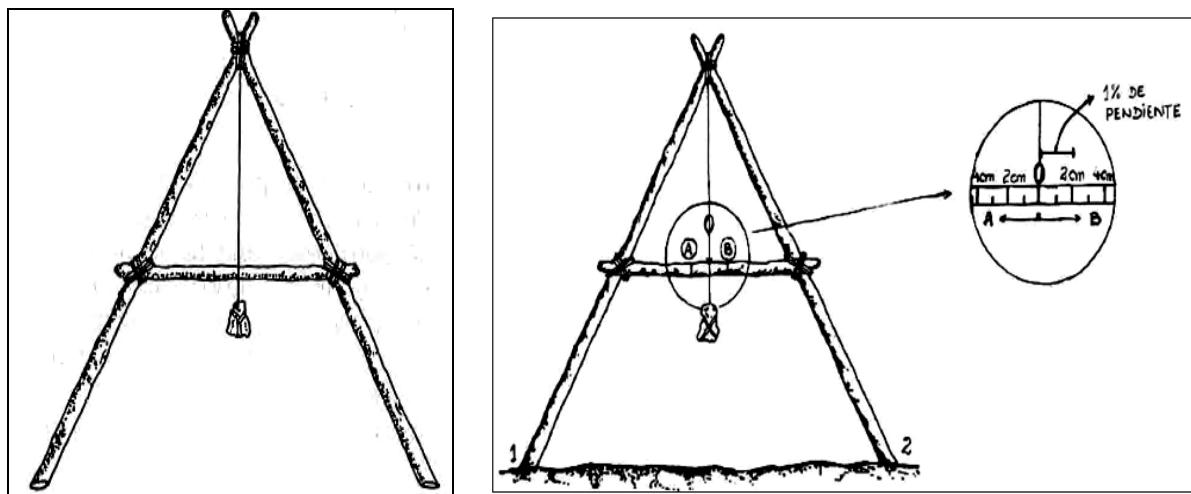


Figura 49. Proceso de calibración de un nivel “A”

- Cuando el cordel de la plomada pasa por el punto cero, las dos patas del instrumento estarán a nivel, quedando calibrado y listo para su uso.
- Luego con ayuda de una wincha se marca en el travesaño a partir del punto cero en centímetros hacia la izquierda y/o derecha, teniendo que cada 2 cm equivale a 1% de pendiente en el terreno.

#### ➤ *Uso de nivel en “A”*

El nivel en “A” se usa para el trazado de líneas o curvas de nivel en el terreno, las cuales sirven de líneas guías para la construcción de diversas obras mecánico-estructurales de conservación de suelos y también para el trazado de curvas en contorno con cierto declive. Esto se requiere por ejemplo para el trazado de canales de riego, canales de desviación, acequias de laderas.

Para trazar una curva de nivel se procede de la siguiente manera:

- Se coloca una de las patas del nivel en el punto inicial de la curva a trazar en el terreno (punto 1).
- La segunda pata es desplazada mediante un movimiento pendulatorio, de arriba hacia abajo en sentido de la pendiente del terreno hasta que el cordel de la plomada coincida con la marca “0” del travesaño. Ello nos estaría indicando que las dos patas se encuentran a nivel.

- Se traslada el instrumento de tal modo que la pata ubicada antes en el punto 1 se coloca en el punto 2. Se repite la misma operación anterior, hasta encontrar un tercer punto a nivel (punto 3) y así sucesivamente, hasta efectuar el trazado de toda la curva a nivel según la longitud que se le quiera dar. Se debe marcar cuidadosamente cada uno de los puntos, recomendándose que cada 10 m se haga la corrección del trazo, para obtener la curva definitivamente con ayuda de un zapapico.

## 5.6. QUEMA DE PASTIZALES.

El fuego ha sido desde siempre una parte natural de los ecosistemas, con más prevalencia en unas áreas que otras. Su potencial de ignición depende de la fuente de combustible, cantidad y continuidad de combustible, humedad del material que combustionara, de las condiciones meteorológicas, etc.

El fuego en la naturaleza ha ocasionado diferentes respuestas en la vegetación; en la mayoría de los ecosistemas el fuego resulta ser el catalizador natural que provee estabilidad en ellos. Sin fuego muchas comunidades vegetales soportarían una acumulación excesiva de material combustible, sobre incidencia de plagas y enfermedades, estancamiento del crecimiento e inadecuada reproducción.

La vida silvestre, en la mayoría de los casos, aunque parezca contradictorio, declina en su número de miembros y su propia diversidad en ausencia del fuego, excepto en arbustales. Sólo los desiertos con menos de 170 mm de precipitación pluvial, escapan a la influencia del fuego en sus ecosistemas debido a la escasez de combustible fino. (Wright 1982). El uso del fuego en los ecosistemas representa un elemento con alto riesgo de manejo cuando no se cuenta con las condiciones adecuadas para su prescripción y conducción. El fuego no controlado puede llegar a convertir un ecosistema en un desastre ecológico y llegar a ser una amenaza para el hombre mismo.

El sobrepastoreo y subpastoreo han constituido por muchos años un problema en el manejo de pastizales con animales. Existiendo propuestas para mitigar los efectos del sobrepastoreo a través de prácticas de resiembra, clausuras temporales y la implementación de sistemas de pastoreo apropiados. En el caso del subpastoreo las estrategias para su mitigación están orientadas a prácticas que esencialmente logran remover el material senescente acumulado, lo que se puede lograr con una alta presión de pastoreo o con el uso del fuego, es decir la quema prescrita (Argote 1999).

Se tienen referencias de los efectos no deseables del fuego en ecosistemas, lo cual fácilmente se convierte en noticia; pero, es necesario conocer también los efectos deseables del fuego prescrito. El fuego en ecosistemas es una herramienta versátil que puede lograr varios objetivos simultáneamente en muchas comunidades de plantas.



1. Campo en plena combustión



2. Descanso después de la quema



3. Rebrote después de la quema

Figuras 50, 51 y 52. Proceso de quema controlada de pastos naturales en IVITA-La Raya. Fotos R. Farfán

Otra condición a tomar muy en cuenta es la experiencia en el manejo del fuego que deben tener las personas que han de utilizarlo.

La temperatura sobre la superficie del suelo de los pastizales de gramíneas, en las que se puede encontrar entre 1685 a 7865 kg/ha de materia orgánica seca (combustible), puede oscilar entre 82 °C y 682 °C. La temperatura ambiente, la humedad relativa y la humedad del suelo, parecen no afectar la temperatura de la superficie del suelo del pastizal en combustión. El viento sí tiene efectos notables en el fuego, se observa que el incremento del viento, de una leve brisa a viento moderado (con la consecuente ventilación de las llamas) causa una elevación de la temperatura de 78 °C a 156 °C al nivel del pastizal. (Wright, 1982).

Debajo de la superficie del suelo de pastizales las temperaturas decrecen, se conoce que a profundidades de 30 a 60 cm la temperatura es del orden de 66 °C a 79 °C, esta temperatura tiene un efecto directo sobre la materia orgánica del suelo, el edafón (flora y fauna del suelo) y las reacciones bioquímicas.

Encima de la superficie del suelo, entre los 6 a 15 cm, la temperatura se incrementa al doble que la temperatura a ras del suelo, dependiendo, claro está, de la cantidad de combustible y de la velocidad del viento, a partir de esa altura la temperatura desciende.

En lo que se refiere a los efectos del calor sobre las comunidades de plantas se tiene diversas respuestas que son interesantes de conocer:

- *Semillas*.- Son generalmente muy tolerantes al calor. Se ha demostrado que las semillas de gramíneas pueden tolerar temperaturas en un rango de 82 °C a 116 °C por espacio de 5 minutos y, en ocasiones, ello incrementa el porcentaje de germinación; entonces, si las semillas están levemente cubiertas con tierra pueden sobrevivir a un fuego relativamente intenso. El fuego tendrá un ligero efecto negativo sobre las semillas dormantes de gramíneas que se encuentran a la intemperie, sobre el suelo.
- *Tejido vascular de las plantas*.- Estos tejidos son fácilmente destruidos por el fuego si éste es mantenido por más tiempo que el adecuado. La humedad de la planta, la cual está asociada al estado fenológico (estado de crecimiento) de la planta, incrementa la susceptibilidad de las plantas al calor. La temperatura de 60 °C por 10 minutos está dada como el punto termal letal de los tejidos de las plantas.

La excesiva acumulación de materia orgánica seca en los pastizales disminuye la producción de forraje y semillas durante la época húmeda y reduce la actividad bacterial y, en consecuencia, el proceso cíclico de los nutrientes es retardado, particularmente en la temporada y en lugares fríos. En la época de estío la materia orgánica seca es importante para el ahilamiento y protección del suelo, para evitar el estrés de las plantas por sequía y la baja en la producción de forraje.

Cuando la humedad del suelo es adecuada, las temperaturas después del incendio contribuyen a aumentar la nitrificación de la materia orgánica e incrementar la producción de forraje de los pastizales, comparando con los pastizales no quemados.

La quema no controlada ocasiona cambios dramáticos en los nutrientes, contenido de agua, temperatura y pH del suelo, todo lo cual causa una reducción en el número de microorganismos del suelo. La materia orgánica seca no sólo sirve para absorber y retener humedad sino que reduce la evaporación y la pérdida de humedad de los organismos vivos del suelo.

- *Volatilización de elementos.*- El nitrógeno y azufre se volatilizan fácilmente en la quema a 200 °C, otros elementos requieren temperaturas aún más altas para su desaparición del suelo. La cantidad de elementos minerales puede verse incrementada, en una profundidad entre 2.5 y 5 cm, en suelos donde se ha quemado la materia orgánica seca; la cantidad de incremento es directamente proporcional a la cantidad de material incendiado. Los elementos que no han sido volatilizados son translocados al interior del suelo mineral, lo que resulta en una ganancia neta en este sentido; por ejemplo: la adición de calcio, producto de la quema de materia orgánica seca, tiene un efecto favorable en el crecimiento de las bacterias, las que producirán más nitrógeno por la mineralización de la materia orgánica. A despecho de la rápida descomposición de material orgánico y pérdida de nutrientes, que ocurren durante la quema, grandes cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio y azufre son rápidamente solubilizados. Muchos de estos elementos, antes de la quema, presentes en materia viva o inerte en zonas frías o secas, no estaban disponibles para su utilización por las plantas y, por los efectos de la quema ahora sí lo están. De igual forma, la concentración de iones hidrógeno (pH) en el suelo decrece después de la quema.

#### ➤ *Quema controlada.*

La quema controlada es una ciencia y un arte que requiere un soporte en las condiciones meteorológicas, en la conducta del fuego, el combustible, ecología de las plantas, buen juicio y experiencia, para hacerla segura y efectiva.

El secreto de la quema controlada es dejar que las condiciones del tiempo trabajen por uno. Cuando todos los factores medioambientales son adecuados, el trabajo se hace fácil. Para contar con una máxima seguridad se debe preparar adecuadas “líneas de fuego” o límites para el fuego, que no debe sobrepasarlas; en muchas ocasiones, estas líneas de fuego pueden estar constituidos por un río, riachuelo, carretera, arenal, excavaciones anchas, paredes altas, barreras naturales, etc. Se debe recordar que para la quema controlada el problema no es el fuego en sí, sino una inadecuada planificación. La humedad óptima del suelo debe ser uno de los requisitos prioritarios para un control adecuado de la quema, junto con la intensidad del viento. Las gramíneas tienen, relativamente, una baja volatilidad (capacidad de arder), por lo que esta condición ayuda en la planificación de la quema. Los arbustos, como la tola, tienen una condición de alta volatilidad por lo que es usada como combustible casero y a veces hasta industrial.

#### ➤ *Consideraciones para la quema controlada.*

- *Humedad Relativa.*- Una humedad relativa del 40% es el valor recomendado. Debajo de esta cifra el combustible fino arde fácilmente; por encima de este valor, el rango de propagación del fuego disminuye significativamente y arde con dificultad. Se debe recordar que el objetivo de la quema es incinerar solamente la parte aérea seca de las plantas. Como referencia, se puede mencionar que la temperatura ambiental es importante si es mayor a 15 °C, lo cual puede causar fuegos incontrolados. Por debajo de este valor las posibilidades de daño a la ecología son menores.
- *Velocidad del Viento.*- El viento afecta en forma directa la quema, influyendo el rango de oxígeno (elemento necesario para cualquier combustión) que aplica al combustible

ardiendo. Un viento fuerte incrementa el área de propagación del fuego, arremetiendo las llamas hacia nuevos campos de combustible, perdiendo la eficiencia de la quema; además, dificulta grandemente su control y seguridad.

En la zona altoandina usualmente la práctica de realizar una quema controlada se realiza a partir de las 5 a.m. hasta las 7 a.m., hora en que empieza a ventear por el movimiento de masas de aire frías y calientes al salir el sol y la velocidad del viento suele ser menor a 15 km/hora.

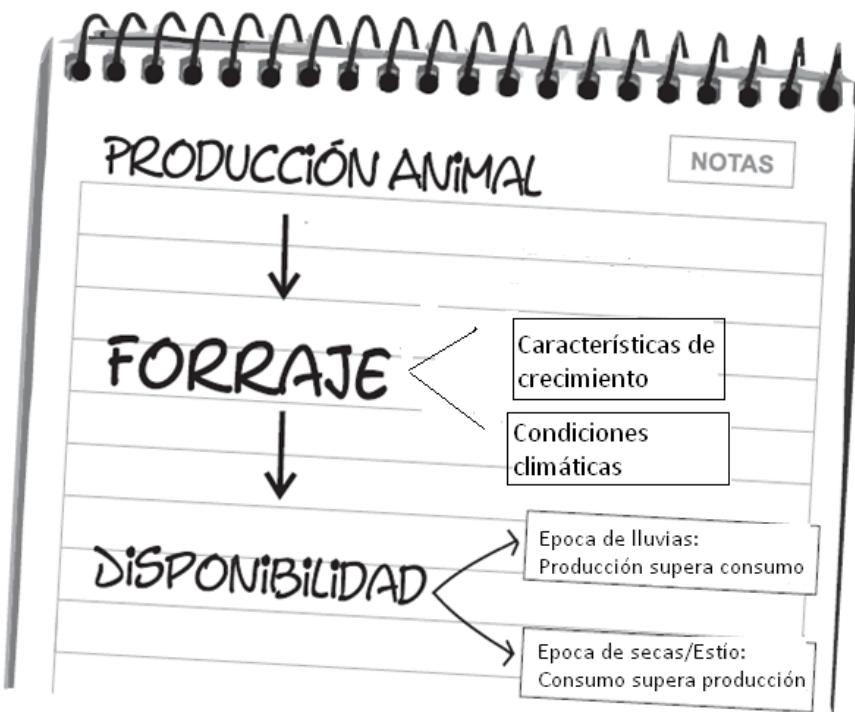
- *Topografía*.- La topografía afecta el comportamiento del fuego. La propagación del fuego en una cuesta empinada es semejante al producido por un fuerte viento. Sobre una ladera de 20 a 40% de inclinación la propagación del fuego es al doble de velocidad que en un terreno plano (Southwest Interagency Fire Council, 1968).
- *Líneas de Fuego*.- Constituyen las delimitaciones de seguridad del área a ser quemada, su ancho varía de acuerdo al tipo y objetivos de la quema. En pastizales, un ancho de 2 a 6 m es adecuado y siempre deben ser practicadas a distancia del área a ser quemada. En ocasiones el fuego puede “reavivarse” 8 a 12 semanas después que la quema ha sido completada, de manera que las líneas de fuego cumplen doblemente su función.

Las líneas de fuego suelen ser también los caminos o carreteras, ríos o riachuelos, arenales, barreras naturales como laderas pedregosas, zanjas excavadas o aradas, etc, siempre con la condición que no contengan material que pueda arder y propagar el fuego.

La quema es una actividad que se la debe practicar sólo cuando es absolutamente necesaria y se recomienda un espaciamiento de por lo menos tres años entre quemas en la misma área. Insistimos en recomendar una cuidadosa planificación previa y contar para su realización con personas experimentadas. Además de estar atentos ante cualquier causa o motivo de un incendio accidental que por ser muy difícil de controlar es totalmente peligroso tanto para la ecología del lugar como para la vida de las personas.

## **6. PRODUCCION Y MANEJO DE PRADERAS MEJORADAS.**

La producción animal se basa fundamentalmente en la utilización del forraje verde como insumo principal. Sin embargo, la producción forrajera sufre variaciones a lo largo del año que dependen de las características de crecimiento del forraje utilizado y de las condiciones climáticas. Estas condiciones hacen que la disponibilidad de forraje en la Sierra y Altiplano Peruano sea alta en la época de lluvias, durante los cuales la producción de forraje supera el consumo que realizan los animales, mientras que en los meses de secano y/o estío el consumo supera a la producción, por tanto, la disponibilidad será insuficiente.



En años recientes, en general en el mundo, se ha producido un espectacular incremento en el conocimiento sobre manejo y utilización de las praderas mejoradas en pastoreo. Con seguridad, actualmente se conoce como funcionan las plantas (pastos), además, la respuesta real de éstos frente a la aplicación de nutrientes como nitrógeno y otros. Sobre todo se puede prever el daño que pueden causar los fertilizantes convencionales al medio ambiente y los seres vivos, aplicando a las plantas lo estrictamente necesarios para su funcionamiento y producción. Por ello, es de vital importancia que el productor conozca sobre los aspectos fisiológicos de la planta, su producción, calidad nutritiva y sobre todo el manejo óptimo de los pastos en el campo. También, es conocido que a nivel regional, países como Brasil, Argentina, Colombia y Chile han dado saltos espectaculares en el conocimiento de nuevas tecnologías para el incremento de la producción animal (carne, leche, lana y otros), con la utilización de pasturas mejoradas de bajo costo. Precisamente en este Capítulo se tratará de explicar el fundamento básico del funcionamiento de las plantas y su utilización en el manejo racional de los pastos. Siendo el tema de conocimiento amplio y tratados por muchos autores en trabajos realizados en la región, se recurrirá a algunos de ellos, como al trabajo elaborado por Teuber,N y otros (2007) sobre Manejo del Pastoreo.

## 6.1. CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS FORRAJERAS.

Es particularmente importante conocer sobre el proceso de la *fotosíntesis*. Que es un proceso físico-químico por el cual las plantas, algas, bacterias fotosintéticas, utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. Se trata de un proceso fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y el clima terrestres: cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10% del dióxido de carbono atmosférico (Figura 53).

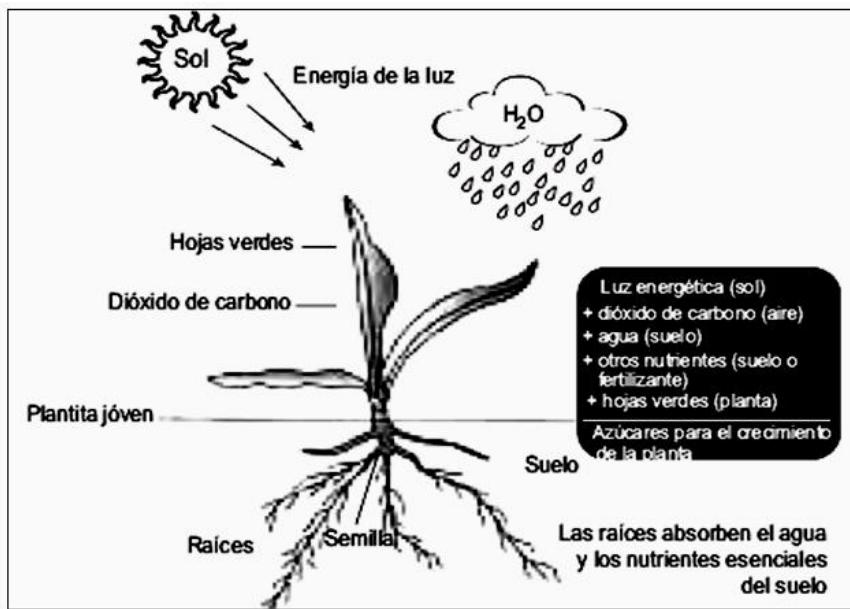


Figura 53. Proceso de fotosíntesis

La particularidad que tienen las plantas forrajeras perennes es que pueden sobrevivir y crecer bajo un sistema de defoliación permanente. Esta habilidad está dada por la ubicación de sus “puntos de crecimiento” o yemas que se encuentran muy cerca al suelo y protegidas del daño directo animal o del corte mecánico.

Los principales grupos de plantas que conforman la pradera son las gramíneas, leguminosas y especies de hoja ancha. A continuación se describe el proceso de crecimiento usando como referente en el grupo de las gramíneas el *Lolium perenne* (ryegrass inglés) y en las leguminosas el *Trifolium repens* (trébol blanco).

#### 6.1.1. Gramíneas forrajeras (*Lolium perenne*).

La estructura básica de una gramínea es el macollo, en consecuencia una gramínea está formada por un conjunto de macollos. Cada macollo está constituido por hojas, tallo y raíces, teniendo la capacidad de producir nuevos macollos a partir de yemas ubicados en la axila de las hojas. La vaina forma una estructura tubular que corresponde a un pseudo tallo.

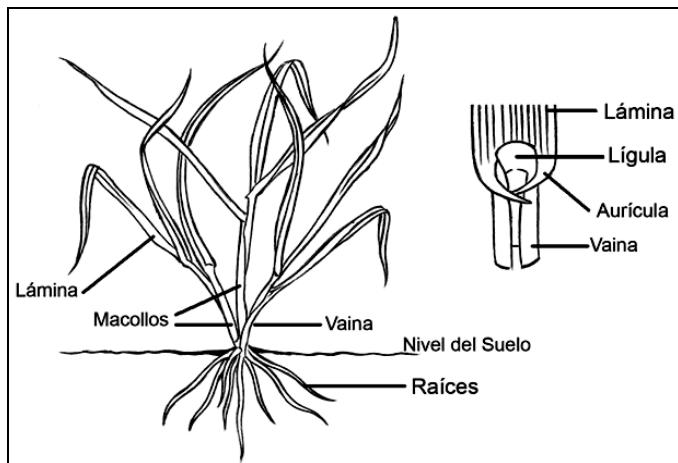


Figura 54. Planta de gramínea. Tomado de Teuber y otros (2007)

Cuando la planta se encuentra en un estado vegetativo, el tallo verdadero se ubica a nivel del suelo, es de tamaño muy pequeño y corresponde a una serie de nudos y entrenudos no elongados. La hoja de una gramínea esta formado por lámina, vaina, lígula y aurícula. Las características morfológicas de éstas permiten el reconocimiento de muchas gramíneas en estado vegetativo.

➤ ***Origen y crecimiento de las hojas.***

Durante la fase de crecimiento vegetativo el tallo posee unos pocos centímetros de extensión y está ubicado dentro de la vaina de las hojas en la base del macollo, a nivel del suelo. Las hojas nacen en el ápice del tallo o punto de crecimiento, primero como protuberancias microscópicas que se ubican alternativamente en el tallo, aumentando en edad y tamaño, a medida que se alejan del ápice. La producción de nuevas hojas es un proceso continuo durante la vida de un macollo.

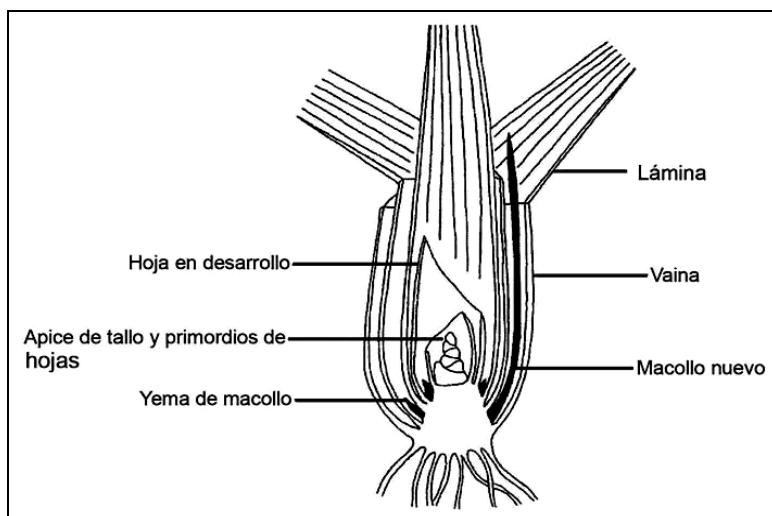


Figura 55. Diagrama de un macollo en estado vegetativo.

Tomado de Teuber y otros (2007)

Durante el desarrollo de una hoja, el tejido meristemático que genera el crecimiento, permanece en su base. Por una continua división y elongación las células de la vaina y la lámina se desarrollan por el interior de las vainas correspondientes a las hojas más viejas, a su vez éstas, encierran a otras más jóvenes que están iniciando su crecimiento. Cuando la nueva lámina foliar emerge de entre las vainas de las hojas más viejas, se inicia su actividad fotosintética. La tasa de aparición de hojas varía con la época del año. En la época de transición en la sierra (Setiembre-Diciembre), el período de aparición de hojas puede ser de tres semanas (21 días); sin embargo, en la época de lluvias puede ser un poco más de una semana (7 días). La tasa de aparición de hojas está positivamente relacionada a la temperatura y radiación solar a la cual la planta está expuesta. En ryegrass, la temperatura óptima para el crecimiento está entre 22 y 25 °C. Las hojas sucesivas que produce cada macollo van en continuo aumento de tamaño. La senescencia comienza en la punta de la hoja más vieja. Mayor senescencia y muerte de hojas ocurre en condiciones de sombreado de una pradera con gran cantidad de follaje disponible.

### ➤ *Origen y crecimiento de los macollos.*

En el tallo y ubicado en la axila de cada hoja existe una yema, la que en condiciones favorables puede dar origen a un nuevo macollo. Potencialmente un macollo puede producir tantos nuevos macollos como hojas produzca. La tasa de macollamiento es altamente dependiente de las condiciones ambientales. En general, un aumento en la temperatura incrementa el macollamiento, pero la temperatura óptima está alrededor de los 15° C y es menor que para la aparición de hojas. La intensidad luminosa tiene un efecto positivo sobre el macollamiento, no así, el sombreado. El aporte de nutrientes del suelo, especialmente el incremento de nitrógeno, fósforo y potasio, aumenta la tasa de macollamiento mostrando el nitrógeno una interacción positiva con los otros dos elementos. En las gramíneas perennes, el macollamiento es el mecanismo que les permite perpetuarse en el tiempo. Las plantas gramíneas producen nuevos macollos a través de todo el año y su vida está limitada normalmente a no más de un año. En condiciones climáticas favorables el tallo puede elongarse y producir una inflorescencia (espiga o panoja), cambiando a una etapa de crecimiento reproductivo. Como consecuencia de este estado de crecimiento, se detiene la formación de nuevas hojas en ese macollo. No todos los macollos de una planta perenne producen inflorescencia, muchos permanecen en estado vegetativo. El sistema de defoliación a que se somete la planta afecta el número de macollos y su sobrevivencia. Aunque cada macollo tiene una vida finita, su producción continua le confiere perennidad a las gramíneas ya sea como plantas individuales o como comunidad vegetal o pradera.

### ➤ *Crecimiento reproductivo.*

El momento en que una planta de gramínea pasa de estado vegetativo a reproductivo está regulado por la longitud del día (fotoperíodo). La mayoría de las gramíneas perennes son plantas de día largo y el cambio de su estado de desarrollo se produce como respuesta a un estímulo foto-luminoso transferido desde las hojas al ápice del tallo. Sin embargo, antes de que el ápice del tallo comience su crecimiento reproductivo, las plantas deben ser inducidas por días cortos y bajas temperaturas. La satisfacción del requerimiento de baja temperatura (entre 0 y 10 °C), es conocido como vernalización. El paso de estado vegetativo a reproductivo genera cambios en el tallo del macollo. Comienza con la formación de la espiga o panoja en el ápice del tallo y posteriormente con la elongación de internudos ubicados inmediatamente bajo la inflorescencia. Este proceso eleva la espiga a través de las vainas hasta su emergencia de entre la vaina de la hoja superior, la cual es conocida como hoja bandera.

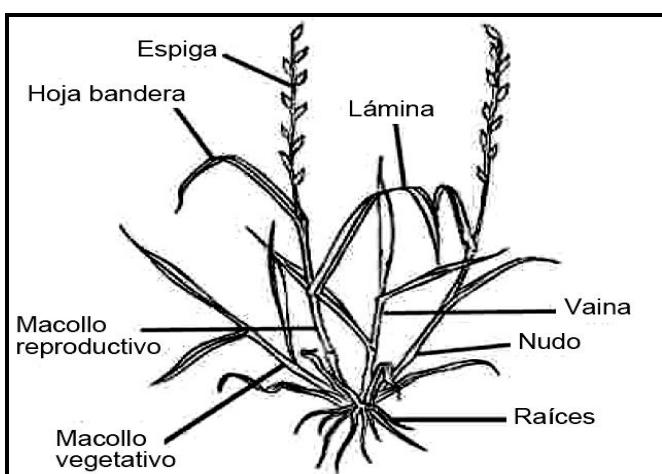


Figura 56. Ryegras perenne en estado reproductivo. Tomado de Teuber y otros (2007)

Después de algunas semanas de emergencia de la inflorescencia, el proceso reproductivo continúa con la apertura de las flores, antesis, polinización y la formación de semillas. De los macollos que pasan a estado reproductivo, el ápice de su tallo o punto de crecimiento se eleva (va junto con la espiga) y por lo tanto al ser pastoreado o cortado, no tiene capacidad de rebrotar. En este caso la capacidad de recuperación de la pradera depende del crecimiento de nuevos macollos que permanecieron en estado vegetativo, que son los responsables de continuar con la vida o perennidad de la planta.

#### **6.1.2. Leguminosas forrajeras (*Trifolium repens*).**

El trébol blanco es la leguminosa más común en las praderas permanentes de la zona interandina y altiplánica del Perú. Es una planta de crecimiento postrado que se desarrolla en base a tallos rastreros denominados estolones que cumplen una función equivalente a los macollos en las gramíneas.|

##### ➤ **Crecimiento vegetativo.**

En el trébol blanco, luego de la germinación de la semilla aparecen los dos cotiledones, emergiendo la primera hoja verdadera. Esta es una hoja simple o unifoliada, a la que continúan las hojas trifoliadas o verdaderas, que son típicas de todos los tréboles, razón por la que éstos pertenecen al género *Trifolium*.

El tallo primario que se origina a partir de la primera hoja alcanza escaso crecimiento debido a que casi no ocurre elongación de los entrenudos. El ápice del estolón genera hojas alternas soportadas por un pecíolo. A partir de las yemas axilares de las hojas del tallo primario, se generan los estolones que crecen en forma radial y rastrera. En el ápice de cada estolón se generan las hojas, las que nacen de los nudos y cada una posee una yema axilar. De éstas yemas axilares posteriormente pueden nacer estolones secundarios, de ellos estolones terciarios y así sucesivamente; pudiendo llegar a cinco o más categorías a partir de una planta original. Los estolones tienen la capacidad de elongarse considerablemente y pueden enraizar en todos o algunos de sus nudos; produciendo en ellos raíces adventicias. Eventualmente después de un tiempo los estolones secundarios o terciarios, etc, pueden adquirir vida independiente de la planta madre.

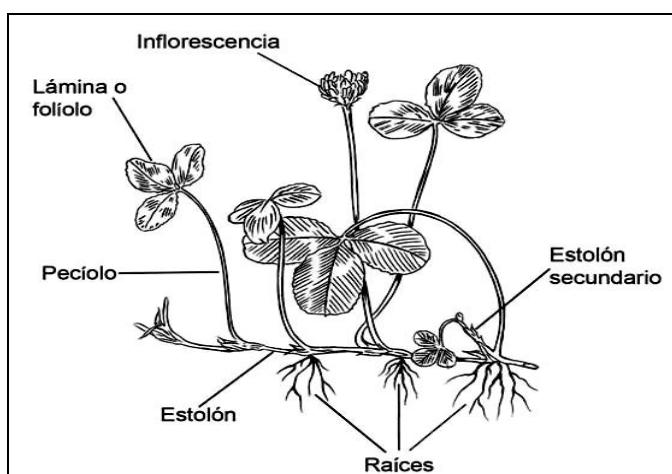


Figura 57. Estolón y esquema de la morfología de trébol blanco. Tomado de Teuber y otros (2007)

El hábito de crecimiento postrado y estolonífero le otorga al trébol blanco una movilidad que el ryegrass no tiene y explica su éxito como especie constituyente de praderas de pastoreo, que otras leguminosas de crecimiento erecto no tienen y son más sensibles al pastoreo (e.g. trébol rosado, alfalfa, etc.). Debido a la morfología del trébol blanco, una alta proporción de la materia seca (carbohidratos solubles) se encuentra en los estolones, los cuales no son consumidos por los animales.

➤ ***Crecimiento reproductivo.***

El inicio del desarrollo reproductivo y la formación de flores están regulados por la longitud del día y la temperatura ambiental. En general, éstas leguminosas pasan al estado reproductivo cuando alcanzan una determinada longitud del día u horas luz. El número de flores aumenta a medida que las horas luz se incrementan. Las yemas nacen de las hojas axilares y de las hojas en el ápice del estolón, por esta razón la planta de trébol blanco puede producir simultáneamente nuevas hojas y flores. Durante el período de crecimiento reproductivo, a diferencia de los macollos en las gramíneas, los puntos de crecimiento del trébol blanco permanecen en el estolón a nivel del suelo y la producción de nuevas hojas trifoliadas no es inhibida por el desarrollo reproductivo.

➤ ***Rebrote de la pradera y ubicación de los puntos de crecimiento.***

La principal característica de las gramíneas y algunas leguminosas como el trébol blanco, que las hacen tan apropiadas para su utilización en pastoreo y le permite sobrevivir a una defoliación frecuente e intensa, es la posición de sus puntos de crecimiento, los que frecuentemente no son removidos o dañados por el pastoreo. En el caso de las gramíneas en estado vegetativo el punto de crecimiento (ápice del tallo) está ubicado a nivel del suelo, permaneciendo bajo la altura de utilización. El pastoreo permite un incremento en la penetración de la luz a la base de los macollos y estolones, manejo con el cual se estimula el macollamiento de las gramíneas y se incrementa la población de puntos de crecimiento en el trébol blanco. La recuperación de la pradera en el caso indicado se produce por la generación de nuevos macollos y por el crecimiento de hojas jóvenes, las cuales continúan su desarrollo originado por los puntos de crecimiento ubicado en la base de la planta.

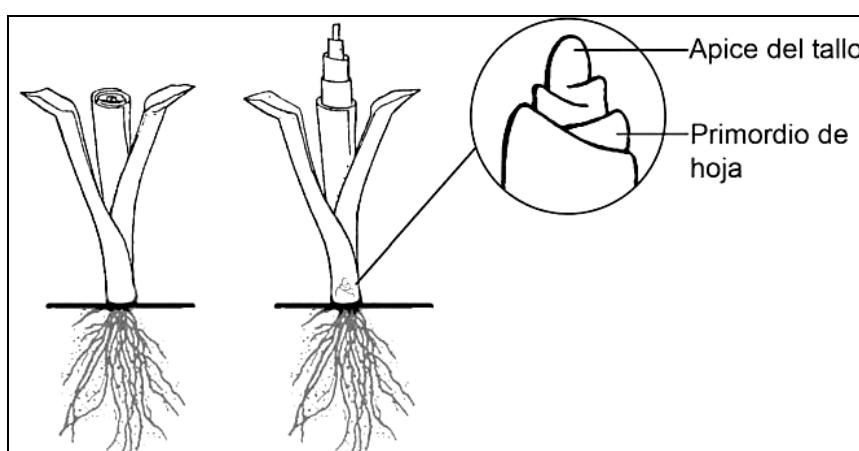


Figura 58. Macollo inmediatamente después de la defoliación (izquierda), algunos días más tarde (derecha). Tomado de Teuber y otros (2007)

En caso de un macollo en estado reproductivo la elongación del tallo eleva el ápice del tallo sobre el nivel de corte o pastoreo. Esto significa que durante esta etapa cada macollo que es cortado no puede recuperarse y muere. En este caso el rebrote proviene de nuevos macollos que se generan de yemas axilares en la base del macollo reproductivo que ha sido cortado, o de macollos que han permanecido en estado vegetativo. Cuando una pradera es utilizada en pastoreo, se debería evitar la elongación de los tallos y la floración por medio de pastoreos sucesivos; lo que evita el efecto de dominancia apical y posibilita un rebrote más rápido y consecuentemente mayor tasa de macollamiento. En leguminosas de crecimiento postrado como el trébol blanco, después del pastoreo queda un residuo donde permanecen los estolones, los cuales poseen los puntos de crecimiento y las yemas axilares que son sitios donde se produce el nuevo crecimiento. En esta misma especie de leguminosa, la nueva producción de hojas trifoliadas ocurre de los puntos de crecimiento que no han sido dañados y del desarrollo de nuevos estolones generados en las yemas axilares de las hojas más viejas. Durante la época reproductiva el proceso es similar, excepto que las yemas axilares pueden dar origen a inflorescencias en vez de nuevos estolones. Es muy importante mencionar que la máxima tasa de crecimiento y producción de materia seca se obtiene cuando la pradera es mantenida en el IAF (Índice de Área Foliar) óptimo. Sin embargo, se debe tener presente que la eficiencia fotosintética de las hojas disminuye con la edad y las praderas deben ser utilizadas periódicamente para prevenir pérdidas por senescencia y mortalidad de hojas.

➤ ***Los carbohidratos de reserva y su relación con el crecimiento de la pradera.***

Durante el proceso de crecimiento de una pradera y cuando los carbohidratos producidos por la fotosíntesis superan a los utilizados para el crecimiento y la respiración, las plantas tienen la habilidad de almacenarlos como fuentes de energía para ser utilizados en el rebrote después de una defoliación cuando el balance energético de la planta es negativo. Estos carbohidratos se almacenan en la base de la planta y se concentran en los primeros 5 cm encima del suelo. Por esta razón es importante proteger este estrato de la pradera evitando un pastoreo muy intenso o dejar un residuo muy bajo. Cuando una planta es defoliada por el pastoreo o corte, inmediatamente comienza su recuperación generando nuevas hojas. Durante el crecimiento de la primera hoja la planta requiere más carbohidratos que los que puede producir por el proceso de fotosíntesis, por lo que utiliza las reservas acumuladas en la base de las hojas o tallos. A partir del nacimiento de la segunda hoja comienza a tener nuevamente el balance energético positivo y comienza a recuperar su nivel de reservas. En el estado de tres hojas la planta tiene sus reservas restablecidas y se encuentra preparada para una nueva defoliación. Este hecho coincide con la particularidad que los ryegras mantienen simultáneamente solo tres hojas vivas, que es un indicador utilizado para determinar el momento del pastoreo. Este proceso ha sido muy bien descrito por los investigadores australianos Donaghy y Fulkerson, 2006 y se esquematiza en la siguiente figura.

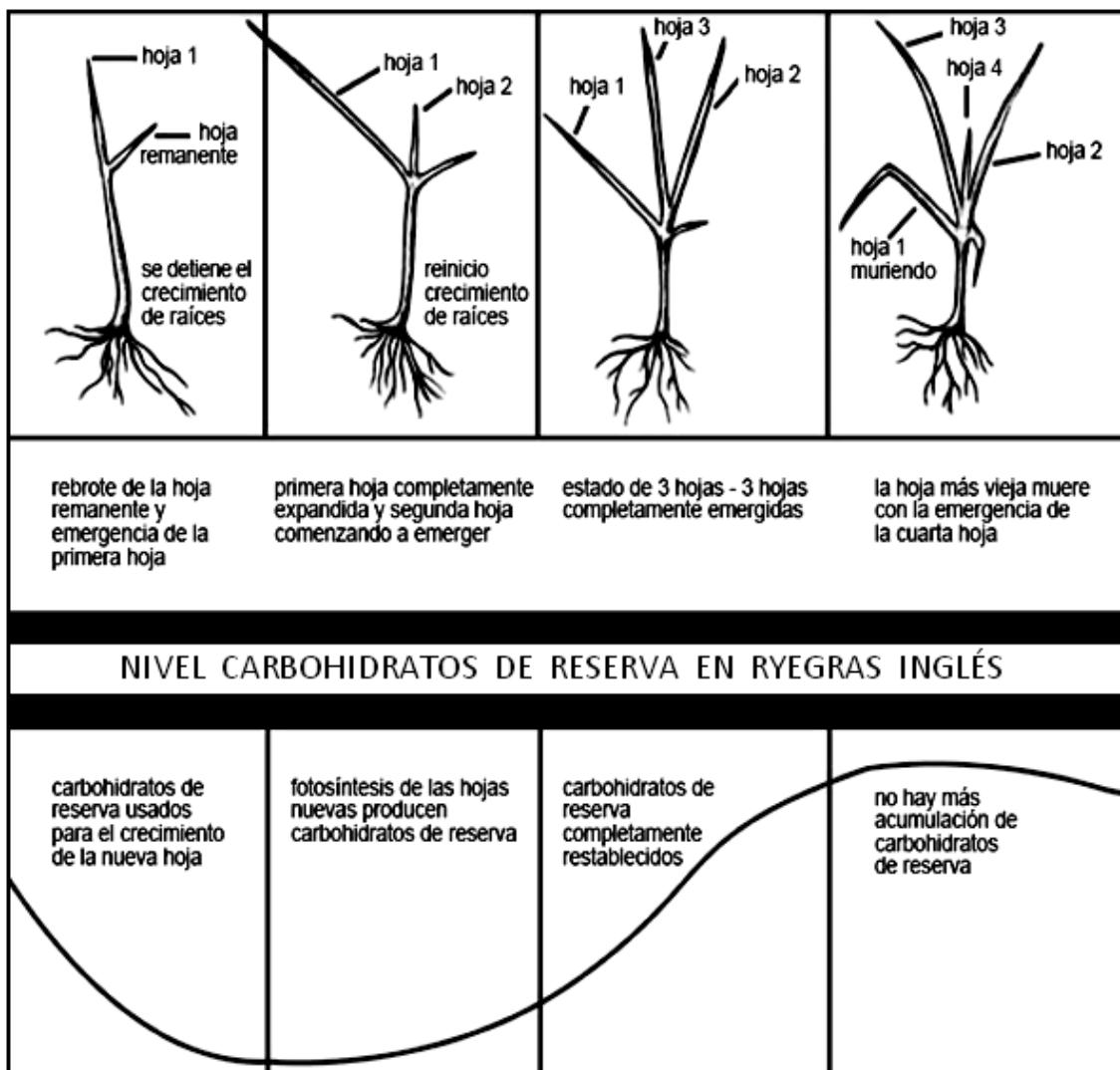


Figura 59. Rebrote de un macollo de ryegras perenne posterior a un pastoreo.  
Tomado de Donaghy y Fulkerson, 2006.

## 6.2. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA.

El contenido de materia seca (MS) es la resultante de la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde. Esta labor se realiza habitualmente en laboratorios especializados, donde se utilizan hornos de ventilación forzada a temperaturas de 60 °C a 105 °C por 24 y 48 horas o por el tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante. Este proceso es lento, pero asegura que no se altere el contenido nutricional del forraje. La expresión de este parámetro se realiza en forma proporcional; es decir, como porcentaje del forraje fresco total cosechado.

Diferente es el caso de forrajes conservados que tienen una mayor concentración de materia seca, como resultado del proceso natural de envejecimiento vegetal y de las diferentes labores realizadas en el proceso de conservación, lo cual disminuye la cantidad de agua contenida en la vegetación. Un ensilaje de pradera de corte directo que no ha sido sometido a premarchitamiento contiene 22 % de materia seca, 78 % restante es agua. El heno de forraje conservado posee mayor concentración de materia seca, ya que el proceso de deshidratación

en el potrero se prolonga, hasta alcanzar alrededor de 90% de materia seca y un 10 % de agua. Una alternativa más simple, pero lenta, de determinar la materia seca del forraje y que está al alcance de la mayoría de los productores en la sierra, es el secado al aire libre y a la sombra por más o menos 15 días. Este método permite la determinación del contenido de MS en forma aproximada, tanto en forrajes frescos como ensilajes provenientes de praderas.

### **6.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE MATERIA SECA EN PASTOREO.**

La determinación de la cantidad de forraje disponible es una práctica que ofrece grandes dificultades, debido a que las praderas manejadas en pastoreo presentan una gran variabilidad dentro del potrero, entre los potreros y distintas áreas en el tiempo. Esta dificultad, tanto física como técnica ha llevado a desarrollar diversas técnicas de evaluación de las praderas. El método para determinar la disponibilidad de materia seca para pasturas cultivadas debiera ser rápido y confiable, considerando que el manejo de pastoreo es un sistema dinámico, donde es necesario contar con la información inmediata para una rápida toma de decisiones.

La disponibilidad de forraje de la pradera puede estimarse por métodos directos e indirectos o una combinación de ambos.

#### **6.3.1. *Método de evaluación directa.***

##### **➤ *Evaluación por corte.***

Es el procedimiento más exacto y objetivo. Sin embargo, tiene la desventaja de ser tedioso y requerir de mayor tiempo tanto en el potrero como en el laboratorio, por lo cual es poco práctico. Aún así, este método se adapta muy bien a las condiciones de los valles interandinos y zonas altas de la Sierra. Las evaluaciones se realizan utilizando un marco de madera o fierro que puede ser circular, cuadrado o rectangular. Sin embargo, más importante que la forma es el tamaño del marco de muestreo. Cuando el marco es muy pequeño se produce mayor error de borde en la muestra, pero un tamaño razonable es de  $0,25 \text{ m}^2$  ( $50 \times 50 \text{ cm}$  ó  $100 \times 50 \text{ cm}$ ) o de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $100 \times 50 \text{ cm}$ ), como se observa en la Figura 60. Es recomendable adoptar un tamaño mediante el cual se facilite el cálculo del forraje por hectárea. Así, si la superficie del marco es de  $0,5 \text{ m}^2$ , el peso promedio de todas las muestras se multiplica por 20 000. Al utilizar un marco de  $0,25 \text{ m}^2$  el peso de la muestra (kg) se multiplica por 40 000, para obtener la disponibilidad de forraje fresco en kg/ha.

Es importante considerar que al seleccionar el lugar de muestreo se debe tener cuidado en no preferir los sectores más productivos en desmedro de aquellos menos productivos o viceversa; es decir, el muestreo debe ser totalmente al azar. Se enfatiza que para obtener una buena estimación de la cantidad de forraje disponible en la pradera, se deben evaluar suficientes puntos para cubrir toda la superficie a pastorear. El número de muestras a obtener por cada pastoreo va a depender de la variabilidad de la pradera. En praderas homogéneas, diez muestras pueden ser suficientes; sin embargo, en praderas heterogéneas, se debe obtener el doble o más muestras. Para estandarizar las estimaciones de disponibilidad, la muestra de forraje debe cortarse a ras del suelo. La evaluación antes del pastoreo estima la disponibilidad total de materia seca (fitomasa); por lo tanto, para conocer el forraje realmente disponible para el consumo de los animales es necesario realizar un muestreo posterior al pastoreo. Al hacer la diferencia de la fitomasa antes y después del pastoreo, se obtiene el consumo estimado o aparente de los animales.

➤ **Procedimiento de muestreo.**

El forraje se corta a ras del suelo en una superficie conocida, abarcando distintos lugares que representen la variabilidad de la vegetación existente en el potrero. Se recolecta el forraje cortado, luego se guarda en bolsas de papel y/o plásticas, se identifica (fecha, nombre, número de potrero, etc.), se le extrae el aire comprimiendo la bolsa y posteriormente se registra el peso verde. Es importante restar el peso de la bolsa para obtener solo el peso del forraje, así calcular el rendimiento de materia verde por hectárea.

*Ejemplo:* Al utilizar un marco de 0,5m<sup>2</sup> y el promedio de las muestras de forraje fue de 700 gr (0,7 kg), el cálculo es el siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Forraje verde} &= \text{Peso promedio muestras} \times \text{ha/área marco} \\ &= 0,7 \text{ kg} \times 10,000 \text{ m}^2 / 0,5 \text{ m}^2 \\ &= 0,7 \text{ kg} \times 20,000 \\ &= \mathbf{14\,000\,kg\,MV/ha.}\end{aligned}$$

El aspecto más importante es determinar el porcentaje de materia seca del forraje para estimar la disponibilidad total (kg MS/ha). Si por el método de estufa se determinó que el forraje contiene 16.7 porciento de MS, el cálculo es:

$$\begin{aligned}\text{Disponibilidad total} &= \text{Forraje verde} \times \% \text{ MS}/100 \\ &= 14\,000 \text{ kg MV/ha} \times 16.7/100 \\ &= \mathbf{2,338\,kg\,MS/ha}\end{aligned}$$



Figura 60. Evaluación de pastos por corte.

### 6.3.2. Métodos de evaluación indirectos.

Los métodos indirectos o no destructivos se basan en la relación de atributos vegetativos (altura, densidad) y no vegetativos con el forraje disponible. Los métodos indirectos permiten realizar múltiples mediciones en poco tiempo, son de gran utilidad para determinar el

momento de iniciar y finalizar el pastoreo. Estos métodos también son útiles cuando se debe iniciar el inicio del rezago de la pradera para conservación. Aunque el término no destructivo indica que la pradera no es sometida a corte, estas técnicas necesitan una calibración frecuente (doble muestreo) para poder obtener una buena estimación de la disponibilidad de forraje de la pradera.

➤ *Estimación visual.*

Consiste en la simple determinación visual de la cantidad de forraje disponible en un área determinada. La estimación visual implica un recorrido detallado de la pradera, para observar su variabilidad como consecuencia del manejo con animales. La ventaja de la estimación visual es que las mediciones son realizadas con rapidez y sin ningún equipamiento especial. La exactitud de este método depende exclusivamente de la experiencia del estimador, y lo más recomendable es que sea una persona entrenada para asegurar una buena predicción de la disponibilidad de materia seca. Cualquier persona puede desarrollar la habilidad de la estimación visual, para lo cual se necesita un tiempo de entrenamiento y realizar suficientes comparaciones y calibraciones con un método de estimación directa.

Existe el método del rendimiento comparativo o del rango, donde se establecen cinco rangos de referencia que se usan como “patrones”, los que se mantienen en el potrero y pueden ser constantemente revisados y recordados, mientras se realiza evaluación visual. Para elegir los rangos se ubica un marco en el sitio de mayor disponibilidad (patrón 1) y en aquel de menor disponibilidad (rango 5), luego se selecciona el patrón (3) que es la disponibilidad intermedia entre 1 y 5. Posteriormente se ubican los patrones (2) y (4), que deben tener rendimientos intermedios entre 1 y 3, y entre 3 y 5 respectivamente. Con estos antecedentes se construye una escala de 1 a 5, contra los cuales se comparan las estimaciones visuales.

➤ *Altura comprimida.*

Es un método de reciente uso, por el cual, se mide la altura comprimida mediante un Plato Medidor de forraje (Figuras 61 y 62), el cual puede ser de diferentes materiales, desde platos de acrílico o de plástico hasta metálicos. También existen de diferentes diseños, tamaños, peso y área. Este instrumento permite registrar la altura comprimida de la pradera que está en función de la altura y de la densidad del follaje, ésta última a su vez varía en función de la cobertura y estado fisiológico de la pradera. Al existir mayor densidad de plantas mayor es la oposición de la pradera al peso del disco, como también praderas en estado reproductivo o vegetación mas lignificada ofrecen mayor resistencia al peso del plato. Por estas razones, la correlación entre la altura comprimida de la pradera y la disponibilidad de materia seca es mucho más certera cuando la pradera está en estado vegetativo.

El instrumento observado en las fotografías, está conformado por un plato de aluminio de 0,1 m de superficie, que sube y baja deslizándose a través de una columna o vástago central. Cuando el instrumento está en la posición de medición, el vástago central se apoya sobre la superficie del suelo y el plato descansa o presiona la vegetación. Este vástago o eje central está graduado en unidades o intervalos de 0,5 cm. Consta de un contador que almacena la altura recién medida y acumula una serie de mediciones, obteniéndose un promedio de la altura comprimida de la pradera. El número de submuestras o mediciones por potrero, dependerá de la variabilidad de la pradera y de la superficie a evaluar. Lo recomendable es obtener un número tal de puntos que permita cubrir todo el área a pastorear, por lo que en general se requieren 50 puntos como mínimo y hasta 100 mediciones totalmente al azar,

contemplando indistintamente a sectores pastoreados y rechazados por los animales. Se debe evitar medir las áreas cercanas a la entrada de los potreros, orilla de los cercos, cerca de bebederos, en sectores húmedos y alrededor de los árboles o en las áreas de descanso.



Figuras 61 y 62. Plato medidor o “Rhising Plate Meter” y pradera comprimida por el peso del plato. Tomado de Teuber y otros (2007)

Independientemente del tipo de plato medidor, se necesita un método adecuado de calibración para obtener una ecuación lineal ( $y = ax + b$ ) que transforme satisfactoriamente la altura comprimida del plato a cantidad de forraje disponible (kg/MS/ha). Se debe tener presente que no existe una relación universal entre la altura comprimida y la disponibilidad, ya que esta puede variar según el tipo de pradera, cobertura, la época del año o entre condición de pre y post pastoreo. Por lo tanto, la calibración se debe realizar bajo las condiciones locales de uso.

#### ➤ *Capacitancia electrónica.*

Esta técnica estima la disponibilidad de forraje a través de la conductividad eléctrica que produce un capacitómetro electrónico sobre la pradera.



Figuras 63 y 64. Capacitómetro o bastón electrónico y Microprocesador que transforma el valor de la capacitancia electrónica del forraje en disponibilidad de materia seca. Tomado de Teuber y otros (2007)

El capacitómetro consiste básicamente en un tubo de aluminio que envía una frecuencia eléctrica a través del forraje, desde un generador, el que produce un campo electrónico alrededor del tubo que se extiende cerca de 100 mm de radio por 400 mm de alto, y una vez que es influenciada por el forraje la frecuencia decrece. Usualmente la humedad del aire absorbe una pequeña cantidad de capacitancia, la cual debe ser corregida realizando una lectura en el aire. La diferencia entre la lectura en el aire y la lectura en el follaje es la lectura corregida de medición o “Corrected Meter Reading” (CMR). De esta forma cuando la cantidad de forraje medido es mayor, la capacitancia se incrementa, la frecuencia recibida internamente por el instrumento decrece, incrementándose el CMR. A su vez, el bastón posee un microprocesador que convierte en forma automática el CMR a forraje estimado en kg de materia seca, usando una ecuación previamente seleccionada (Figuras 63 y 64). La principal ventaja de éste sistema electrónico (“grass master”) es que usa la densidad de la pradera, más que la altura para estimar la cantidad de forraje disponibles. Debe usarse en praderas de crecimiento activo, ya que no funciona correctamente cuando existe excesivo material senescente o cuando el forraje tiene exceso de humedad.

#### **6.4. CALIDAD NUTRITIVA DE LAS PRADERAS.**

El valor nutritivo es un concepto amplio en la cual está implícita la composición del alimento y su digestibilidad. La importancia que posee, está dada por una relación directa con la respuesta animal esperada. Se habla de forrajes de alta calidad nutritiva cuando estas tienen alta concentración de nutrientes, son muy digeribles y permiten un consumo elevado. Para entender el valor nutritivo de los forrajes es importante conocer las estructuras básicas que conforman una célula vegetal, esto es, la pared celular y contenido celular (Figura 65).

- **Pared celular.**

Contiene la fracción fibrosa de los forrajes, la cual está conformada por tres componentes principales que son: la celulosa y hemicelulosa (32-35% de MS), ambas digestibles a nivel ruminal, y la lignina (3-7 % de MS), que es indigerible.

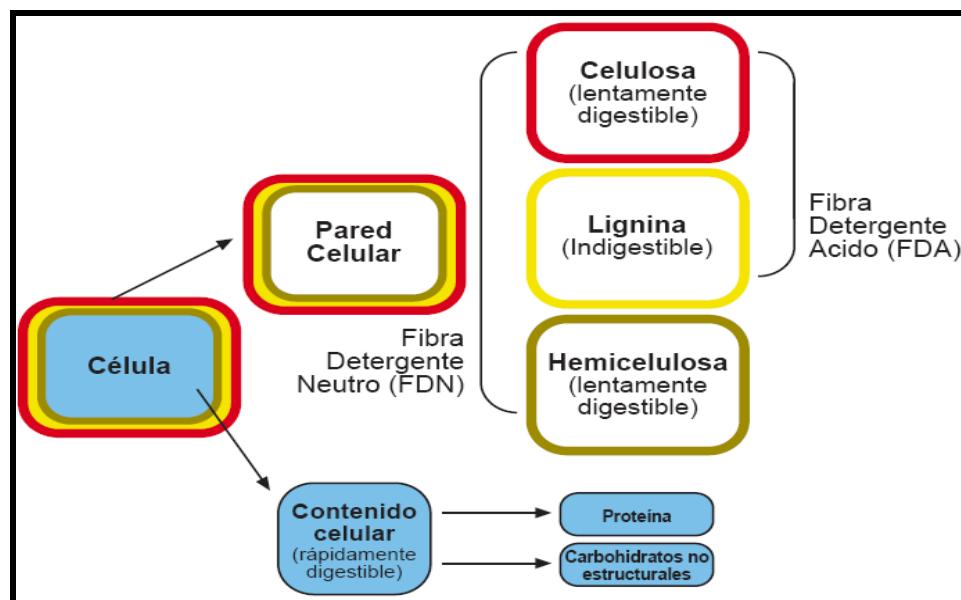


Figura 65. Componentes de la pared celular. Tomado de Teuber y otros (2007)

Al incrementar el estado de madurez de las plantas, la proporción de pared celular y su grado de lignificación aumentan, disminuyendo la digestibilidad de los tejidos vegetales. La fracción fibrosa de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) se estima en el laboratorio a través de la Fibra Detergente Neutro (FDN). Un segundo indicador del contenido de fibra es la denominada Fibra Detergente Acido (FDA), que cuantifica la porción menos digerible de la pared celular (lignina y celulosa)

La FDN y la FDA constituyen la fibra química de un alimento. Su determinación en el laboratorio se hace a partir del tratamiento de muestras de alimento con una solución detergente, capaz de remover las proteínas, los carbohidratos y los lípidos, dejando solo los componentes fibrosos de la pared celular. Además de la fibra química (FDN y FDA), es importante para el animal rumiante que el alimento contenga un mínimo de fibra física o estructural, conocida como fibra efectiva. La fibra efectiva ( $FDN_e$ ) corresponde a aquella fracción de FDN que es capaz de estimular mecánicamente los procesos de masticación, salivación y rumia en los animales.

- ***Contenido celular.***

En el contenido celular se encuentra la mayoría de nutrientes realmente digestibles para el animal, tales como proteínas, carbohidratos no estructurales, ácidos grasos, minerales y vitaminas. El contenido celular puede representar cerca del 65% de la MS de los tejidos vegetales jóvenes, pero disminuye a menos del 50% a medida que aumenta la proporción de pared celular, con el avance de la madurez de las plantas.

Las proteínas y los carbohidratos no estructurales son los principales componentes de la materia seca presente en el contenido celular. Ambas tienen una rápida y completa digestión en el rumen, la que alcanza un 100 % en los azúcares. Dependiendo del estado de madurez del forraje, el contenido de proteína puede variar entre 7 y 30% de la materia seca, decreciendo con la edad de las células. Los carbohidratos no estructurales (CNE) incluyen, azúcares, fructosanos y almidón, son altamente digestibles y constituyen la mayor fuente de energía rápidamente disponible para el animal. Comprenden entre un 5 y 25% de la MS, registrándose los valores máximos durante la época lluviosa en la Sierra.

- ***Indicadores de la calidad nutritiva de la pradera.***

- ***Contenido de materia seca.***

Los tejidos de las plantas forrajeras tienen una alta proporción de agua y un bajo contenido de MS. El contenido de materia seca varía frecuentemente entre 14 y 25% del peso fresco, pudiendo alcanzar valores de hasta 50% en meses de secano, cuando existe abundante acumulación de material muerto. Aún cuando el contenido de MS de una pradera no es intrínsecamente un indicador de calidad, su determinación es importante porque en la práctica, todos los atributos de calidad están referidos a la MS. Por lo tanto, el primer paso para la evaluación del valor nutritivo de los forrajes, es la extracción de agua de sus tejidos y la determinación del contenido de materia seca, como porcentaje del peso fresco. Las praderas en estado vegetativo tienen, en general, una muy buena concentración de MS (14 a 16%), la que aumenta de 18 a 25% ó más al estado reproductivo. Sin embargo las praderas vegetativas presentan una mayor proporción de contenidos celulares y, por tanto, mayor valor nutritivo.

- **Contenido de fibra.**

Es importante ya que se relaciona con la concentración energética del forraje y con el consumo de materia seca. El material fibroso es de más lenta digestión y evacuación del rumen, por lo que ejerce un efecto físico de llenado que limita el consumo. Entonces, en la medida que se incrementa el nivel de FDN o FDA de un forraje decrece su consumo de materia seca.

- **Digestibilidad del forraje.**

Se entiende por digestibilidad de un alimento o de alguno de sus componentes, a la proporción que es absorbida en el tracto digestivo del animal y, por lo tanto, que no es excretada en las heces. La digestibilidad real o “in vivo” de la materia seca, corresponde a la diferencia entre la materia seca consumida y la MS excretada en las eses. Su determinación se realiza con animales alimentadas en condiciones controladas, en galpones especialmente adaptados para ello. Dado que este es un método lento y costoso, se han desarrollado diferentes métodos de laboratorio, más rápidos, sencillos y económicos que permiten estimar la digestibilidad real de los alimentos en forma rutinaria. Entre éstos, el método de digestibilidad “in vitro” (DIV) ha sido el más ampliamente utilizado. Este método consiste, básicamente, en simular en el laboratorio los procesos digestivos, mediante la incubación del alimento en un medio artificial por un tiempo determinado, primero con licor ruminal y luego con la enzima gástrica pepsina, para determinar finalmente el residuo insoluble no digerido. La digestibilidad del forraje puede variar de 55 a 85% dependiendo de múltiples factores, pero lo más importante es que se asocian al estado de madurez de la planta.

- **Energía metabolizable.**

La energía metabolizable (EM) corresponde a la energía presente en la porción digestible de la planta menos la pérdida de energía a través de la orina y gas metano producido durante la fermentación ruminal. La EM puede expresarse en mega calorías (Mcal) o en mega joules (MJ) por kilogramo de materia seca (Mcal o MJ/kg MS), donde 1 Mcal = 4185 MJ.

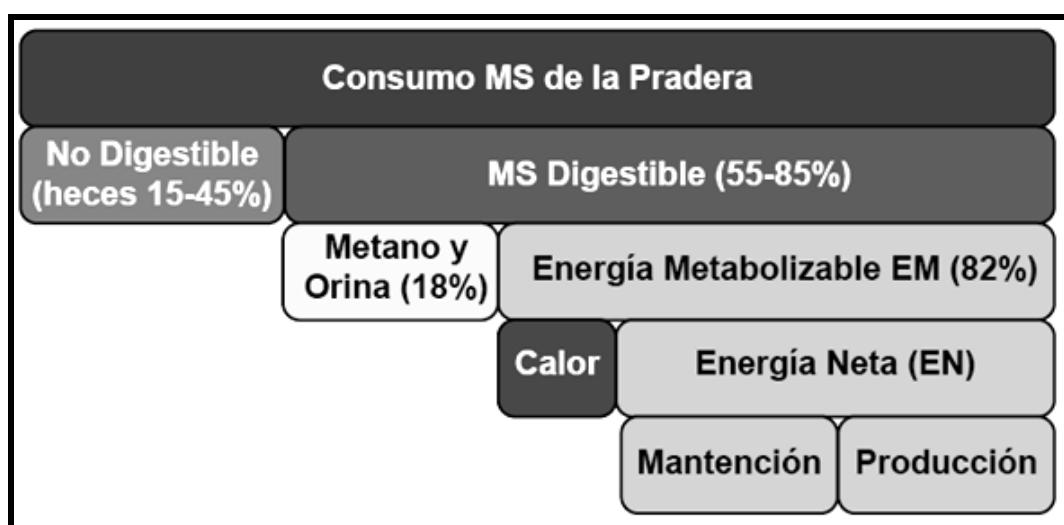


Figura 66. Conversión de la pradera consumida en energía utilizable para el animal  
Tomado de Teuber y otros (2007).

De la EM disponible para el animal, se producen pérdidas por calor asociadas a la digestión y metabolismo de los nutrientes. Finalmente, la energía utilizada para la mantención de la energía corporal y para la producción animal se llama energía neta (EN).

- **Proteína.**

El contenido de proteína total (PT), proteína cruda (PC) o proteína bruta (PB) son sinónimos y se calculan en base al contenido total de nitrógeno (N) de un forraje (% de PT = % de N x 6.25). La proteína total de la dieta se divide en proteína verdadera (PV) y en nitrógeno no proteico (NNP). A su vez, la proteína verdadera consta de una fracción degradable en el rumen (PD) y otra no degradable (PND) que escapa a la fermentación ruminal, la cual puede ser digerida a nivel intestinal (proteína “by pass” o sobrepasante).

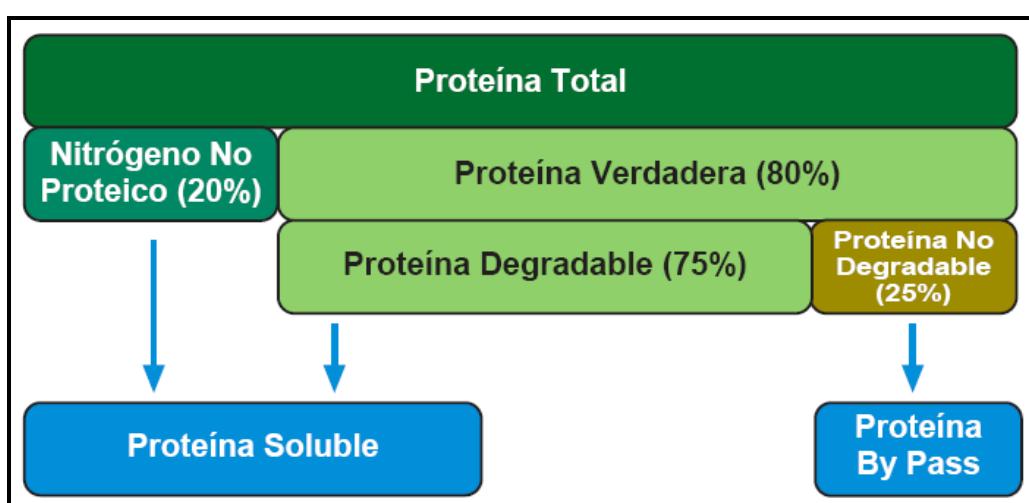


Figura 67. Distintas fracciones de la proteína total o cruda del forraje.

Tomado de Teuber y otros (2007)

La fracción más importante de la proteína verdadera de los forrajes corresponde a la proteína degradable en el rumen, la que es utilizada junto con el nitrógeno no proteico por los microorganismos ruminantes, para la síntesis de la proteína microbiana (PM). La proteína soluble es la fracción de más rápida degradación de la proteína degradable, más el nitrógeno no proteico. La otra fracción denominada proteína no degradable, escapa a la fermentación ruminal y puede ser digerida directamente en el abomaso o intestino delgado del animal. Tanto la proteína de origen microbiano (PM) sintetizada en el rumen, como aquella no degradable, son utilizadas por el rumiante para cubrir sus necesidades de aminoácidos, los que son absorbidos a nivel intestinal a ella se le denomina proteína metabolizable.

- **Carbohidratos solubles.**

Los carbohidratos solubles (CHS) corresponden a la fracción constituida por azúcares y fructosanos y son los principales carbohidratos no estructurales de las gramíneas forrajeras. Las leguminosas forrajeras presentan menos carbohidratos solubles que gramíneas, ya que no acumulan fructosanos, pero suelen ser más ricas en ácidos orgánicos y almidón, además de proteína y algunos minerales.

La concentración de carbohidratos solubles en gramíneas es más baja en rebrotes vegetativos jóvenes, particularmente en aquellos que han recibido bastante fertilización nitrogenada. Aumenta en la fase de encañado, llegando a ser máxima poco antes de la emisión de espigas, para decaer luego en la floración. Sin embargo, la concentración de azúcares en cualquier estado de crecimiento es fuertemente afectada por las condiciones ambientales imperantes. Se favorece por días largos con alta radiación solar y baja nubosidad. Se perjudica por altas temperaturas, especialmente nocturnas, como también por fuertes dosis de fertilización nitrogenada. Durante el día, los mayores niveles de azúcares son alcanzados al final de la tarde, mientras que los mínimos se registran al amanecer. Los ryegras tienen la mayor concentración de carbohidratos solubles que las otras especies forrajeras y existen diferencias entre cultivares.

## 6.5. MÉTODOS DE PASTOREO

Uno de los objetivos de un buen manejo de pastoreo es utilizar una alta proporción del forraje producido al mismo tiempo lograr un máximo consumo de nutrientes por animal. En general, estos dos objetivos son antagónicos, por lo que un adecuado método de pastoreo debe generar un compromiso entre el consumo individual y la eficiencia de utilización de la pradera. A continuación se describen los principales métodos de pastoreo que pueden ser de interés de los productores, muy especialmente de aquellos que están dedicados a la producción lechera utilizando pastos de alta producción como la alfalfa y la mezcla forrajera ryegras-trébol.

### ➤ *Pastoreo continuo.*

En este método los animales permanecen en forma permanente sobre la pradera, por un número determinado de tiempo incluso por toda la temporada. Lo anterior no significa que cada macollo, o planta que compone la pradera sea defoliado en forma continua. Al respecto, diferentes estudios han determinado que el intervalo entre defoliaciones en un pastoreo continuo puede variar desde cinco días hasta cuatro semanas, dependiendo de la carga animal. El pastoreo continuo no consiste en dejar a los animales libres sobre un determinado potrero y/o sector, sino que durante el período en que el rebaño permanecerá, se debe estimar una carga animal en base a la producción de la pradera y el consumo de forraje de los animales. Por lo tanto, el objetivo del pastoreo continuo es mantener una carga animal que permita equiparar el consumo del forraje con el crecimiento de la pradera. Para entender de mejor manera el presente método a continuación se hace un ejercicio:

*Ejemplo:* Si se considera que después de una evaluación se determina que existe una producción acumulada de 5000 kg/MS/ha para la época lluviosa (Enero-Abril), considerando los 120 días del período, en condiciones de valle interandino de la Sierra Peruana.

$$\text{Crecimiento acumulado} = 5000 \text{ kg/MS/ha/época lluviosa.}$$

Si la pradera se utiliza con un 90 % de eficiencia para ésta época, se obtiene una producción disponible para ser consumida de 4500 kg/MS/ha/época.

Existen diferentes fórmulas para estimar la capacidad de consumo de los animales en pastoreo, pero para éste ejemplo estimaremos un consumo de MS/día equivalente al 3% del peso vivo, considerando que las vacas están en producción. Si estas tienen un peso promedio

de 500 kg, se obtiene un consumo de 15 kg/MS/día.

$$\text{Capacidad de consumo} = 500 \times 0,03 = 15 \text{ kg/MS/animal/día.}$$

Al multiplicar la capacidad de consumo de 15 kg/MS/animal/día por 120 días de la época, se obtiene un consumo de la época de 1800 kg/MS/animal/época.

$$\text{Consumo} = 15 \times 120 = 1800 \text{ kg/MS/animal/época}$$

Si se divide la producción disponible para ser consumida de 4500 kg/MS/ha/época por el consumo 1800 kg/MS/ha/época, se obtiene una carga animal aproximada para la época lluviosa de 2.5 animales/ha.

$$\text{Carga animal} = 4500 / 1800 = 2.5 \text{ animales/ha/época lluviosa.}$$

El control de éste método de pastoreo se realiza mediante un monitoreo continuo de la altura de planta sin perturbar la pradera o la disponibilidad de forraje, de modo que se pueda mantener un promedio. El mayor beneficio teórico del pastoreo continuo es mantener a la pradera cercana a su índice de área foliar óptimo, ya que se efectúa una frecuente defoliación de ésta. Sin embargo, debido a la variabilidad de la pradera, siempre existirán sectores sobrepastoreados y otros rechazados, produciendo los típicos manchones distribuidos irregularmente en el potrero.

#### ➤ **Pastoreo rotativo.**

Este método consiste en que el área total destinada a pastoreo en un predio, es dividida en un número determinado de potreros con un tamaño definido o, eventualmente, con un tamaño variable, el cual va a depender del número de animales, de su capacidad de consumo en pastoreo y de la disponibilidad de forraje de la pradera.

Los potreros van siendo pastoreados en forma secuencial (figura 68), con una determinada frecuencia e intensidad, las que se relacionan con los criterios de inicio y de término de cada pastoreo.

Se define como ciclo de pastoreo a la suma del período de utilización más el respectivo tiempo de descanso de la pradera. El período de utilización de cada potrero puede variar desde 24 horas o menos, en sistemas intensivos de producción de leche hasta un máximo de dos días en época lluviosa y 4 días en época de estío (seca). Períodos de utilización más prolongados, pueden conducir al consumo del rebrote y perjudicar la producción y la persistencia de la pradera.

En condiciones de valles interandinos, el período de descanso puede ser tan corto como 30 días, donde la tasa de crecimiento de la pradera es máxima y puede alcanzar hasta 60 días durante los meses de estío, cuando la tasa de crecimiento es mínimo.

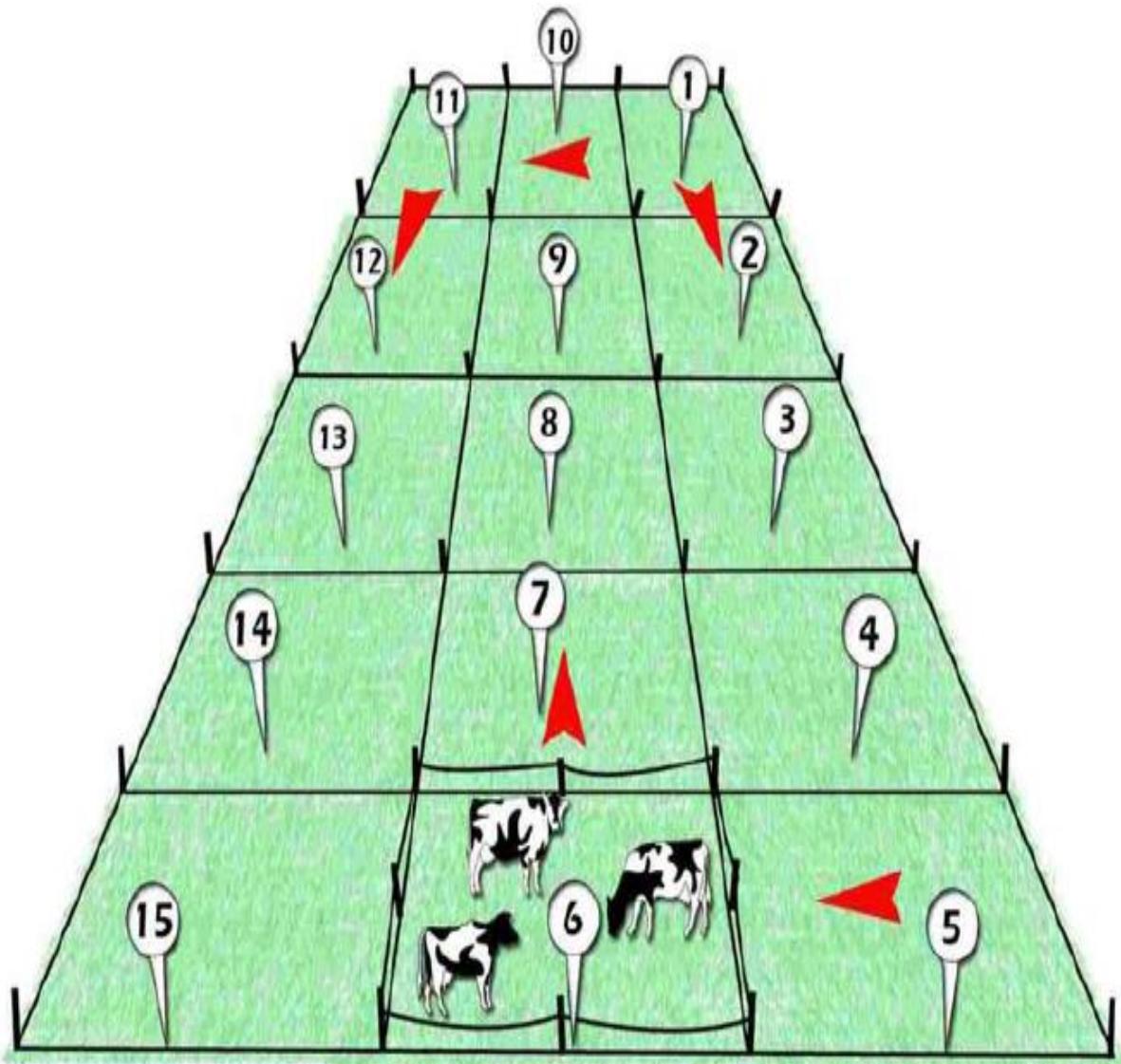


Figura 68. Pastoreo rotativo en 15 potreros. Tomado de Teuber y otros (2007)

➤ **Pastoreo en franjas.**

Es similar al pastoreo rotativo, con la diferencia de que es más intensivo. Este método de pastoreo consiste en delimitar sectores dentro de un potrero, denominados franjas, para ser pastoreados durante un período definido de tiempo (desde 0,5 hasta 3 días), dependiendo del manejo y categoría de animales (vacas en lactancia, animales en engorde u otros)

Las franjas se pastorean en forma secuencial con una frecuencia e intensidad determinada. El número de franjas a delimitar tiene directa relación con la frecuencia de pastoreo, por lo tanto si la frecuencia de pastoreo es de 30 días se necesita del mismo número de franjas. Cuando los animales terminen de pastorear la franja 30, vuelven a la franja 1 (2<sup>do</sup> ciclo), para iniciar el siguiente ciclo de pastoreo. Las divisiones entre una franja y otra son móviles y deben ser realizadas utilizando un cerco eléctrico, herramienta de gran utilidad en el manejo del pastoreo.

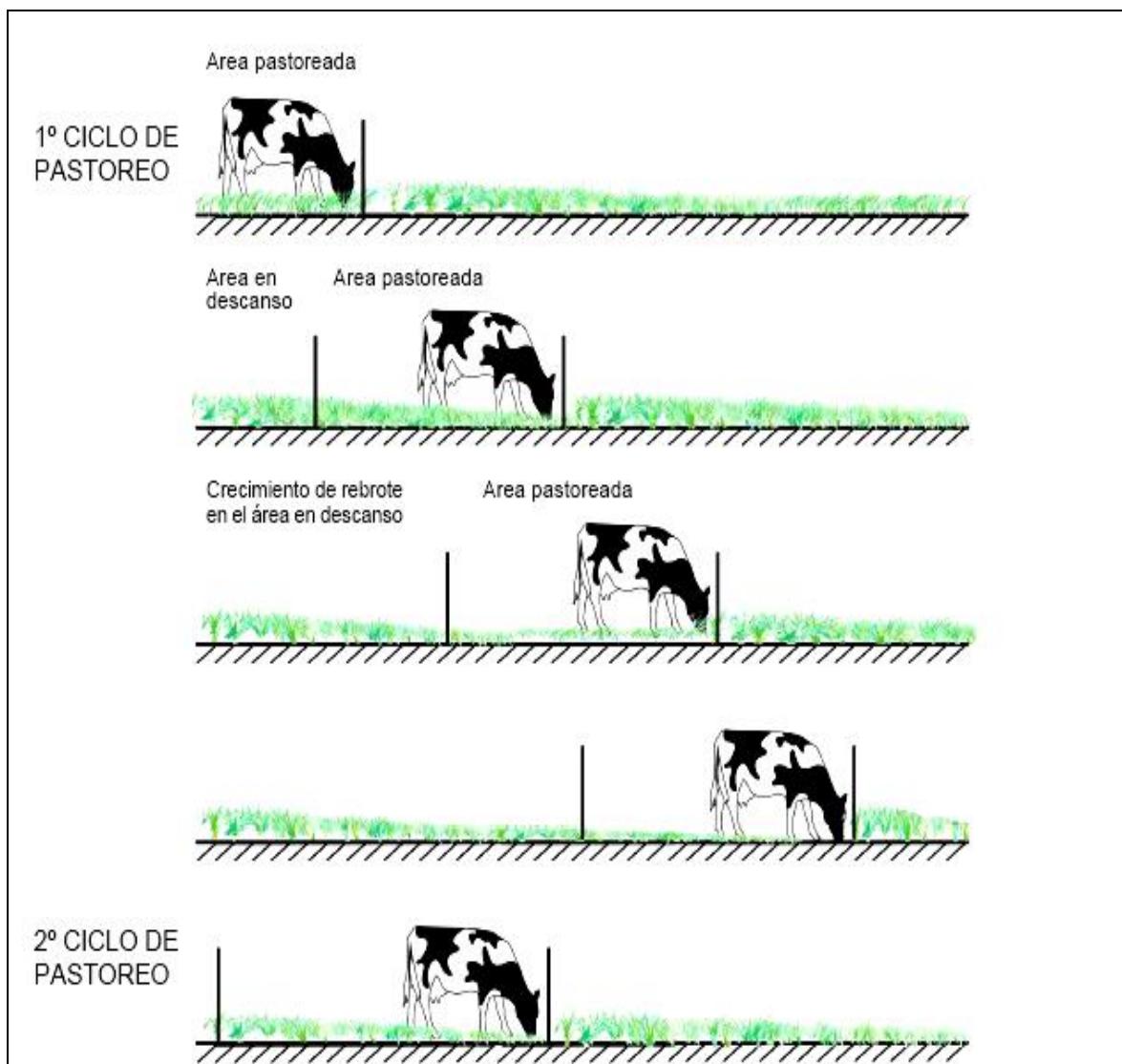


Figura 69. Ciclo del pastoreo en franjas. Tomado de Teuber y otros (2007)

## 6.6. FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PASTOREO.

Entre los aspectos más importantes del manejo del pastoreo rotativo, están el control permanente de la *frecuencia* y de la *intensidad* de utilización. Éstas determinan la cantidad o disponibilidad de forraje de prepastoreo o de ingreso y de postpastoreo o de salida respectivamente (figura 70), las que afectan tanto el rendimiento y calidad de la pradera, como su consumo por los animales.

En función de la disponibilidad de forraje de pre y de post-pastoreo, se puede definir un tercer parámetro de manejo, que es la oferta de pradera por animal. Esta última se regula mediante la asignación diaria de superficie, lo que permite racionar a los animales y controlar anticipadamente el residuo de la pradera.

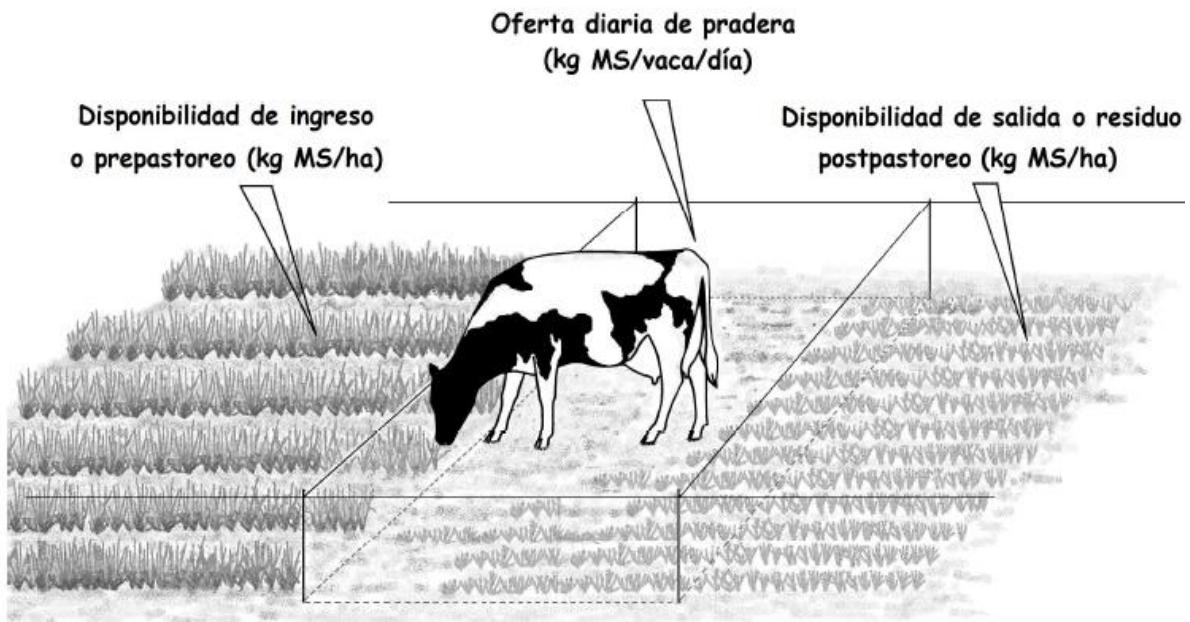


Figura 70. Conceptos básicos usados para el manejo de pastoreo. Tomado de Parga J. y Teuber, K. 2009.

#### ➤ *Frecuencia de pastoreo a través del año.*

La frecuencia de pastoreo se refiere al intervalo entre dos utilizaciones sucesivas de un mismo potrero o sector de pradera. Ella define *cuándo* pastorear, y en consecuencia, determina la cantidad de pasto acumulado al ingresar a una nueva franja o potrero y la composición morfológica del mismo (proporción de hojas, tallos, espigas y material muerto). Tanto la cantidad de pasto presente como su composición, afectan directamente la disponibilidad y la calidad nutritiva del forraje que consumirán los animales.

Los dos objetivos principales del control permanente de la frecuencia de pastoreo son:

- Permitir el descanso suficiente de la pradera para la acumulación de las reservas necesarias para un rápido rebrote.
- Optimizar la disponibilidad y cosecha de hojas verdes por el animal al momento del pastoreo.

La frecuencia de pastoreo puede ser controlada en cada época del año de acuerdo a diversos criterios, tales como el tiempo de descanso de la pradera, la disponibilidad de forraje presente al inicio del pastoreo y/o el número de hojas nuevas por macollo. Sin embargo, ninguno de estos criterios reemplazará el recorrido y la observación visual de los potreros, lo que posibilita la mejor apreciación global del estado de la pradera.

#### ➤ *Frecuencia de pastoreo en época de lluvias.*

La época lluviosa (Diciembre-Abril) es el período más delicado en términos de manejo, ya que se produce cerca del 50% del forraje anual, sobre pasando ampliamente la capacidad de consumo de los animales. Además, las plantas maduran con rapidez una vez encañadas, reduciendo su valor nutritivo y dificultando el pastoreo.

En condiciones del Valle del Mantaro-IVITA (según informe 1972-74), el momento óptimo de utilización en pastoreo es cuando la pradera alcanza entre 15 y 20 cm de altura. Esto equivale aproximadamente a una disponibilidad de ingreso de 2500 a 3100 kg MS/ha, o al momento en que la mayor parte de los macollos de ryegras perenne ha alcanzado el estado de 2 a 3 hojas expandidas.

Dependiendo del tipo de pradera y de las condiciones climáticas, se debe acelerar gradualmente la rotación, disminuyendo el intervalo entre utilizaciones desde 35 hasta 30 días aproximadamente entre Enero y Abril. Ello exige reducir el área de pastoreo, descartando los potreros excedidos (aquellos con más de 3100 kg MS/ha) para destinarlos a conservación de forraje

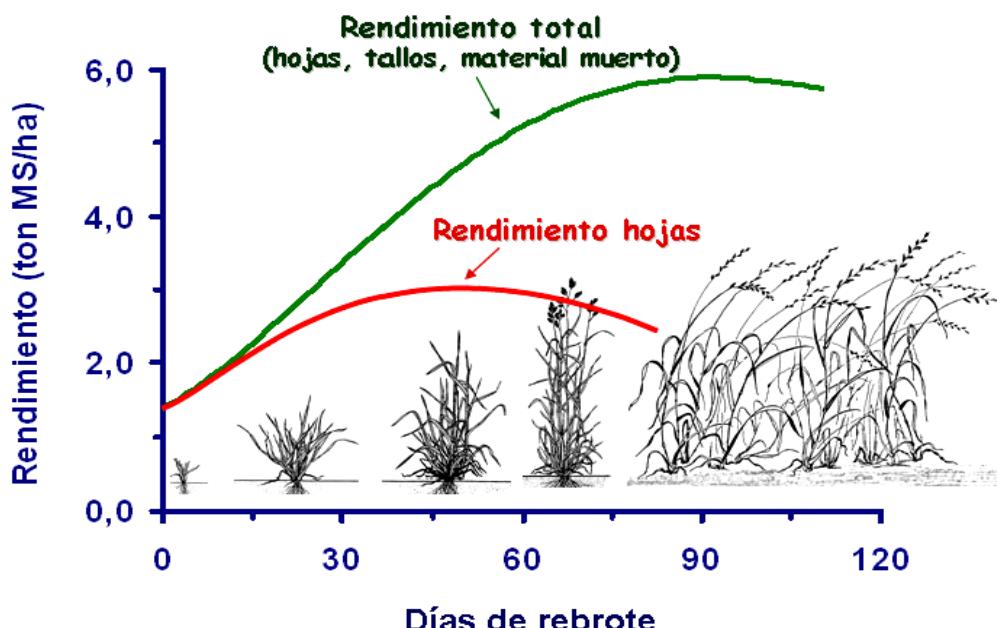


Figura 71. Evolución de un rebrote en la época de lluvias.

➤ *Frecuencia de pastoreo en época seca.*

En la época de estío y en condiciones de valles interandinos, el pastoreo difícilmente representa más de un tercio de la ración para vacas en producción, pero su aporte es de alta calidad. Por ello, resulta indispensable una adecuada suplementación de los animales, de manera de compensar el déficit de pradera.

También en condiciones del Valle del Mantaro-IVITA Junín y debido al lento crecimiento de la pradera durante este período, no debiera esperarse que la disponibilidad de ingreso sobrepase los 1300 kg MS/ha, para evitar la acumulación de hojas muertas en la base de la vegetación. Probablemente, el mejor criterio de pastoreo en estío sea el número de días transcurridos entre utilizaciones, el que, dependiendo del clima, debiera ser de 40 a 60 días. Esto significa que la superficie pastoreada diariamente por el rebaño tiene que ser aproximadamente 1/40 a 1/60 parte de la superficie total disponible.

Utilizaciones muy frecuentes en forma sostenida durante cualquier época del año, no permitirán el desarrollo suficiente de las hojas para alcanzar su crecimiento máximo, ni para acumular las reservas necesarias para un rápido rebrote. Ello perjudicará la velocidad de crecimiento y el rendimiento anual de materia seca. Además, las alturas o disponibilidades de ingreso serán muy bajas, limitando el tamaño de los bocados y el consumo diario de pasto, aún cuando se aumente la superficie de pradera asignada diariamente por animal.

Por el contrario, la utilización tardía con pasto muy alto provocará una acumulación y envejecimiento excesivo de la vegetación. Esto limitará la cantidad de luz incidente, reduciendo la densidad poblacional de macollos en gramíneas y de estolones en trébol blanco. También aumentarán las pérdidas de material debido a la muerte de las hojas viejas, disminuyendo el valor nutritivo del forraje. Adicionalmente, con pasto alto aumentan las pérdidas por pisoteo y la cantidad de material rechazado por los animales, dificultando la utilización eficiente del forraje producido.

## **SEGUNDA PARTE**

# **METODOS PRÁCTICOS DE MANEJO Y MEJORAMIENTO DE PASTIZALES ALTOANDINOS**

### **INTRODUCCIÓN**

En las zonas altoandinas y el altiplano existen dos épocas bien marcadas, la primera es la época de estío o seca (Mayo a Agosto) y la segunda la época lluviosa (Enero a Abril). Entre la época seca y húmeda existe un período de transición (Setiembre-Diciembre), donde se aprecia una escasa cantidad de precipitaciones pluviales, aunque en algunos años puede haber fuerte presencia de lluvias, granizadas y nevadas. Es así, que en la época de estío, existe un desabastecimiento de alimentos para los animales debido a que existe ausencia de humedad y las temperaturas son extremadamente bajas (en algunos casos desciende a menos 25 °C), por cuya razón la mayor parte de las pasturas, incluida las nativas, paralizan su desarrollo aéreo y radicular y por efecto de condiciones climáticas extremas se encuentran totalmente secas y sin valor alimenticio para los animales. Contrariamente, durante la época lluviosa los campos se encuentran llenos de vegetación, consecuentemente existe abundancia de forraje de buena calidad, no habiendo necesidad de proveer alimentación suplementaria a los animales.

Un aspecto fundamental que abona a favor de los animales que viven en las zonas altoandinas, es que la mayoría son *rumiantes* y para producir están a expensas de la provisión de forrajes verdes y de calidad durante todo el año, lo cual de alguna manera no se cumple, en especial, en la época seca o estío. Por consiguiente, el reto mayor para el ganadero es producir forrajes ricos en proteína, energía, vitaminas y minerales durante la época de escasez de alimentos (Mayo a Diciembre). Afortunadamente, existen instituciones estatales, universidades y organismos no gubernamentales, que han desarrollado, por muchos años, propuestas técnicas que puedan ser aplicados en diferentes condiciones medioambientales de las zonas altoandinas y altiplánicas. Precisamente, en este capítulo se discutirán éstas técnicas que en su mayoría se encuentran validadas y en muchos casos socializadas entre los productores pecuarios.

Antes de discutir algunas de éstas técnicas, es necesario dar énfasis al conocimiento que debe tener el productor sobre el concepto de *nutrición animal moderna en rumiantes en pastoreo*, aspectos como la morfología, fisiología y la digestión microbiana en vacunos, ovinos y camélidos sudamericanos.

## DIGESTIÓN MICROBIANA

Frandsen y Spurgeon (1994), hacen conocer que directamente la celulosa y hemicelulosa, no pueden ser digeridos por ningún mamífero, debido a que éste grupo de animales no produce la enzima celulasa. Afortunadamente, existen los rumiantes que son capaces de utilizar la celulosa y hemicelulosa, debido a que las cavidades pregastricas proporcionan un excelente medio para el crecimiento de bacterias, protozoarios y otros microbios que producen celulasa. Estos animales convierten los materiales de la planta en ácidos grasos volátiles, metano, CO<sub>2</sub>, amoniaco y células microbianas. Los subproductos microbianos y los microbios en sí son utilizados por el animal como fuente de energía, proteínas de gran calidad y muchas vitaminas hidrosolubles. Así pues, estos microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteínico (NPN) como la urea y amoniaco y convertirlas en proteínas, incorporándolas a su propio protoplasma.

En una visita oficial que realizó Ronald Leng (1997) al IVITA La Raya Maranganí, quien es considerado como el padre de la nutrición animal moderna en rumiantes, en su informe final manifiesta que la alpaca, es dependiente de la digestión fermentativa efectiva del forraje, de cuyo proceso salen los nutrientes para el crecimiento microbiano. Es así, que el abastecimiento de aminoácidos esenciales viene del crecimiento microbial en el estómago anterior, que luego son digeridos en el intestino. También, Leng afirma que el suministro de energía o sustratos son los ácidos grasos volátiles (AGV) que salen de la fermentación de carbohidratos.

Las leyes del crecimiento microbial anaeróbico indican que, tal como sucede en el rumen de los rumiantes, la tasa de producción de células microbianas y ácidos grasos volátiles no son una constante, en realidad estos son altamente dependientes de la mezcla de microorganismos presentes en el estómago anterior y de la calidad de los alimentos ingeridos disponibles para el crecimiento microbiano. La proteína digerida y la absorción con relación a la producción de ácidos grasos volátiles pueden variar de 12 g de proteína/ Mega Joule (MJ) de energía, hasta un valor tan alto como 40 g de proteína/ MJ de energía, dependiendo de cuán eficientemente se desarrollan los microorganismos del rumen.

La nutrición animal en rumiantes reconoce que una producción eficiente (crecimiento, desarrollo del feto, lactación) y reproducción de estos animales requiere, particularmente en animales al pastoreo, de una alta tasa de crecimiento de microorganismos (proteína) con relación a la producción de ácidos grasos volátiles (energía) en el rumen. Esto es llamado tasa de proteína/energía en la absorción de nutrientes.

Los niveles requeridos en la dieta de tales nutrientes depende de ambos, el alimento y el animal, por ejemplo, una fuente de consumo regular de nitrógeno (proteína cruda) es obligatorio para mantener los niveles de amoniaco en el rumen, y así, garantizar un crecimiento microbiano óptimo, aunque, en mínimas proporciones los requerimientos de amoniaco pueden provenir del nitrógeno reciclado (urea secretada dentro del rumen).

De la misma manera en rumiantes, Leng dice que cuando hay una severa deficiencia de nutrientes en la dieta, el crecimiento microbial es deficiente y la tasa de proteína/energía está alrededor de 6-10 g de proteína por unidad de energía (MJ) como ácido graso volátil. Simplemente, si aseguramos una dieta adecuada con un suplemento de los nutrientes deficientes, podemos elevar sustancialmente la tasa de proteína/energía, hasta alcanzar un

valor de 34 g de proteína/unidad de energía (MJ) como AGV.

En un trabajo realizado en el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos IVITA-La Raya en condiciones de puna húmeda, sobre el uso del pastoreo restringido para la suplementación nutricional de ovinos y alpacas durante la época seca, por J. Alpaca, L.C. Fierro y R. Farfán (1985) y presentado a la X Reunión de ALPA Acapulco-Guerrero-Méjico, donde básicamente se probó el efecto de la permanencia en pastoreo de ovinos y alpacas en una asociación de ryegras y trébol (pradera irrigada PI), con un contenido de proteína de 20-22%, frente a otro grupo de animales experimentales pastoreando en pastizales naturales (Testigo). Los tratamientos fueron: (T<sub>1</sub>) Acceso a la pradera irrigada (PI) por una hora al día y luego salen al pastizal natural. (T<sub>2</sub>) Acceso a PI cada tercer día, durante todo el día. (T<sub>3</sub>) Acceso a PI una vez a la semana, todo el día. (T<sub>4</sub>) PI durante todo el período de estío y (T<sub>5</sub>) Testigo en pastizal natural sin acceso a PI. Los resultados indican que los ovinos son más beneficiados por este tipo de suplementación, que las alpacas. El segundo resultado y el más importante, es que la condición de los animales fue superior para los animales que pastorean las praderas irrigadas (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>) frente al testigo (pasto natural). Estos resultados demuestran que entre el T<sub>1</sub> (permanecía de una hora al día en PI) y el T<sub>4</sub> (PI durante todo el período de estío) no hay diferencia, por consiguiente, se infiere que los animales que consumen pastura irrigada rica en proteína (20-20%) solamente una hora al día y luego salen al pastizal natural responden igual que aquellos que permanecen durante todo el período de estío. Esto sugiere que los animales que tuvieron una hora de permanencia en pasturas ricas en nutrientes (proteína), consumieron la mayor cantidad posible de pastos suculentos y luego en el rumen fueron aprovechados eficientemente por los microorganismos, vale decir, que estos mismos microorganismos se fortalecieron y cuando los animales fueron sacados a pastorear en pasto nativo, los microorganismos del rumen fortificados no tuvieron reparos en degradar los pastos duros y lignificados de la pradera natural.

Trabajando en las zonas altoandinas, aprendimos de los productores ganaderos con experiencia, siempre buscan suministrar forrajes verdes de calidad para sus animales durante el estiaje y época intermedia (Abril a Diciembre). Este hecho, es vital para el mantenimiento y producción de los animales poligástricos alto-andinos. Más aún, con los conceptos vertidos por Leng 1997 y los trabajos de investigación realizados en IVITA-La Raya, se demuestra técnica y científicamente que es de vital importancia contar con pasturas de calidad durante la época seca, para ser utilizados como alimento suplementario.

Ahora la pregunta es: *¿cómo y dónde conseguimos estos forrajes de calidad?*

Precisamente para responder a ésta pregunta, en esta sección se desarrollarán aquellas prácticas de producción de forrajes, y también algunas técnicas de manejo sostenible de praderas nativas, que han sido investigadas y validadas en el Centro Experimental de IVITA La Raya- Maranganí, el INIA y otras Instituciones (Universidades, ONGs y otros). Dentro de éstas existen algunas prácticas que han sido investigadas, validadas y socializadas, las cuales serán discutidas ampliamente en la presente Sección. Es necesario indicar, que existen otras que han sido ampliamente difundidas, como la siembra de forrajes anuales (avena, cebada) y otras que no ameritan su discusión en este texto.

# **1. ESTABLECIMIENTO, CULTIVO Y MANEJO DE ALFALFA EN VALLES INTERANDINOS**

Su nombre científico es *Medicago sativa*. Es denominada como “la reina de las forrajerías”, tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso. Pertenece a la familia de las leguminosas. Se trata de una planta perenne, que posee raíces pivotantes, tallo erecto, hojas trifoliadas, flores de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos. El fruto es una legumbre indehiscente, que contiene entre dos y seis semillas, amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm de longitud. El cultivo de la alfalfa tiene algunas ventajas comparativas con el resto de las forrajerías y se puede citar algunas:

- Tiene gran adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos.
- Por ser leguminosa tiene alto contenido de proteína y mejora la alimentación del ganado.
- Mejora la estructura del suelo e incorpora nitrógeno en simbiosis con las bacterias nitrificantes (*Rhizobium*).
- Son perennes y su vida productiva puede llegar a los 10 años.
- Alta producción de biomasa.

Los pasos a seguir para su establecimiento son:

## **1.1. INTALACIÓN DE ALFALFA.**

### **1.1.1. Selección de áreas.**

La selección de áreas para la implantación de alfalfa debe ser cuidadosa, debido a que la instalación de esta leguminosa tiene una inversión inicial alta, además, es perenne. Por tal razón, para su instalación se debe seleccionar un lugar apropiado teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Calidad de suelos y aptos para fertilización orgánica y convencional
- Topografía plana y/o pendiente moderada
- Agua disponible y condiciones para construcción de sistema de riego

Además, de estos factores es necesario tomar en cuenta la profundidad y drenaje del suelo. La profundidad efectiva debiera ser igual o mayor a 80 cm, siendo lo ideal más de 1 m. También, la alfalfa tiene poca tolerancia al exceso de agua en el suelo causado por un mal drenaje, lo que deprime el desarrollo de las raíces y afecta severamente el rendimiento y persistencia de la pastura.

Para seleccionar el terreno se debe realizar un trabajo muy exhaustivo teniendo en consideración las siguientes características:

#### **➤ Uso actual del terreno.**

El mayor error que se comete al instalar pastos cultivados en la sierra es obviar la aptitud del terreno seleccionado es decir, si es apto para el cambio de pasto natural a cultivado. Muchas veces es mejor mantener el césped nativo o en el mejor de los casos realizar una introducción

de leguminosas en el campo natural. Hay que tener en cuenta que un pastizal natural está adaptado a las condiciones climáticas de la zona, en cambio un cultivado, por su naturaleza de ser introducido necesita de muchos cuidados y exigencias, y sobre todo por su alto costo de instalación y manejo.

➤ ***Topografía y altitud.***

Es ideal contar con un terreno plano o ligeramente inclinado, debido a que estos pastos necesitan riego para mostrar su máximo potencial de producción. Terrenos escarpados necesitan de un trabajo de movimiento de tierras para allanar y facilitar la distribución del agua de riego.

Con relación a la altitud, es necesario indicar que está probado que es factible instalar satisfactoriamente la alfalfa en condiciones de valles interandinos y altiplano (hasta los 3900 msnm) sin mayores contratiempos, siempre y cuando se cuente con semillas que tengan un valor de dormancia 4 ó valores cercanos a éste.

➤ ***Características del suelo.***

Aunque los cultivares de alfalfa no son muy exigentes en las cualidades del suelo, sin embargo se deben tomar algunas precauciones: buscar suelos profundos igual o mayor a 80 cm, siendo lo ideal más de 1m. Deben ser bien drenados, debido a que las alfalfas poseen raíces pivotantes y profundas y cuando la napa freática se encuentra muy superficial se corre el peligro de someter a las raíces a la asfixia, con el consiguiente marchitamiento de la planta.

Una forma práctica para determinar el grado de humedad del suelo en el campo es la siguiente: se toma un puñado de suelo y se comprime entre la mano, cuando el contenido de humedad es cerca al óptimo, el suelo se desmorona fácilmente al comprimirlo entre la mano. Cuando la puñada de suelo se torna maleable como plastilina, el contenido de humedad es elevado; en tanto que si el suelo no se deforma ante la presión de la mano, el suelo está muy seco para las actividades de mecanización.

La acidez del suelo es un factor determinante en una buena instalación de alfalfa. Se prefiere valores de pH por encima de 5.8. Cuando existen valores de pH menores al valor señalado, existe la presencia del ión aluminio ( $Al^{+3}$ ) y otros, que bloquean y causan precipitados del nutriente fósforo. Además, por su efecto tóxico el aluminio afecta el crecimiento de las raíces de la planta.

➤ ***Disponibilidad del agua.***

Un cultivo como la alfalfa, por ser perenne y con tiempo de producción mínimo de 06 años, es necesario contar con la provisión de agua de riego suficiente para que pueda prosperar durante los meses de transición entre la época de lluvias y el estío. En condiciones de la puna y altiplano es necesario aclarar que los alfalfares no necesitarán agua de riego durante los meses lluviosos (Enero-Abril) salvo cuando se presentan sequías esporádicas; tampoco necesitarán riego durante los meses secos y fríos (Mayo-Agosto), por encontrarse las plantas dormantes y con cero de actividad radicular. Sin embargo, durante los meses de transición (Setiembre-Diciembre), el clima es menos severo y permite el uso de agua de riego, estimulando el rebrote y crecimiento de los alfalfares.

Recuerde que con un caudal de 1 litro/seg se puede regar 1 ha con una lámina de 8 mm de agua en 24 horas, con la aplicación el riego por gravedad.

### **1.1.2. Preparación de suelos.**

La preparación del terreno se realiza al final de la época de lluvias (Abril), cuando hay humedad suficiente en el suelo, que facilitará el trabajo de la maquinaria agrícola, además, con la humedad remanente en el suelo habrá un rebrote de las malas hierbas que perecerán con la llegada de las heladas y falta de agua durante el invierno. También, se puede realizar esta labor con la caída de las primeras lluvias (Octubre-Noviembre).

Esta tarea comprende todas las medidas que se han de tomar sobre el terreno, antes de la siembra en sí, esto incluye:

- *Roturación del suelo y/o volteo de la vegetación anterior.* En el sector altoandino del sur del Perú se puede encontrar dos tipos de vegetación anterior a la instalación: pastos naturales y cultivos agrícolas.

Los pastos naturales deben ser volteados cuando el suelo contiene humedad suficiente que facilite esta labor, o sea a finales de la época de lluvias. Para esto el arado es útil como instrumento de labranza y, de ser posible, el uso de arados de disco es apropiado para terrenos duros; el uso de instrumentos manuales como el tirapié o chaquitajilla acarrean bastante trabajo y disposición de mayor mano de obra, pero en ocasiones es la única posibilidad. En todo caso, la descomposición de la capa vegetal es necesaria antes de la preparación de la cama de siembra. Como recomendación, en algunas oportunidades se suele sembrar avena forrajera el primer año luego de la roturación y el segundo año empezar la siembra definitiva de alfalfa; con ello, se da tiempo para una descomposición de los restos del cultivo anterior, se mejora la calidad de la “cama de siembra”, además de obtener alto rendimiento inicial de la pastura cultivada.

En caso de terrenos cultivados, la roturación sólo puede hacerse después de la cosecha. Para reducir la erosión que puede causar el viento no se recomienda utilizar la rastra o grada de discos y se deja los terrones sin deshacer, hasta reiniciar la preparación del terreno con la caída de las primeras lluvias poco antes de la siembra.

- *Labranza del subsuelo.* - Es necesaria cuando se sabe que existen capas duras “hardpan” a escasa profundidad que impiden la infiltración del agua y desarrollo de raíces. Para ello se cuenta con el subsolador que rompe las capas duras y petrificadas que alcanzan hasta un metro de profundidad.
- *Desmenuzamiento.* - Usualmente el desterronado se puede hacer con una maza o picota, pero en grandes áreas de terreno volteado se puede usar la grada de discos o rastra. El momento oportuno se da con las primeras lluvias.



Figura 72. Preparación manual del terreno. Fundo Trinidad  
IVITA Maranganí Cusco. Foto R. Farfán

### 1.1.3. *Infraestructura de riego.*

La planificación para la irrigación que se utilizará debe hacerse previamente tomando en cuenta las condiciones básicas de topografía y disponibilidad de agua. Como un medio facilitador de este aspecto se considera un croquis del terreno o, mejor aún, un plano topográfico donde se ubicará la canalización, acequias, zanjas o surcos.



Figura 73. Preparación de melgas para riego por gravedad.  
Tomado de Velásquez, O. 1995

En la ejecución de trabajos de infraestructura de riego se considera:

- La construcción, ampliación y reparación de las tomas de agua (bocatoma) y de su regulador o compuerta.
- Construcción del canal primario, pasos, puentes, etc.
- Construcción de canales secundarios y distribuidores de agua.
- Construcción del sistema de drenaje (desagüe).
- Construcción de zanjas al interior de la parcela a regar.
- Si se considera el sistema de riego por aspersión, se debe calcular la altura de la toma de agua o reservorio, longitud total de tuberías y número de aspersores.

#### **1.1.4. Cama de siembra.**

Son los trabajos sobre el suelo, no muy profundos, relativos a la preparación de la siembra en sí. La finalidad es obtener una cama de germinación óptima para la simiente de los pastos. Se debe cumplir para ello con las siguientes condiciones:

- Capa superior de 2 a 3 cm, bien mullida y desmenuzada, que permita la uniformidad en la colocación de la semilla, un buen contacto con la tierra y suficiente ventilación y calor.
- Eliminación de la mala hierba que pudiera haber crecido.
- Nivelación de la superficie del suelo.

Así, el momento oportuno en el sector Altoandino para realizar la cama de siembra es entre fines de Octubre a fines de Noviembre para la puna húmeda y puna seca. El instrumento más indicado para esta labor, por su disponibilidad en la región, es la grada de discos, que puede cortar, voltear, mullir y entremezclar el suelo, con una profundidad de 10 a 25 cm. Para condiciones del pequeño productor campesino, en áreas reducidas, el uso del rastrillo se ajusta a los propósitos del mullido y nivelado de la cama de siembra. La profundidad de siembra debe ser superficial, de 0,6 a 1.2 cm y no superior a 2 cm, debido al reducido tamaño de la semilla. En el siguiente cuadro se establece la importancia de la profundidad de siembra y su efecto sobre la emergencia de la alfalfa.

Cuadro 20. Porcentaje de emergencia de alfalfa sembrada a diferente profundidad

Profundidad de siembra (cm)	Porcentaje de emergencia
1.25	61
2.25	46
3.75	27

#### **1.1.5. Semilla apropiada.**

La semilla en realidad es un fruto maduro seco, cuya función es originar una nueva planta. Representa el medio de supervivencia y diseminación de la mayoría de las plantas superiores.

➤ **Madurez Fisiológica.**.- Se dice que una semilla está madura cuando:

- Posee mayor tamaño
- Porcentaje adecuado de humedad
- Máximo contenido de materia seca
- Máximo porcentaje de vigor
- Máximo porcentaje de germinación

➤ **Dormancia = Latencia = Letargo.**.-

Existe una escala de 1 a 11 para medir la dormancia de los pastos. Donde 1 representa dormancia alta y 11 sin dormancia. Analizando ésta escala se deduce que:

- Un pasto con dormancia alta, posee mayor resistencia al frío, pero su velocidad de rebrote es menor.

- Un pasto con dormancia moderada, posee moderada resistencia al frío y moderada velocidad de rebrote.
- Pasto sin dormancia, resiste menos al frío, pero su velocidad de rebrote es mayor

➤ ***Grado de reposo invernal***

Inicialmente se conocía como reposo invernal o latencia, a la característica genética de la alfalfa de permanecer en estado latente, para sobrevivir el rigor del invierno. Luego, se vio que también influía el fotoperiodo, es decir la longitud del día. De allí el concepto cambió a: "*el resultado del efecto combinado de días cortos y temperaturas frías*".

La latencia invernal, es inducida por una temperatura de 15°C y una longitud del día de 12 horas. Bajo condiciones de días cortos, las diferencias entre variedades sin reposo y con reposo invernal son más pronunciadas que a bajas temperaturas. En resumen, los grupos de variedades se clasificaban de la siguiente manera:

Cuadro 21. Clasificación de grupos de acuerdo a la resistencia al frío y velocidad de rebrote.

GRUPO	RESISTENCIA	VELOCIDAD DE REBROTE
4	MAYOR	MENOR
5		A
6		A
7		A
8		A
9		A
10		MENOR
11		MAYOR

En mejoramiento genético, se trabajó para obtener plantas con menor reposo invernal y mayor resistencia al frío. De esta manera se lograron variedades sin reposo invernal, capaces de producir y persistir en climas más fríos.

A partir de este logro, se puede decir que *el reposo invernal en alfalfa es una respuesta directa a la longitud del día*. Cuando los días se acortan, la alfalfa comienza fisiológicamente a detener el crecimiento. Las plantas detienen su crecimiento vertical y hay una notable reducción en la producción de forraje. Una disminución en el fotoperiodo causa mayor disminución del crecimiento en las variedades con reposo que las sin reposo. Esto ocurre independientemente de las condiciones climáticas.

No se debe confundir el *reposeo invernal* con la latencia inducida por las temperaturas frías o las sequías. Éstas son verdaderas dormancias, ya que ocurren en respuesta a condiciones adversas. El reposo invernal, no es una verdadera dormancia porque ocurre aún cuando las condiciones son adecuadas para continuar el crecimiento. Es una estricta respuesta a la longitud del día que ocurre a cualquier temperatura y a cualquier nivel de humedad. Las plantas varían en su expresión de reposo invernal dependiendo de la longitud del día y de los genes que ellas poseen para la sensibilidad al fotoperiodo.

*La latencia inducida por el frío*, es una respuesta a la gradual baja de temperaturas. El frío avanza rápidamente cuando las temperaturas están cerca de las heladas. La dormancia por

frío, puede ocurrir a cualquier longitud del día, en plantas que tienen genes para la resistencia al frío. Esta dormancia se romperá en respuesta al aumento de la temperatura.

La resistencia de la alfalfa a las condiciones invernales, es una habilidad de las plantas para sobrevivir en el invierno (estío) y ser productivas en la primavera siguiente (época lluviosa). Está definida por la persistencia y el rendimiento en forraje. La persistencia mide la sobrevivencia, mientras el rendimiento del forraje mide la sobrevivencia y el grado de daño que la planta sufrió durante el invierno. Se consideran condiciones invernales a las causadas por las temperaturas frías, heladas, cobertura de nieve, lámina de hielo, aire seco y congelado, el suelo congelado y el descongelamiento.

La *dormancia inducida por la sequía*, ocurre cuando la alfalfa está sometida al estrés por sequía. La alfalfa permanecerá en aparente inactividad durante ese período e inmediatamente comienza a rebotar cuando cambian las condiciones.

Las variedades con reposo invernal intermedio a largo, tienen la aptitud de producir mucho forraje en pocos cortes. Se adaptan a regiones con inviernos rigurosos y largos, con un período libre de heladas y por lo tanto tienen la producción más concentrada, pero no significa que sean menos productivas. Las variedades de alfalfa están clasificadas en los siguientes grupos de acuerdo al grado de reposo invernal.

Cuadro 22. Grupos de reposo invernal

	Nombre del grupo
1	Extremadamente largo
2	Muy largo
3	Largo
4	Intermedio largo
5	Intermedio
6	Intermedio corto
7	Corto
8	Muy corto
9	Extremadamente corto
10	Sin Reposo I
11	Sin Reposo II

Fuente: National Alfalfa and Forage Alliance

➤ **Pasos para determinar la calidad de semilla.**

Se debe contar con los siguientes datos:

PG = Poder Germinativo

SP = Semillas Puras

PF = Pureza Física

SG = Semillas Germinadas

TS = Total de Semillas (100)

DA = Densidad Agronómica

**EJEMPLO:**

Semilla no certificada

Semilla certificada

- *Determinar el Poder Germinativo*

$$SG = 70$$

$$SG = 90$$

$$PG = SG \times 100/TS$$

$$PG = SG \times 100/TS$$

$$PG = 70 \times 100/100$$

$$PG = 90 \times 100/100$$

$$PG = 70\%$$

$$PG = 90\%$$

- *Determinar la Pureza Física*

$$SP = 95$$

$$SP = 99$$

$$PF = SP \times 100/TS$$

$$PF = SP \times 100/TS$$

$$PF = 95 \times 100/100$$

$$PF = 99 \times 100/100$$

$$PF = 95\%$$

$$PF = 99\%$$

- *Determinar el Valor Cultural (VC)*

$$VC = PG \times PF/100$$

$$VC = PG \times PF/100$$

$$VC = 70 \times 95/100$$

$$VC = 90 \times 99/100$$

$$VC = 66.5\%$$

$$VC = 89.1\%$$

- Para determinar la cantidad de semilla utilizada para la siembra de un determinado pasto se debe conocer la Densidad Agronómica (DA) de los pastos a sembrar, por ejemplo para la Avena en la sierra y altiplano se tiene una DA= 120 kg/ha.

$$\text{Cantidad semilla} = DA \times 100/VC$$

$$\text{Cantidad semilla} = DA \times 100/VC$$

$$= 120 \times 100/66.5$$

$$= 120 \times 100/89.1$$

$$= 180 \text{ kg/ha.}$$

$$= 135 \text{ kg/ha.}$$

- Costos ( S/ 2.00 por kg de semilla de Avena)

$$\text{Exceso} = 180 - 120 = 60 \text{ kg/ha.}$$

$$\text{Exceso} = 135 - 120 = 15 \text{ kg/ha.}$$

$$S/ 2.00 \times 60 \text{ kg} = S/. 120.00 \times ha$$

$$S/ 2.00 \times 15 \text{ kg} = S/. 30.00 \times ha$$

- Diferencia a favor de la semilla certificada:

$$S/ 120.00 - S/ 30.00 = S/ 90.00 \times ha.$$

### **1.1.6. Inoculación de semillas de leguminosas.**

La inoculación de la semilla con el rizobio específico de la alfalfa (*Rhizobium meliloti*) debe ser una práctica fundamental en el establecimiento de alfalfares; para permitir la nodulación de las plantas y fijación simbiótica de N, ya que esta bacteria no se encuentra en forma natural en nuestros suelos. El rol de la alfalfa como forraje es muy importante porque aporta la proteína necesaria en la dieta y mejoran la palatabilidad de la pastura.

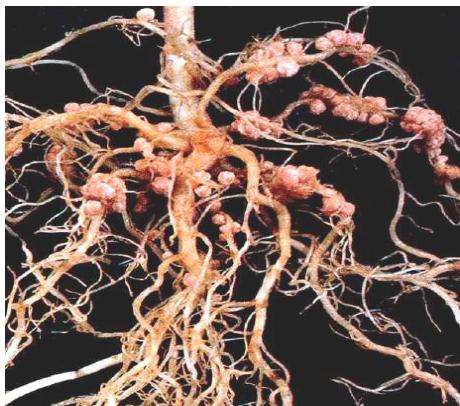


Figura 74. Raíz de alfalfa con nódulos viables

Los inoculantes son cultivos bacterianos vivos, muy sensibles a la luz solar directa, razón por la cual se sugiere que su mezcla con las semillas de leguminosas se debe hacer a la sombra, inmediatamente antes de la siembra. Una bolsita comercial de bacterias alcanza para 10 a 15 kg de semillas de leguminosas, para tener éxito se recomienda aplicar el doble de inoculante recomendado en la etiqueta del producto. Para facilitar el manejo de las semillas inoculadas es recomendable peletizarlas (cubrir la semilla con carbonato de calcio u otro polvo fino mediante un adhesivo). Esto protege a los rizobios aumentando su viabilidad y proporciona, además, un ambiente adecuado para la nodulación. Recomendable en suelos ácidos.

Para una buena inoculación se deben tener presente los siguientes aspectos:

Las leguminosas forrajeras inoculadas pueden abastecer 80% de sus requerimientos de nitrógeno (N) por fijación biológica.

Con nodulaciones eficientes la fijación biológica para distintas especies puede alcanzar a 200-400 kg de N por año

En cultivos asociados las gramíneas se benefician por la transferencia y utilización de hasta un 60 % de N fijado por las leguminosas.

Mayor producción total de forraje de la pastura asociada durante su ciclo productivo.

Aumenta la concentración de N y proteína en el forraje mejorando su valor nutritivo.

Sustitución parcial de fertilizantes nitrogenados.

Las fallas en la nodulación pueden resultar costosas, ya que en la mayoría de los casos la única solución es la resiembra de los lotes.



Figura 75. Proceso de inoculación y oreo de semilla de alfalfa.  
Tomado de Miranda F. 1994.

#### 1.1.7. *Fertilización del terreno.*

El tema fue tratado en la Sección Abonamiento y Fertilización

#### 1.1.8. *Siembra.*

Habiendo procedido con los pasos anteriores llega el momento de sembrar la semilla en el terreno preparado y en el momento adecuado, es decir a comienzos de la estación de lluvias en un día preferentemente nublado.



Figura 76. Siembra de alfalfa con maquinaria agrícola.  
Tomado de Miranda, F. 1994.

La dosis de semilla requerida para lograr una adecuada densidad y rendimiento, es variable, dependiendo de numerosos factores (preparación de suelos, método de siembra, clima, calidad de semilla y otros). Es por ello que en la literatura existe un amplio rango de recomendaciones que va desde 10 kg/ha de semilla hasta más de 25 kg/ha. Por las experiencias logradas en IVITA, para la Sierra Peruana se recomienda dosis entre 20 a 25 kg, de semilla por hectárea.

En una siembra manual, el sistema de siembra depende de la pericia que tenga la persona que va a distribuir la semilla en el campo, siendo necesario observar que haya una buena mezcla de las semillas y que su distribución sobre el terreno sea lo más pareja posible (que no falte ni sobre semilla) y que las mismas queden enterradas a una profundidad adecuada. Existen dos métodos de siembra:

*Siembra al voleo.*- Es la más recomendable, sobre todo para pequeñas extensiones, teniendo siempre en cuenta la medida y distribución de la semilla (se puede practicar antes con arena o aserrín). Es factible subdividir el terreno, marcando con estacas o piedras, antes de comenzar a esparcir las semillas con la mano y de manera uniforme.

Para enterrar las semillas se puede usar una rastra de poco peso y en posición de ángulo. Una forma empírica de cubrir las semillas es utilizando un rebaño de ovinos para que transiten sobre el terreno y así las semillas queden enterradas. Otra forma es arrastrando un tronco largo, no muy pesado, sobre el terreno sembrado. La importancia de cubrir las semillas radica en que se debe evitar que las ellas se sequen a la intemperie, mueran las bacterias nitrificantes inoculadas y evitar que sirva de alimento para las aves. Por otro lado, cuando las semillas se entierran a mucha profundidad, éstas cuando germinen no tendrán el vigor suficiente para alcanzar la superficie y perecerán en el intento.

*Siembra en surcos.*- En terrenos de poca extensión es posible hacer surcos, distanciados en 30 cm, donde se colocará la semilla mezclada y, posteriormente, cubiertas no profundamente con herramientas de mano.

## 1.2. PASTOREO.

Entre los factores más importantes del manejo de la alfalfa se encuentra el momento de utilización e intervalo entre cosechas. De éstos depende en gran medida el vigor y velocidad de rebrote, (determinantes en el rendimiento y persistencia del alfalfar), así como la calidad alimenticia obtenida. El rebrote después de una cosecha principalmente proviene de las yemas de la corona, situadas cerca del nivel del suelo y secundariamente, de las yemas axilares de los tallos cortados. El número de yemas y rapidez con que éstas inician su desarrollo, dependen del nivel de carbohidratos de reserva acumulados en las raíces y corona durante el crecimiento anterior. La acumulación de carbohidratos de reserva aumenta a medida que crece la planta, hasta lograr su máximo en plena floración. (Tratado ampliamente en Sección Métodos de Pastoreo).

Por otra parte, el aumento de los tallos en relación a las hojas y el incremento del contenido de fibra de los tallos, es la causa principal de la pérdida de calidad que sufre la planta a medida que madura. La producción de tallos aumenta linealmente desde los estados vegetativos de desarrollo hasta los inicios de floración. La producción de tallos y hojas tiende a igualarse en el inicio de floración y posteriormente, en la floración avanzada, los tallos alcanzan un 60% y las hojas un 40% de la producción. El tiempo necesario para una adecuada acumulación de reservas, así como aquel requerido para una determinada calidad, será variable dependiendo de las condiciones climáticas, principalmente de la temperatura y luminosidad (largo del día), pero también está influenciado por factores de estrés, como sequía, plagas y enfermedades, etc. Por lo tanto el momento de utilización e intervalo entre cosechas será diferente dependiendo de la estación del año, localidad y condición o vigor de la pastura.

Tradicionalmente, en condiciones de la Sierra Peruana, se ha recomendado utilizar la alfalfa a principios de la floración de la planta, cuando la altura de rebrotes de la corona sea de 5 cm o cuando las plantas alcancen en promedio 20 cm de altura, teniendo en cuenta que las plantas no estén muy jóvenes (brotes) y el suelo no esté muy húmedo. Se debe dejar pastorear hasta que las plantas se hayan reducido hasta unos 5 cm, esto facilitará el rebrote y macollamiento de los pastos; en ningún caso los animales deben consumir la corona de las plantas, por ello el primer pastoreo no debe durar más de 2 ó 3 días, dependiendo de la extensión, claro está.

Después que ha pasado el período de dormancia (Mayo a Agosto) y teniendo en cuenta el tratamiento que se le dé a la pastura, (lo que implica su protección, irrigación y abonamiento de mantenimiento), el siguiente pastoreo puede darse en un lapso de 45 a 60 días(sierra), luego del primer uso y cuando las plantas alcancen un nuevo crecimiento y, según la época del año, conociendo que éstas no deben florecer y/o espigar.

### 1.3. FERTILIZACION PERIÓDICA O DE MANTENIMIENTO

Cuando las pasturas se encuentran en rebrote y crecimiento, luego de cada pastoreo, el consumo de nutrientes minerales por la planta es elevado y reducen su presencia en el complejo del suelo, complementándose este hecho con el lavado y lixiviación realizado por las aguas de regadío; entonces, es necesario restaurar el rendimiento de la pastura a través de constantes incorporaciones de abonos naturales y fertilizantes minerales luego de cada pastoreo. Los niveles que recomendadas ya fueron tratadas en una Sección anterior.

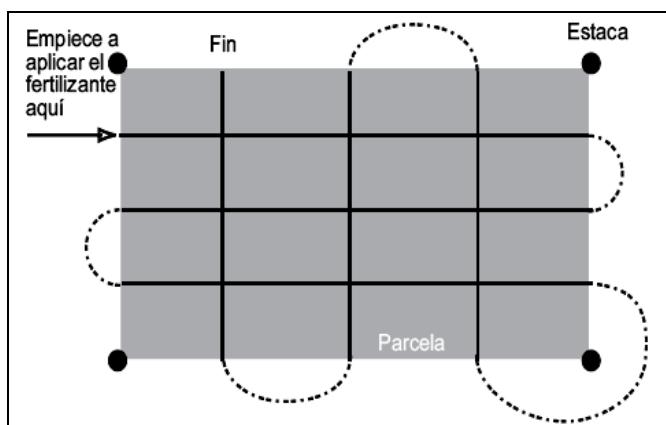


Figura 77. Forma adecuada de distribuir los fertilizantes manualmente

Algunos suelos de zonas Altoandinas se caracterizan por contar en forma natural con importantes niveles de potasio, por lo que se puede prescindir de este elemento al momento de planificar la fertilización. La incorporación complementaria de estiércol de ganado en la tarea de fertilización de mantenimiento es perfectamente posible siempre y cuando se cuente con la cantidad y calidad adecuada y se garantice su introducción al suelo.

### 1.4. RIEGOS.

La provisión de agua es muy importante en las pasturas cultivadas, por lo que el riego periódico es imprescindible si se quiere mantener los niveles de producción de los pastos, más aún en época seca en que los intervalos de riego deben ser cada 8 días y efectuados en las primeras horas de la mañana; evitar el riego por las tardes en los meses en que hay mayor frecuencia de heladas.



Figura 78. Riego en alfalfa en el período de transición (Set-Dic) en el Altiplano  
Tomado de Velásquez, O. 1995.

En los valles interandinos de clima templado el pastizal bien regado es menos susceptible a las heladas.

### 1.5. UTILIZACIÓN.

La mejor manera de utilizar esta pastura es a través del pastoreo, henificación o ensilado. El corte se lo debe realizar cuando alcanzan un 10% de floración; en la henificación se debe tener cuidado en el secado, con volteos diarios para evitar su pudrición y el ataque de hongos.



Figura 79. Utilización de Alfalfa var. WL 325 en el Altiplano Peruano  
a 3820 msnm. Tomado de Velásquez O. 1995

Se debe tener presente en todo momento que las pasturas cultivadas, en especial la alfalfa, no reemplazan a las pasturas nativas, su función es complementaria y, como dice San Martín (1996), las pasturas cultivadas irrigadas son económicamente beneficiosas si éstas son usadas como suplemento (no como base alimenticia) de las praderas nativas. Pudiéndose considerar como prácticas de suplementación en alpacas las siguientes:

- El pastoreo restringido de las pasturas cultivadas (alfalfa).
- El corte para heno, en la época de lluvias, para su utilización en la época seca.
- La suplementación en el último tercio de gestación.
- Engorde de tuis durante la época seca.
- Suplementación de alpacas hembras tuis para inducir una maduración sexual temprana y producir una cría extra en la vida productiva de la hembra.

## **1.6. VALOR NUTRITIVO DE LA ALFALFA**

Es necesario conocer que la alfalfa se encuentra en el mejor momento de aprovechamiento durante el estado fenológico de pre-floración, donde fácilmente llega a satisfacer los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras en producción (hasta 20 litros/día sin el uso de concentrados) y alcanzar la regla de oro que es: 20-30-40. Es decir, 20% de proteína cruda, 30 de FDA y 40 de FDN. Con un Valor Relativo de 150.

Cuadro 23. Valor nutricional de la alfalfa en diferentes estados fenológicos.

<b>GRADO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>PB</b>	<b>FDA</b>	<b>FDN</b>	<b>VALOR REALITIVO</b>
<b>Prima</b>	Pre-flor	+ 9	+ 30	- 39	150
<b>1</b>	Comienzo flor	17-19	31-35	40-46	125-149
<b>2</b>	Media floración	14-16	36-40	47-53	103-124
<b>3</b>	Plena floración	11-13	40-42	53-60	87-102
<b>4</b>	Diseminación	8-10	43-45	61-65	75-86

Tomado de Flórez A. 2002. Gloria-UCSM AQP.

## **2. ESTABLECIMIENTO, CULTIVO Y MANEJO DE PASTOS ASOCIADOS RYEGRAS – TREBOL**

Las pasturas cultivadas son la base de la alimentación de la ganadería al pastoreo ya sea a nivel de valles interandinos o en el altiplano y se las considera como la herramienta para manipular la producción en la explotación porque son la fuente de alimento más barata que existe; y al asociar gramíneas con leguminosas proveen un alimento completo y balanceado al ganado (energía y proteína).

La instalación de pasturas es una actividad de alto costo, por lo que antes de iniciarla se debe planificar el trabajo con la finalidad de que se logren los objetivos esperados. La planificación debe considerar los siguientes puntos:

- Tamaño del área a sembrar
- Disponibilidad de agua para riego
- Diseño de la unidad de pastoreo
- Disponibilidad de semillas en el mercado
- Disponibilidad de fertilizantes en el mercado



Figura 80. Asociación ryegras-trébol blanco bien manejado.  
Fundo Trinidad IVITA-Maranganí-Cusco Foto R. Farfán

Las plantas forrajeras que componen una pradera tienen la capacidad de sobrevivir y crecer bajo un sistema de defoliación permanente. Esta habilidad está dada por la ubicación de sus puntos de crecimiento o yemas que se encuentran muy cercanos al suelo y protegidas del daño directo del pastoreo animal o del corte mecánico.

Los principales grupos de plantas que conforman la pradera son las gramíneas, las leguminosas y especies de hoja ancha. En este capítulo se describe la instalación, manejo y utilización de una pastura asociada, cuyo cultivo ha sido validada y socializada en la Sierra del Perú. Entre estas variedades de gramíneas se tiene el *Lolium perenne* (ryegras inglés), *Lolium multiflorum* (ryegras italiano) y la leguminosa *Trifolium repens* (trébol blanco). Esta

es una mezcla forrajera que más se ha adaptado a las condiciones altoandinas, ya que el ryegrass inglés le da calidad y persistencia, el ryegrass italiano por su duración bianual le da cantidad y calidad y el trébol le da calidad proteica y persistencia.

Con relación a la altitud, existen antecedentes desde 1972 en el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos IVITA-La Raya, que es posible instalar pastos cultivados hasta 4200 msnm, con el antecedente que se puede observar praderas de pastos cultivados de la mezcla *Lolium perenne*-*Trifolium repens* y *Festuca rubra*, en plena producción después de 35 años de instalado. Para ello, es necesario realizar un trabajo de rehabilitación cada 6-10 años, es decir aplicar un subsolador, para remover el suelo que se encuentra compactado con el uso y dar aireación y también aprovechar esta labor para aplicar una fuerte dosis de abonos y fertilizantes.

## 2.1. INSTALACIÓN DE RYEGRAS-TREBOL BLANCO

### 2.1.1. *Selección de áreas.*

Es muy importante hacer una buena selección de áreas para la implementación de pasturas cultivadas, debido a que se realizará una inversión a largo plazo y el éxito y/o fracaso dependerá de la selección apropiada de éstas áreas de cultivo.

#### ➤ *Calidad de los suelos.*

Condiciones bajo las cuales un suelo es bueno:

- Textura arcillosa y/o franco arcillosa.
- Profundo y con poca pedregosidad.
- Reacción neutra del suelo (pH 6.6 hasta 7.5).
- Alto contenido de M.O. (2% en suelos arenosos y más de 4% en suelos arcillosos).
- Por lo menos tenga un contenido medio de nutrientes.

0,14% de Nitrógeno (N). El N depende del contenido de humus.

20 ppm de Fósforo (P). (Olsen)

250 ppm de Potasio (K).

#### ➤ *Topografía.*

Se refiere al relieve del suelo, que debería ser plana, para evitar en el futuro trabajos de nivelación del suelo que influirá directamente en el sistema de riego a instalarse. Es necesario contar con las siguientes condiciones topográficas:

- Superficies planas, sin depresiones ni elevaciones del terreno.
- Con pendientes bajas, que permitan un óptimo riego por gravedad (máximo 4%).
- En las partes bajas del terreno debe haber una pendiente tal que permita la existencia de un canal de evacuación para agua excedente.

#### ➤ *Disponibilidad de agua.*

Debido a que se va a trabajar con pastos perennes y de alta producción, se debe asegurar la provisión permanente de agua, especialmente durante los períodos intermedios (Setiembre-

Diciembre). Las condiciones óptimas para contar con agua de regadío son:

- Suficiente cantidad de agua. Disponer de 1 litro/segundo por hectárea durante el mes más escaso (Octubre).
- Buena calidad de agua, sin peligro de salinización.
- Ninguna restricción en el derecho de uso de agua.

### **2.1.2. *Preparación del terreno.***

Se comprende como preparación de terreno todas las medidas efectuadas antes de la siembra. La finalidad es lograr una cama de germinación óptima para las semillas de gramíneas y leguminosas. El momento adecuado es al comenzar la época de lluvias (Octubre-Noviembre), cuando se tenga las siguientes condiciones:

- Humedad del suelo suficiente para posibilitar que los terrones se desintegren.
- Las semillas de malas hierbas que permanecieron en el suelo han sido germinadas.
- Caída de primeras lluvias, que permitan que la maquinaria empleada no apelmace el suelo causando daños.

#### **➤ *Roturación del suelo.***

También se puede considerar como la tarea de voltear el cultivo anterior. En la Sierra Peruana se consideran las siguientes tareas:

##### **- *Pastos naturales.***

También se conoce como “rompe” y debe realizarse de todas maneras cuando la humedad del suelo es suficiente, por lo tanto, a fines de la época de lluvias. Un pastizal nativo soportado por muchos años la compactación del suelo por efecto del pisoteo durante el pastoreo, además, en una comunidad vegetal nativa cerrada existen numerosas especies, cuyas raíces forman una masa compacta de material vegetal, por cuya razón se recomienda hacer el “rompe” utilizando el arado de discos y una máquina suficientemente potente como para realizar una tarea efectiva de labranza. Después del volteo en el suelo quedan masas compactas de raíces de la comunidad vegetal pre-existente, a causa de esto, es aconsejable sembrar avena forrajera el primer año y recién en el segundo año empezar con la implantación de pastos asociados.

##### **- *Pastos cultivados agotados.***

Se aplica cuando necesitamos hacer una renovación de pastos y/o reemplazar el cultivo anterior por otro diferente. La tarea no es muy laboriosa, debido a que los suelos han estado en permanente uso y la labranza no será muy dificultosa.

##### **- *Tierras cultivadas.***

La roturación de tierras cultivadas solo puede hacerse después de la cosecha del cultivo anterior (avena, papa, quinua, etc.). Para reducir la erosión por el viento, es aconsejable dejar terrones en la superficie, por consiguiente, no utilizar la rastra después de arar.

➤ ***Labranza del subsuelo.***

Cuando existe presencia de capas duras de suelo a escasa profundidad, es necesario realizar una labranza profunda, ya que con esta labor se facilitará la infiltración del agua y el desarrollo de las raíces de los pastos. Existen implementos de labranza como el subsolador que rompen las capas duras y petrificadas del suelo, ofreciendo un medio efectivo de mejoramiento del suelo.

➤ ***Desmenuzamiento de terrones grandes y masas compactas de pastos.***

Antes de la preparación de la cama de siembra es necesario desmenuzar las acumulaciones de tierra y vegetales. El implemento apropiado de trabajo es la rastra de discos. Usualmente es suficiente una tarea de rastra cruzada, después de las primeras lluvias. La tarea se facilita cuando el cultivo anterior fue avena, papa, quinua, etc, sin embargo, se dificulta cuando se realiza la tarea de roturación del césped nativo.

#### **2.1.3. Infraestructura de riego.**

Están incluidos trabajos que son necesarios para:

- La construcción, ampliación o reparación de la toma de agua (boca toma).
- La construcción y/o reparación del canal principal, incluido los pasos, puentes, etc.
- La construcción de distribuidores de agua.
- La construcción de canales secundarios y distribuidor final para la irrigación de parcelas.

En la sierra se puede acreditar los siguientes sistemas de riego:

- ***Sistema “Diques de contorno”.***.- Se aplica en áreas con pendientes superiores a 5% y para amortiguar el paso del agua y evitar los efectos negativos de la erosión. Se caracteriza por sus canales a curvas de nivel, donde el agua se distribuye de las partes altas hacia las bajas, de modo tal, que los canales reciben agua, se llenan y desbordan hacia el canal más próximo y bajo. La distancia entre canales es de 10 a 30 m.
- ***Sistema “Melgas”.***.- Es eficiente en terrenos con pocas ondulaciones o cuando existen posibilidades de nivelación. El área se divide en parcelas de 3 a 10 metros de ancho y de aproximadamente 50 m de largo. Las divisiones se construyen con bordes de tierra que dirigen el deslizamiento del agua. Se abre el canal que sirve para dotar con agua las melgas y cuando toda el área está humedecida, se cierra el canal. La mayor desventaja de este sistema, es la distribución desigual del agua en terrenos ondulados y la posible erosión de áreas con pendientes relativamente altas.
- ***Riego por aspersión.***.- Este método de riego presurizado consiste en aplicar gotas de agua (en forma de lluvia más o menos intensa y uniforme) sobre el suelo, con el objeto de que infiltre en el mismo punto donde cae. El riego por aspersión hace uso de emisores donde la descarga de agua es inducida por la presión disponibles en los laterales de riego (tuberías donde van insertados los aspersores).

#### **2.1.4. Preparación de la cama de siembra.**

Son los trabajos no muy profundos del suelo que anteceden a la siembra. La finalidad de esta labor es lograr una cama de germinación óptima para las semillas de pastos, donde la capa

superior de 2-3 cm de espesor, quede mullida y convenientemente desmenuzada, lo que permite la colocación uniforme de la semilla y posterior germinación rápida y a tiempo. Los trabajos de campo se debe realizar en la época oportuna y utilizando los aperos apropiados. Dentro de éstos tenemos los siguientes:

- **Rastras**. El trabajo con éste apero consiste en cortar, voltear, mullir y entremezclar el suelo. La profundidad efectiva del laboreo está entre 10 y 20 cm. Para la siembra de una mezcla forrajera (gramínea-leguminosa) esta profundidad se considera demasiada.
- **Rastras de dientes**. Son útiles para la preparación de la cama en caso de suelos ligeros. Su aplicación tienen algunas ventajas en la Sierra:
  - Fácil y simple aplicación.
  - Poca profundidad de trabajo.
  - Mínimo desgaste.
  - Se necesita poca fuerza de tracción.

#### **2.1.5. Semilla.**

El productor debe estar consciente que la siembra de pastos perennes es una inversión a largo plazo, por consiguiente, su rentabilidad depende de la elección de una semilla apropiada. De acuerdo a las experiencias realizadas tanto por el IVITA, INIA y otras entidades se ha observado que un monocultivo no siempre es capaz de cumplir con las condiciones arriba mencionadas, por ello se recomienda una asociación de especies que combinen sus propias características, como gramíneas y leguminosas. A continuación se muestra algunas especies de forrajes de gramíneas, leguminosas y otras, cuyo cultivo ha sido ampliamente difundido en los valles costeros e interandinos, y altiplano del Perú:

##### ➤ **Gramíneas forrajeras**

###### - **Ryegrass Kingston**

Prospera bien en suelos pobres y marginales con problemas de acidez y exceso de aluminio, por su vigoroso desarrollo radicular. Por su fácil establecimiento puede pastorearse desde el primer corte, siempre y cuando la hierba esté muy tierna de unos 50 días de establecida, de esta manera se acorta el período para hacer el segundo corte. Es recomendable asociarlo con un ryegrass bianual como Sonik y un trébol Ladino y/o un trébol Redquei, para formar una pastura con balance nutricional deseable. Rápido establecimiento en suelos nuevos. Produce abundante cantidad de forraje desde el primer corte. Ideal para pastoreo intenso y rotativo. Se tiene las siguientes características: producción aprovechable de biomasa de 16 ton MS/ha/año. Proteína 16%. Energía 11 MJ /kg de MS. Digestibilidad 75%. Soportabilidad 3 a 4 vacas/ha/año.

###### - **Matrix (Festololium)**

Por tener en su composición 85% de ryegrass Inglés y 15% de Festuca del Prado, le permite tener la calidad de hoja de un inglés y la rusticidad para suelos fríos y lluviosos de una Festuca. Se desarrolla en suelos húmedos, fríos y de pluviosidad prolongada. Alta resistencia a enfermedades de hoja como roya, pudiendo producir forraje aún en condiciones climáticas

adversas. Responde muy bien en asociación con tréboles como Redqueli o Ladino dependiendo del tipo de suelo. Desarrolla bien en cualquiera de las estaciones, produciendo buena cantidad de macollos que la hacen resistente al pastoreo y mejora la producción de materia seca. Aconsejable para rotaciones de pastoreo largas (35 a 40 días). Producción aprovechable 17 ton/MS/ha. Proteína cruda 15%. Energía 11.5 MJ/kg de MS. Digestibilidad 80%. Longevidad 5 a más años. Soportabilidad 5 vacas/ha. Es un híbrido diploide perenne.

- ***Dactylis Treposno***

Variedad de crecimiento intermedio. Es de maduración temprana ideal para asociarlo con trébol Redqueli y sembrarlo en zonas con problemas de terreno seco y medio ambiente con humedad relativa baja. Pasto de establecimiento lento, cuidando que en los cortes sucesivos no dejar madurar ni espigar, ya que pierde su habilidad para asociarse con la leguminosa. Tiene una producción total de 35 ton/MS/ha/año, con 14% de proteína bruta, 10 MJ/Kg de MS de energía, alcanzando una digestibilidad de 65%. La soportabilidad es de 2.5 vacas por ha y una longevidad de 7 años o más.

- ***Festuca alta***

Planta perenne, que en condiciones de la sierra produce bien durante gran parte del año, excepto durante los meses secos y fríos (Mayo-Agosto). A diferencia de la mayoría de las gramíneas es de gran rusticidad, pero pierde en calidad. Desarrollo en diferentes tipos de suelos en especial en los de textura media a pesada. Tiene raíz profunda, que le facilita llegar a las diferentes capas del suelo lo que le permite dar “piso” a las pasturas. Crece bien en lugares húmedos, tolera anegamientos en invierno y tiene resistencia a la sequía, los mejores rendimientos se logran en suelos fértilles y con buena humedad. El pasto se aprovecha cuando alcanza 15 a 20 cm de altura, por encima de ésta se hace poco palatable. Tiene una producción aprovechable de 13 ton MS/ha, con una provisión de 16% de proteína bruta. La energía alcanza 10 MJ/Kg de MS y una digestibilidad de 65%. Puede persistir en el campo por 7 años o más.

- ***Sonik***

Es el reemplazo natural del conocido Tama Neozelandés (TZ), contiene las mismas características en cuanto a precocidad y tipo de crecimiento, pero se diferencia por tener resistencia múltiple a enfermedades de hoja y sobre todo a Roya. En pruebas de campo realizadas en Cajamarca y Huancayo, el ryegrass Sonik demostró tener un 25% más de rendimiento en cuanto a materia seca y energía disponible, comparado con el tradicional Tama italiano. Crece bien en lugares con suelo de textura franca y bien drenada. En promedio puede persistir de 1 o 2 años más que Tama NZ. Pastorear a los 30 cm, para corte o ensilado a los 40 cm. Proporciona mayor cantidad de energía por kg de MS producida. Alcanza una producción aprovechable de 16.5 ton MS/ha/año, con 16% de proteína. La energía llega a 12.6 MJ/kg de MS con una digestibilidad de 85%. La soportabilidad es de 4 vacas por ha. La persistencia es de 3 a 4 años. Es tetraploide.

- ***Perun (Festlolium)***

Híbrido resultante de la cruce de un Tama italiano x Festuca media. Esta hibridación da como resultado un grás de buen tamaño, es precoz al primer corte y buena producción desde el primer año. La Festuca le concede la rusticidad necesaria para poder ser cultivada en terrenos

marginales de baja fertilidad o con problemas de drenaje. Tiene buen macollamiento, lo que le permite ser usado como gras para pastoreo. Se puede asociar con ryegrases perennes y tréboles como el Ladino. Puede sembrarse en suelos pobres marginales. Tolerancia a encharcamientos y suelos secos. Resistencia a plagas y enfermedades. Puede ser usado para corte o pastoreo.

Tiene una producción aprovechable de 16.4 ton MS/ha/año, con un contenido de proteína de 15%. La energía alcanza a 11.5 MJ/Kg de MS y una digestibilidad de 75%. Soportabilidad de 3.5 vacas por ha. Es tetraploide y resistente a la roya.

- ***Tetralite II (Lolium bocheanum)***

Desarrollado para poder ser usado como gras para corte, debido a su gran porte y tamaño de hoja. Tiene en su composición 75% de Italiano y 25 % de Inglés. Posee buena cobertura e ideal para ser asociado con trébol rosado (Redquel) o también con un ryegrass bianual. Como buena productora de forraje, posee gran cobertura aérea y basal. Es persistente debido a la presencia de ryegrass inglés en su composición. Prospera bien en terrenos marginales de baja fertilidad y con problemas de drenaje. Tiene una gran cantidad de tallos por mata, lo que le permite ser usado como gras para pastoreo. Se puede asociar con ryegrases perennes y tréboles como el Ladino. Puede ser usado para corte o pastoreo. La producción aprovechable es de 18 ton MS/ha/año, con 16% de proteína. La energía alcanza los 11.6 MJ/kg de MS y una digestibilidad de 75%. Puede soportar 4 a 5 vacas por ha. Es un híbrido tetraploide y la resistencia a la roya es media.

- ***Warrior***

Pastura de origen Australiano de gran versatilidad en cuanto a adaptación a una gran variedad de climas que van de frío seco a cálido. Son pastos de hoja ancha y buena calidad. Ideal para corte y ensilado. Produce en laderas y suelos nuevos, siendo fundamental la provisión del nutriente nitrógeno para obtener la máxima respuesta. Su producción aprovechable llega a 18 ton MS/ha/año, con 15% de proteína bruta. La digestibilidad llega a 75%, con 12 MJ/kg de MS de producción energética, alcanzando una digestibilidad de 75%. Es diploide bianual y tolerante a la falta del recurso hídrico.

- ***Attain (Western Woldicum)***

Ryegras italiano tetraploide que se caracteriza por su gran tamaño, calidad de hoja, rusticidad y buena recuperación después del corte o pastoreo. Es usado generalmente en zonas de suelos pobres para colonizar terrenos marginales de ladera por su gran desarrollo radicular y convertirlos en praderas utilizables. Puede ser asociado con Dactylis y Trébol Huia para dominar suelos nuevos. Tiene una producción aprovechable de 16 ton MS/ha/año, con 15% de proteína. La energía llega a 11 MJ/kg MS, con 72% de digestibilidad. Soporta 3.5 vacas por ha. Es bianual y posee resistencia a la roya.

- ***Avena Urano***

Avena de doble propósito (grano-forraje) En experimentos realizados en Sicuani-Cusco (ISTEV-Vilcanota 3550 msnm) y Puno (INIA-Illpa 3820 msnm) superó a las variedades locales como la Vilcanota y Mantaro, tanto en producción de forraje como calidad nutritiva. Presenta hojas anchas y largas desde la base del tallo, produciendo hasta 80 t de forraje verde.

Energía 9 MJ/kg de MS. Madurez a grano lechoso 150 días. Uso para ensilado.

- ***Vicia Atropurpurea***

Es una leguminosa anual de carácter trepadora de hojas largas y abundantes. Se desarrolla bien en suelos de buena calidad con altos niveles de materia orgánica, no es recomendable sembrar vicia en suelos con pH ácido. Se asocia bien con Avena Urano.

➤ ***Leguminosas forrajeras (Alfalfas y Tréboles)***

- ***Alfamaster***

Es una variedad con dormancia 10, que permite producir forraje todo el año. En pruebas de campo realizadas en diferentes zonas se obtuvo rendimientos 20% superiores en MS que la variedad CUF 101 y 15% más que Moapa 69. Alfamaster 10 es una variedad frondosa y densa que empieza en la base del tallo, con un hábito de crecimiento de coronas erectas. Por su buena producción y contenido de hojas puede ser usado para henificarla o ensilarla. Se adapta bien en los valles costeros y valles interandinos bajo riego por gravedad o aspersión. Posee buen vigor y resistencia a enfermedades. Genética de última generación que le permite producir durante el verano e invierno sin mayores diferencias en los valles costeros. Puede ser usada para corte (heno) y pastoreo. Tolerante a escasez de agua de riego o lluvia por su gran profundidad de raíz. Se logra 9 a 11 cortes por año con producciones superiores a 30 t de MS/ha/año, alcanzando tamaños de 80 cm. Con 24% de proteína bruta, energía de 6.2 MJ/Kg de MS. Su longevidad alcanza es de 3 a 5 años. Resistente a plagas.

- ***Alfaplus.***

Posee dormancia 9. Igual que la variedad anterior, ofrece un contenido alto de proteína, que favorece una mayor ganancia de peso por animal, además, mejora la producción de leche con mayor cantidad de sólidos. Es frondoza y por su hábito de crecimiento semierecto hace que tenga un gran cubrimiento de área y evita la entrada de malezas. Alfalfa de producción continua. Tolerancia al pisoteo. Formación de ramas y hojas desde la base del tallo. Posee múltiple resistencia a enfermedades fungosas y a Phytophthora. Su producción alcanza 28 t MS/ha/año en 8 a 9 cortes por año y alturas de 70 cm. Con 22% de proteína y la energía alcanza a 6.0 MJ/kg de MS. Persistencia de 3 a 5 años. Prospera en valles costeros e interandinos hasta 3300 msnm.

- ***WL 350***

Dormancia 4. Su adaptación ha sido ampliamente validada en los valles interandinos y altiplano de la sierra Peruana. De gran comportamiento invernal, puede desarrollar de 3 a 4 cortes o pastoreos por año y su grado de persistencia es destacable. Se caracteriza por ser una alfalfa de segundo año. El primer año es simplemente de instalación. La semilla germina con facilidad aún en condiciones adversas. Responde a la fertilización fosfórica. Buen cubrimiento de campo. Resistencia a plagas y enfermedades. Produce hasta 28 ton MS/ha/año en 3 a 4 cortes. Puede alcanzar 100 cm de tamaño y su persistencia es mayor a 06 años. En cuanto a calidad posee 22% de proteína bruta y 6.5 MJ/kg de MS.

- **Brown 4**

Alfalfa con dormancia 4, adaptada a climas de la serranía peruana con alturas superiores a los 3500 msnm. Es particularmente importante mencionar que esta variedad fue introducida y validada en lugares como el altiplano de Puno, en las Provincias Altas de Cusco como Espinar y Canchis, y otras. En la Sierra Peruana la estacionalidad es muy marcada, así, existen 04 meses lluviosos (Enero-Abril), cuatro meses secos y fríos (Mayo-Agosto) y cuatro meses intermedios (Setiembre.-Diciembre). Durante los 04 meses fríos y secos las plantas se encuentran dormantes y el crecimiento es cero. Pero durante los 08 meses de transición y lluviosa, la alfalfa Brown 4 desarrolla toda su potencialidad productiva y alcanza hasta cuatro cortes. A diferencia de otras variedades dormantes Brown 4 puede producir forraje desde el primer año. Responde bien a la asociación con *Dactylis*, para hacer un mix que disminuya el riesgo de aventazón. La producción alcanza a 28 ton MS/ha/año con un promedio de 3 a 4 cortes. Su altura alcanza 80 cm y persiste en el campo por 10 a 12 años. Su calidad nutritiva es relevante, alcanzando valores de 24% de proteína bruta y 10 MJ/kg de MS de energía.

- **WL 450**

Dormancia 6. Otra variedad de alfalfa ampliamente difundida en los valles interandinos y altiplano de la sierra Peruana. Contiene características de una alfalfa neta de secano como WL 350 o Brown 4; por consiguiente, puede desarrollar su potencial tanto en zonas de secano como valles interandinos, produciendo hasta 6 cortes anuales si es favorecida con riego asistido y sin restricciones de agua durante su desarrollo. Responde a la fertilización fosfórica y posee buen cubrimiento de campo. Produce entre 22 y 30 ton/MS/ha/año en 5 a 6 cortes, alcanza alturas de 60 a 80 cm. Persiste por más de 04 años en el campo. El contenido de proteína bruta es de 24% y la energía 6.5 MJ/kg de MS. Resiste a enfermedades y plagas como el Fusarium (MRP).

- **Brown 6**

Dormancia 6. Es una alternativa para lugares intermedios en valles interandinos bajo riego y jalca andina bajo secano. Donde se quiera obtener al menos 4 cortes de alfalfa al año en terrenos por encima de los 3000 msnm. En el Brown 6 la productividad está directamente relacionada a la duración del período de lluvias del lugar donde se realiza la siembra; se obtiene más cortes en la medida que se alargue el período de lluvias y caso contrario disminuirá el número de cortes. Alfalfa semidormante con producción invernal. Mayor producción de alfalfa en condiciones de Jalca Peruana. Produce en zonas con escasez de humedad del suelo y en secano. Posee corona enterrada, ancha y poco profunda que le permite resistir las épocas de sequía y heladas y recuperarse rápidamente en lugares con climas benignos. Produce hasta 28 ton MS/ha/año en 4 a 7 cortes y una altura de 60 a 70 cm. Persiste por 5 a 8 años. El contenido de proteína es de 24% y la energía 6.5 MJ/kg de MS.

- **Trébol Redquelí**

Es una variedad desarrollada en Chile, considerada como el trébol rosado de alta potencialidad productiva, con hojas anchas y numerosas, gran porte y sobretodo una corona enterrada, que permite al ganadero pastorear de forma intensiva sin temor a disminuir la densidad de planta. Muchos suelos de la sierra peruana son ácidos y la semilla puede ser peletizada para asegurar la emergencia de las plántulas. La semilla de Redquelí viene peletizada, lo cual asegura una buena producción de bacterias nitrificantes en la pradera

asociada con el ryegras. Posee un contenido de proteína de 24%, con una digestibilidad de 80%. Persiste por 3 a 4 años y se puede utilizar sin restricciones como ensilado.

- ***Trébol Ladino***

En muchos lugares de la Sierra, los antecesores de esta especie de trébol blanco prácticamente se han naturalizado, con una baja producción por ha y bajo contenido nutritivo. Recientemente se han introducido tréboles, especialmente de la variedad *Ladino* que ha colmado las expectativas del productor ganadero de la sierra en cuanto a calidad y cantidad de nutrientes en la dieta de sus animales. Ésta especie de trébol blanco posee características intermedias de un Redquel y un trébol Huia. Posee una buena producción en temporada de lluvias y disminuyendo en temporada seca. Desarrolla mejor en suelos húmedos que en suelos secos. Se asocia bien con grases de carácter intermedio a perenne. No es compatible con bianuales. Puede contener hasta 22% de proteína bruta, con una digestibilidad de 80%. Puede persistir en el campo de 3 a 4 años. Se aconseja su uso como ensilaje.

➤ ***Mezclas forrajeras.***

Existen muchos ensayos y experiencias en el cultivo extensivo de pastos introducidos en las zonas altoandinas (3500 msnm a más), a continuación se recomienda algunas mezclas forrajeras para valles interandinos y altiplano:

<i>Mezcla Forrajera para Pastoreo</i>		<i>Cant/Semilla</i>
Ryegras inglés	var. “NUI”	15 kg/ha.
Ryegras italiano	var.“TAMA”	10 kg/ha.
Trébol blanco	var.“HUIA”	3 kg/ha.
Ryegras inglés	var.“NUI”	15 kg/ha.
Ryegras italiano	var.“TAMA”	5 kg/ha.
Festuca rubra	var. Estolonifera	5 kg/ha.
Trébol blanco	var. “HUIA”	3 Kg/ha.
Trébol blanco	“G 27” ó “Quiñequegli”	2 kg/ha.
Ryegras inglés	var.“NUI”	15 kg/ha.
Dactylis glomerata	var.“WANA”	10 kg/ha.
Trébol blanco	var.“HUIA”	5 kg/ha.
Alfalfa	“RANGER”	5 kg/ha.
Dactylis glomerata	var.“WANA”	10 kg/ha.
<b><i>Especies para corte</i></b>		
Alfalfa	“MOAPA 69”	25 kg/ha.
Alfalfa	“CUF 101”	25 kg/ha.
Alfalfa	“RANGER”	25 kg/ha.

## **2.1.6. Inoculación de la semilla de leguminosas.**

Las plantas leguminosas tienen la capacidad de asociarse a bacterias del género *Ryzobium* y con ello logran aprovechar el N-atmosférico (forma de N<sub>2</sub>), cuya absorción directa por las plantas no es posible. Las bacterias colonizan las raíces de las plantas formando pequeñas estructuras redondeadas denominadas nódulos. Las bacterias utilizan para su crecimiento y reproducción el tejido y los nutrientes de las plantas colonizadas; mientras tanto, absorben y metabolizan el nitrógeno atmosférico presente en el aire del suelo y lo transforman en iones nitrogenados asimilables por la planta que han colonizado. Este intercambio de beneficios entre las plantas y las bacterias se denomina simbiosis.

La simbiosis planta-bacteria es específica a nivel de especie, es decir, la bacteria que coloniza una especie leguminosa no coloniza otra. Cuando una especie leguminosa nunca ha sido cultivada en un determinado lugar y en el suelo no existe la bacteria específica no hay fijación de N-atmosférico o es muy ineficiente. En estos casos se debe realizar la inoculación de la bacteria específica en las semillas de la especie leguminosa, antes de la siembra.

Un indicador práctico para certificar la eficiencia de la fijación del nitrógeno es el color de la parte interior de los nódulos. La presencia de un color rosáceo al aplastar el nódulo indica buena eficiencia, mientras que un color blanquesino, indica baja eficiencia.

Se estima de manera general que el 30-35% del N presente en la biomasa de una leguminosa es producto de la fijación simbiótica (aporte) y el restante 65-70% es N absorbido del propio suelo (reciclaje), variando desde simbiosis muy eficientes (en zonas tropicales), hasta simbiosis poco eficientes (en altura sobre los 4000 msnm). Por ello, las prácticas de asociación de pastos (gramíneas) con plantas leguminosas son deseables y recomendables. Pueden producir entre 50 y 70 kg de nitrógeno puro por hectárea (equivale aproximadamente a 200 kg de nitrato de amonio/ha.).

### **➤ *Inoculante.***

Es un producto que contiene muchos millones de bacterias benéficas fijadoras de nitrógeno por gramo de soporte (turba enriquecida).

### **➤ *¿Por qué inocular las semillas?***

- Incrementa el nitrógeno del suelo, mejorando suelos marginales degradados.
- Coloniza suelos no agrícolas.
- Acelera la descomposición de la materia orgánica.
- Aumenta la resistencia a sequías y ahorra el uso de fertilizantes químicos.

### **➤ *¿Cómo inocular?***

- Un día antes de la siembra, preparar la solución adherente, es decir, 10 cucharadas colmadas de azúcar en media taza de agua caliente.
- El día de la siembra, mezclar la solución adherente con las semillas.
- Sobre las semillas humedecidas empolvar todo el contenido de un sobre de inoculante.
- Mezclar hasta conseguir que las semillas queden cubiertas del inoculante.
- Despues de la inoculación extender las semillas inoculadas para que oree en la sombra y en lugar fresco durante 20 a 30 minutos.

- Sembrar las semillas inoculadas, teniendo un tiempo máximo de 5 días después de realizada la inoculación.

➤ ***Dosis de aplicación para leguminosas.***

- Alfalfa. Sobre de 200 g para 10 kg de semilla.
- Trébol. Sobre de 200 g para 10 kg de semilla.

### **2.1.7. Fertilización.**

➤ ***Para el establecimiento de pastos.***

Es muy importante contar con un análisis físico-químico de los suelos seleccionados para la siembra (Tratado en la Sección Abonamiento y Fertilización). A falta de éste, tomando en cuenta la experiencia de muchas instituciones estatales y no estatales en el uso de fertilizantes en la siembra de pastos en la sierra, se podría usar con cierta reserva las siguientes cantidades en kg/ha:

<i>Nutrientes puros</i>		<i>Fertilizante</i>	
N	20-30 kg	=	60-90 kg nitrato de amonio (33.5%)
P	80 kg	=	150 kg superfosfato triple de calcio (46%)
K	60 kg	=	100 kg cloruro de potasio (60%)

Muchos forrajeros y/o productores no están de acuerdo con la fertilización nitrogenada a la siembra, sin embargo, técnicamente una dosis mínima de N es necesario, ya que la simbiosis entre las bacterias y las leguminosas (tréboles, alfalfas, etc) entra en función recién seis semanas después de la siembra y con ella comienza la fijación y provisión del nitrógeno del aire a la planta.

### **2.1.8. Siembra.**

➤ ***Condiciones para la siembra.*** Depende de los siguientes factores:

- ***Estación del año.*** Después de muchas experiencias se ha llegado a la conclusión que la siembra debe ser al inicio de lluvias (Octubre-Noviembre), cuando la temperatura media ha subido, logrando que el suelo tenga 10 °C, facilitando la germinación de las semillas, rápido desarrollo de las plántulas y fundamentalmente, para que las bacterias nitrificantes tengan un ambiente favorable para desarrollar y producir.
- ***Condiciones favorables del suelo.*** En otras palabras, debe haber un buen laboreo del suelo, que significa: tener la capa superior del suelo mullida, superficie llana, libre de mala hierba. Evitar el exceso de humedad del suelo, porque dificulta la labor de siembra, así, como el tapado de las semillas. Cuando existe poca humedad, ocasiona que las semillas no germinen o lo hagan con retraso, incluso existe la posibilidad que las plántulas mueran después de la germinación.
- ***Condiciones favorables del tiempo.*** Aunque el tiempo no puede ser controlado por el hombre, se necesita un buen don de observación, experiencia y conocimiento del lugar y

poder prever unos días antes si el tiempo será bueno o malo. Generalmente esta cualidad poseen los productores y campesinos de mayor edad.

➤ ***Sistemas de siembra.***

- ***Siembra al voleo.*** Es un sistema barato e ideal para pequeñas extensiones de terreno. La desventaja, con relación a la siembra a máquina, es la necesidad de mano de obra con experiencia, para distribuir uniformemente semillas tan pequeñas como la del trébol, aunque, en las comunidades existen personas con experiencia en la siembra de gramíneas como trigo, avena, cebada, etc.
- ***Siembra con máquina sembradora.*** Se recomienda lo siguiente:

Regular el distribuidor de semillas de la forma deseada, para que cuando se siembre una gramínea (ryebras) y leguminosa (trébol) la distribución de la mezcla sea uniforme. La profundidad alcanzada por la sembradora debe ser mínima. Después de la siembra solo se pasará rodillo y no rastra. La siembra a máquina es barata y segura, se emplea en grandes extensiones, teniendo como ventaja la distribución y entierro uniforme de semilla.

## 2.2. PRODUCCIÓN DE PASTOS CULTIVADOS

La tasa de crecimiento de las pasturas varía de estación en estación mostrando la mayor productividad durante la época de lluvias. La información referente a la tasa de producción de pastos se utiliza para la elaboración de los presupuestos forrajeros que son la base de la alimentación animal bajo sistemas pastoriles. En el Cuadro 24 se aprecia la producción mensual de diferentes mezclas de pastos evaluados en condiciones experimentales en la zona centro del Perú.

Cuadro 24. Producción mensual de pastos en kg/MS/ha.

MESES	MEZCLA SIMPLE DE DOS ESPECIES G/L	MEZCLA MULTIPLE DE 5 ESPECIES 3G/2L
Enero	1,490	3,040
Febrero	1,620	2,620
Marzo	1,550	2,520
Abril	1,500	1,920
Mayo	1,300	1,740
Junio	990	960
Julio	1,050	1,300
Agosto	1,240	1,270
Setiembre	1,260	1,200
Octubre	1,490	1,430
Noviembre	1,440	1,590
Diciembre	1,430	1,920
TOTAL ANUAL	14,360	21,400

Fuente: Bojórquez C. 1974 IVITA-Huancayo

## 2.3. MANEJO RACIONAL DE PASTURAS.

### ➤ *Principios básicos para el manejo de praderas.-*

El objetivo del manejo de praderas es la producción de forraje, permitiendo la renovación de las reservas de las plantas para mantener su vigor y permitiendo la máxima productividad en el mediano y largo plazo. El conocimiento de los principios del crecimiento de las plantas en las praderas es fundamental para el manejo apropiado del pastoreo.

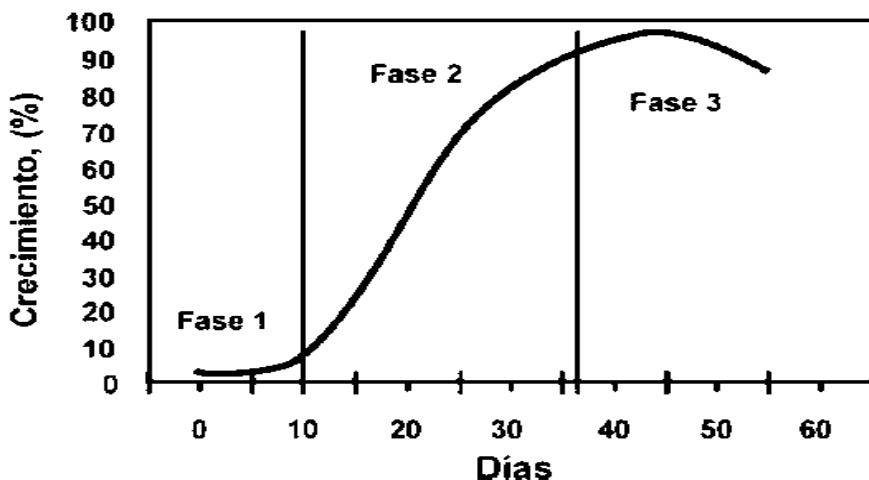


Figura 81. Curva de crecimiento de plantas en praderas.

Tomado de Nuñez et al. 1998. INIFAP México

Las plantas capturan energía solar mediante sus hojas verdes a través de la fotosíntesis. La energía es convertida a carbohidratos para su crecimiento o ser almacenada para usarse después. En la Fase 1, las plantas tienen pocas hojas y realizan menos fotosíntesis, su crecimiento es lento y tienen que utilizar parte de los carbohidratos almacenados. En la Fase 2, las plantas tienen más hojas, su crecimiento es rápido, su fotosíntesis es mayor, lo cual les permite almacenar carbohidratos. En la última fase, la fotosíntesis disminuye debido al sombreo de las hojas superiores; además que la energía capturada se utiliza para la floración y formación de semillas. La calidad nutricional del forraje disminuye, a medida que las plantas se desarrollan, tienen más tallos, concentración de fracciones fibrosas y menos concentración de proteína cruda.

Un buen manejo de las praderas requiere un equilibrio entre la producción y calidad nutricional del forraje a través de la aplicación de los principios del crecimiento de las plantas. El mejor momento para iniciar el pastoreo es inmediatamente después del crecimiento rápido y antes de la floración y semilleo. Con esto se obtiene alta producción y calidad nutricional del forraje. En vacas lecheras y animales con desarrollo rápido, el pastoreo se puede iniciar antes del momento mencionado, con lo cual, los animales obtendrán forraje de mejor calidad nutricional. Animales con requerimientos nutricionales menores (vacas secas, etc) pueden iniciar el pastoreo en la parte alta de la curva. En general, las guías para iniciar el pastoreo en un potrero es cuando el pasto tenga un altura de 15 a 25 cm y se deben mover los animales a otro potrero cuando la altura del pasto llegue a 7-8 cm. Con esto, las plantas tendrán períodos de descanso para recuperar su reserva de carbohidratos para la siguiente época de crecimiento

*En condiciones de valles interandinos se debe cumplir con los siguientes requisitos:*

- **Primer pastoreo.** Un indicador para proceder con el primer pastoreo es cuando las plantas han alcanzado los 15-20 cm de altura. En lo posible el primer pastoreo debe ser con ovinos o camélidos, ya que animales mucho más grandes y pesados como los vacunos, pueden causar daños por pisoteo o las plantas arrancadas de raíz.
- **Sistema de pastoreo.** Se recomienda utilizar el sistema de pastoreo rotativo, utilizando potreros cercados con alambre o cercos eléctricos y/o una combinación de ambos, es decir, alambre para los cercos perimétricos y cerco eléctrico para las subdivisiones. El número de parcelas de pastoreo se puede calcular de la siguiente manera:

Para la época de lluvias: Pastoreo = 3 días

Descanso = 39 días

$$N^{\circ} \text{ de parcelas} = \frac{39+3}{3} = 14$$

Para la época de estío:

Pastoreo = 5 días

Descanso = 60 días

$$N^{\circ} \text{ de parcelas} = \frac{60+5}{5} = 13$$

#### ➤ **Fertilización de mantenimiento.**

Muchos productores no están de acuerdo con una fertilización nitrogenada de mantenimiento, aduciendo que las bacterias nitrificantes se encargarán de proveer de suficiente nutriente nitrógeno para las plantas. La experiencia muestra que para asegurar un rendimiento máximo en materia verde y sustancias nutritivas, es necesario agregar una cantidad mínima de 20- 30 kg N/ha después de cada pastoreo (60- 90 kg/ha de nitrato de amonio al 33.5%). También es necesario aplicar una vez por año al comienzo de la época de lluvias 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (150 kg/ha de superfosfato de calcio triple al 46 %). El nutriente potasio se encontraría presente en la mayoría de los suelos de la Sierra en cantidades suficientes para asegurar una buena producción de pastos. Sin embargo, algunos suelos de los valles interandinos son bastante ácidos, por consiguiente, deficientes en el nutriente potasio y será necesario aplicar 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha (100 kg de cloruro de potasio 60 %).

#### ➤ **Riegos.**

Los pastos cultivados son de alta producción, por consiguiente, necesitan riegos periódicos que debe empezar en el mes de abril, una vez a la semana, dejando correr 4.6 lts/seg/ha de agua durante 8 horas. Se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Riego cada 8 días.
- Regar tanto tiempo y con tal cantidad de agua que las plantas no muestren señales de marchitez.
- El suelo debe ser humedecido de manera uniforme, hasta alcanzar una profundidad de 20-30 cm.
- Los pastoreos deben realizarse después de 2 a 3 días del riego.

### **3. *Phalaris tuberoarundinacea*: COMO RECURSO FORRAJERO ESTRATEGICO EN LA PRODUCCION ANIMAL EN LA SIERRA PERUANA**

Es conocido por todos quienes están inmersos en la problemática de la producción animal en las zonas altoandinas, que las praderas naturales son la base de la alimentación y nutrición de los animales; el reto que se plantea para mejorar las condiciones de esta actividad ganadera debe tomar muy en cuenta la alternativa que supone contar con pastos cultivados que contribuyan a mejorar la base nutricional de la ganadería de las partes altas del Perú.

En este sentido, el *Phalaris tuberoarundinacea* es una gramínea forrajera de alta producción que se ha adaptado fácilmente a las condiciones de puna, teniendo la característica de ser una pastura perenne, que en su mejor momento fenológico (prefloración) contiene hasta un 22% de proteína (en base seca), se puede obtener en dos cortes anuales un promedio de 37 toneladas de forraje verde (en condiciones similares a los del Centro Experimental "La Raya", Cusco a 4 200 msnm), produce heno de buena calidad y muy apetecible por el ganado camélido (Farfán R. 1998).

El cultivo de esta pastura es relativamente fácil y accesible a los productores ganaderos de la puna, quienes también deben tomar en cuenta que para lograr una buena producción de *Phalaris* es necesario prodigarle las mejores condiciones para su crecimiento y desarrollo, así como una labor de mantenimiento en la mejor condición ambiental posible.

Son varias las formas de utilización de estas pasturas, entre ellas el corte con fines de henificación y es el más recomendable, también, el uso por pastoreo directo y el cultivo con fines de producción y distribución de esquejes para su multiplicación masiva.

Finalmente, el tema de los costos de instalación del cultivo de *Phalaris* se presenta en un cuadro donde se muestra el costo de instalación de una hectárea en condiciones del Centro Experimental "La Raya". Cabe mencionar que a nivel de los criadores y productores de puna estos costos se pueden abaratlar tanto en cuanto dispongan de los materiales locales para la debida protección del cultivo y de la mano de obra necesaria para tal efecto. El costo de los insumos, en especial de los fertilizantes, es un gasto indispensable para el establecimiento del cultivo y para su mantenimiento, dadas las características exigentes de la planta; sin embargo el uso de abono orgánico en las tareas de mantenimiento puede abaratlar este concepto.

#### **3.1. INSTALACIÓN Y CONDICIONES**

El productor ganadero altoandino que ha decidido incorporar pasturas a la oferta alimenticia de su fundo debe tener en cuenta que los pastos cultivados son de por sí exigentes en nutrientes, agua, suelo, clima y otras particularidades, que pasamos a describir.

*La descripción de las condicionantes para el cultivo del Phalaris son el resultado de las observaciones y evaluaciones hechas en los ámbitos del sur andino del Perú, fruto de muchos ensayos en terrenos de pequeños productores y comunidades campesinas y de intercambios de experiencias entre productores, técnicos y profesionales que participan en esta actividad, y consecuencia de la experiencia institucional del IVITA Marangán.*

### ➤ *Condiciones Ecológicas.*

Están referidas a las características medioambientales que mínimamente se debe contar con un terreno apto para instalar el cultivo de Phalaris.

**CLIMA.-** Si bien el pasto en cuestión es resistente a las heladas, que son muy frecuentes en la puna, no significa que se pueda escoger un sitio expuesto en forma directa a los vientos fríos nocturnos; más al contrario, ubicaremos un sitio "abrigado" el cual puede estar situado: en medio de dos laderas, en los corrales que tienen cercos altos de piedra, a un costado de las viviendas, áreas pequeñas protegidas por cercos vivos constituidos por arbustos originarios como la q'euña (*Polylepis sp*), t'ola (*Baccharis*, *Parastephia*, etc) y otros.

**SUELO.-** Este elemento debe mostrar las características que consideramos más importantes y de fácil observación.

- *Profundidad.-* La capa arable debe tener como mínimo 20 cm de espesor y buena disponibilidad de materia orgánica, preferentemente de color oscuro. Se ha observado que un indicador de buenos suelos es el crecimiento alto de especies nativas como la Chillihua (*Festuca dolichophylla*).
- *Textura .-* No conviene elegir terrenos arenosos o demasiado sueltos por qué no retienen el agua, tampoco suelos arcillosos o duros que no permiten la filtración del agua. De preferencia se debe observar un suelo de características: franco, franco arenoso o franco arcilloso, libre de piedras o rocas y de buena porosidad.
- *Pendiente.-* No mayor a 20% de inclinación, para facilitar las labores de riego evitando la escorrentía y favoreciendo la absorción del agua.

**AGUA.-** El sitio elegido para instalar un área de cultivo de Phalaris debe garantizar el aprovisionamiento suficiente de agua para riego como condición prioritaria e indispensable si se quiere tener éxito en la producción de este forraje.

Se ha observado que la mayor humedad relativa de la Puna Húmeda favorece el desarrollo y rebrote del Phalaris, por lo que los riegos pueden ser más espaciados; mientras que en la Puna Seca este factor se torna crítico, pudiendo llegar a morir la plantación si no recibe un riego frecuente. En este aspecto cabe resaltar el trabajo de cosecha y siembra de agua (tratado anteriormente), actividad que tiene bastante auge entre los productores altoandinos, a lo que puede complementarse favorablemente la propuesta de cultivo de Phalaris.

### ➤ *Condiciones Económicas.*

Por lo general, la instalación y mantenimiento de pastos cultivados, desde la preparación del terreno, adquisición de semillas e insumos, maquinaria agrícola eventual, instalación de cercos, etc, demandan una determinada inversión económica que usualmente no está dentro de las posibilidades de todos los productores de zonas altoandinas.

Debemos considerar que el mejoramiento integral de la crianza animal en Puna incluye el mejoramiento de todos los elementos que la constituyen, y entre ellos es básico el tema de la alimentación animal. En este entender, el cultivo del Phalaris tiene características que lo hacen accesible a cualquier persona que esté interesada en contar con este recurso.

*Semilla.*- El IVITA introdujo por primera la semilla botánica al sur del Perú en 1975, a través a su Jardín de Introducción de Variedades ubicado en el Centro Experimental de La Raya a 4200 msnm. Actualmente existe un extenso semillero disponible para satisfacer la creciente demanda de esta forrajera por parte de los productores. Quienes por muchos años han procedido a transportar grandes cantidades de semilla vegetativa (esquejes) desde el semillero matriz del IVITA –La Raya a sus lugares de producción.

*Fertilizantes.*- Dado que el pasto Phalaris es bastante exigente en nutrientes minerales (en especial el nitrógeno), es necesario afrontar este costo de la forma menos onerosa posible para el productor. Una de ellas es el uso intensivo y constante de guano de corral tratado y su correcta aplicación o, en su defecto, realizar la instalación del cultivo al interior de los corrales dormideros, que por su propia naturaleza contiene nitrógeno en forma de urea.

La provisión adecuada de fertilizantes minerales, en especial del nitrógeno, tanto para la instalación como para el mantenimiento, viene a resultar una de nuestras principales recomendaciones. Alternativamente, es posible asociar este cultivo con trébol blanco y alfalfa con la finalidad de aprovechar el nitrógeno que la leguminosa incorpora al suelo y también del forraje que produce.

*Siembra.*- Esta labor está referida a la preparación del terreno, preparación de esquejes de reproducción, siembra de esquejes propiamente dicho, aplicación de fertilizantes y abonos, y riego, en las cuales la mano de obra necesaria es aportada en la mayoría de los casos por el mismo productor, sus familiares y vecinos, lo que no significa un costo monetario en sí.

La necesidad de herramientas se reduce al uso del pico, tirapié y/o chaquitaclla, lampa, dado que las áreas de cultivo no son extensas por lo general.

*Cerco.*- Dependiendo del tipo de cerco que el productor decida construir es que se debe considerar su costo. Los cercos con materiales locales como piedras, terrones o "champas", no tienen más costo que el de la mano de obra. Para el caso de instalar un cerco con malla ganadera, es directa decisión del productor según sus posibilidades y del apoyo que pueda obtener de las instituciones pertinentes.

#### ➤ *Condiciones Culturales*

Este punto se refiere a una condición en particular: el criador alpaquero es justamente eso, pastor por autonomía y por excelencia; y tiene -en el mejor de los casos- conocimientos muy elementales sobre labores agrícolas, que para el caso de instalar cultivos de Phalaris son esenciales, como la preparación del terreno, fertilización y abonamiento, riegos, mantenimiento, entre otros. Ante esta eventualidad, es conveniente y necesario mejorar el conocimiento y entrenamiento para cambiar la actitud de los criadores altoandinos sobre las labores culturales agrícolas y, paralelamente, procurar su implementación con las herramientas mínimas que demanda la actividad de cultivar pastos. De ello depende también el éxito que se espera para mejorar la producción ganadera en general.

Debe tenerse presente que los pastos cultivados nunca podrán reemplazar totalmente a las praderas nativas altoandinas; más bien, representan una alimentación suplementaria a ser utilizada en los momentos críticos de la producción de camélidos y otros animales.

### 3.2. PRODUCCIÓN

#### ➤ *Del semillero.*

La finalidad de esta área de cultivo es producir plantas de gran macollaje que servirán para la obtención de esquejes destinados a su siembra en los campos de producción.

Es recomendable optimizar la aplicación de fósforo (P) en los semilleros, dada su capacidad de favorecer el desarrollo de las raíces y el macollamiento. Eventualmente se puede aprovechar la producción de forraje de estos semilleros para su uso al corte, mas no para el pastoreo.

#### ➤ *De la producción de biomasa.*

Estos campos, a diferencia de los semilleros, son áreas cultivadas con pasto Phalaris cuya producción se utiliza en la alimentación de los animales. El rendimiento, tanto de materia verde como de materia seca, tiene un amplio rango cuyos resultados han sido evaluados oportunamente, según esto la producción varía desde 1780 a 60 512 kg/ha/corte, en términos de forraje verde, y en términos de materia seca el rendimiento va desde 440 a 20 320 kg/ha/corte. Estos resultados nos hacen ver la tremenda variabilidad en cuanto a producción se refiere, los cuales dependen directamente de las condiciones ecológicas en que se encuentran instalados y de las pautas de su manejo. Cabe mencionar que, siempre dependiendo de los factores medioambientales y de manejo, en algunos lugares altoandinos es posible obtener hasta tres cortes al año y en otros una sola producción anual.

Cuadro 25. Producción de biomasa de Phalaris en condiciones de Puna Seca y Húmeda

LUGAR	Altura de planta (cm)	Nº de esquejes por planta	Prod. de M.V. (kg/ha)	Prod. de M.S. (kg/ha)
<b>PUNA SECA</b> Quenco-Caylloma-Arequipa* DESCO (4300 msnm)	168	30	60 512	20 320
<b>PUNA SECA</b> Titiri-Sánchez Cerro-Moquegua** CEDCAP (4300 msnm)	20.50	40	7560	2800
<b>PUNA HUMEDA</b> Tapamay Ocongate Cusco** Ccaijo (4200 msnm)	68.0	49	29 240	9320
<b>PUNA HUMEDA**</b> La Raya Cusco IVITA (4200 msnm)	71.53	76	21 940	7320

\*Producción de biomasa durante el estado fenológico de espigado

\*\*Producción de biomasa durante el estado fenológico de prefloración

En el cuadro 25 se presenta los resultados de ensayos realizados en condiciones de puna seca y puna húmeda. Por ejemplo, en Quenco Calacala-Caylloma-Arequipa la producción anual (hasta dos cortes) llegó hasta 20,320 kg/MS/ha/año; ésta alta producción se logró durante el estado fenológico de *espigado y/o encañado*. En contraste a ésta alta producción, la calidad

nutritiva fue tan baja que es solamente comparable con una especie de pasto nativo de baja calidad, por consiguiente, es vital conocer que el mejor momento de aprovechamiento de estos pastos es durante el estado fenológico de pre-floración, donde la producción de biomasa es aceptable, pero la calidad nutritiva es muy buena (hasta 22% de proteína cruda).

En condiciones de puna húmeda, en el mismo Cuadro se presenta los resultados de producción de biomasa en la Comunidad Campesina de Tapamayo-Ocongate-Cusco; durante el estado fenológico de pre-floración alcanzó a producir 9320 kg/MS/ha/año, también con un mínimo de dos cortes.

➤ *De la calidad nutritiva.*

Cuadro 26. Calidad Nutritiva de Phalaris en Puna Seca

LUGAR	Evento Fenológico	PROTEINA		FIBRA CRUDA	
		Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Toqra-Caylloma-Arequipa DESCO (4300 msnm)	Pre-floración	19.74	22.07	15.64	15.25
Kenko-Calacala-Arequipa DESCO (4300 msnm)	Pre-floración	16.66	17.98	15.64	15.25
Chaje-Moquegua CEDCAP(4300 msnm)	Pre-floración	18.70	19.81	13.20	13.99
Chaulani -Moquegua CEDCAP(4300 msnm)	Pre-floración	17.03	18.45	12.84	13.92

Laboratorio de Nutrición Animal de la UNMSM Lima-Perú

En el cuadro 26 se presenta los resultados del análisis realizado en los Laboratorios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima de muestras obtenidas en Puna Seca y en el estado fenológico de pre-floración. Como ejemplo se tiene que en Toqra-Caylloma-Arequipa a 4300 msnm, se obtuvo una producción de proteína cruda en base seca de 22.07%; como se puede observar la obtención de éste porcentaje de proteína y sobre los 4300 msnm es espectacular. Del mismo modo, en campos de producción de Phalaris de la Comunidad Campesina de Chaje-Moquegua (4300 msnm), se logró obtener hasta 19.81% de proteína cruda en base seca.

➤ *Del mantenimiento de la producción*

Uno de los puntos más importantes es el referido a las labores de mantenimiento del cultivo del Phalaris a lo largo de su vida productiva. Para muchos criadores de la zona altoandina la incorporación de pasturas cultivadas perennes puede resultar una novedad y por esta misma razón es posible que desconozcan la importancia del cuidado, fertilización de mantenimiento y labores de riego constante que demandan estas parcelas forrajeras; por ello, recomendamos acompañar las acciones de instalación con una capacitación y entrenamiento reforzado a todos aquellos criadores de la zona altoandina que deseen contar con este recurso.

- ***Fertilización***

Consiste en aplicar enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales a los cultivos de Phalaris en forma periódica y en proporciones adecuadas, de tal forma que, el suelo contenga aquellos elementos esenciales mayores que son intensamente extraídos por las propias plantas como son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Después de haber realizado investigaciones en niveles de fertilización y respectiva calibración, en diferentes lugares de puna húmeda y seca, se recomienda aplicar anualmente los siguientes niveles por cada hectárea:

$$N = 50 \text{ a } 80 \text{ unidades} = 150 \text{ a } 240 \text{ kg de nitrato de amonio (33.5\%)}$$

$$P = 80 \text{ a } 120 \text{ unidades} = 174 \text{ a } 261 \text{ kg de superfosfato triple de calcio (46\%)}$$

*Estos fertilizantes se aplican sobre suelo húmedo, ya sea luego de una lluvia o de un riego, para favorecer la disolución e incorporación efectiva al suelo. La aplicación de fósforo es una sola vez al año y la fertilización con nitrógeno es fraccionada, entre el número de usos de la pastura al año.*

La utilización de guano de corral con fines de abonamiento orgánico del suelo es perfectamente posible y compatible, siempre y cuando se cuente con la cantidad y calidad adecuada, y se garantice su incorporación al suelo. La cantidad necesaria para una hectárea varía de 5 a 6 toneladas de estiércol de ovino (equivale aproximadamente a  $\frac{1}{2}$  kg de guano por metro cuadrado), luego de cada utilización. Si el estiércol con que se cuenta proviene de camélidos, entonces la cantidad de guano necesario será entre 6 a 9 toneladas por hectárea.

- ***Riegos***

La provisión de agua suficiente para fines de riego del cultivo de Phalaris es una de las condiciones fundamentales en esta propuesta; significa principalmente garantizar la producción continua de forraje y su supervivencia.

El Phalaris requiere de riegos profundos en forma periódica durante la época seca –en la época húmeda se riega sólo si la cantidad de precipitación no fuera suficiente o en la ocurrencia de los conocidos “veranillos” en que no llueve-, el intervalo entre riegos varía dependiendo de la humedad relativa ambiental: a mayor humedad relativa menor frecuencia de riegos, por lo general el riego se realiza cada 15 a 30 días. Cabe mencionar que la llamada “cultura de riego” aún no se encuentra arraigada entre los productores ganaderos locales por lo que se hace necesario tomar acciones de capacitación-entrenamiento en este sentido.

### **3.3. UTILIZACIÓN**

➤ ***Pastoreo***

El pastoreo directo es la forma más antigua de utilización de las pasturas por parte de los animales herbívoros. El objetivo final es su utilización sistemática de modo tal que los animales obtengan sus requerimientos nutricionales sin desmedro de las pasturas. Para esto debe tenerse en cuenta el ritmo y época de crecimiento de las plantas (estado fenológico), la capacidad de recuperación o rebrote y la altura de las plantas; si el Phalaris ha excedido los 40

cm de altura, evitando el pastoreo directo, por cuanto los animales sólo aprovecharán las hojas dejando los tallos. En caso de emplear el pastoreo directo, éste debe realizarse hasta que queden por lo menos 5 cm de altura de las plantas, esto se hace con la finalidad de favorecer el pronto rebrote de las mismas, para permitir la fotosíntesis y la acumulación de carbohidratos no-estructurales. Se debe evitar el consumo de la corona de la planta – especialmente por los ovinos y porcinos- ya que es el depósito de las reservas de nutrientes de las plantas y lugar desde donde se desarrollará la parte aérea del Phalaris.

#### ➤ *Corte.*

Esta forma de utilización es la más recomendable en caso del Phalaris. La máxima elongación alcanzada por la planta es justamente al inicio de la floración, coincidente con los niveles altos de contenido proteico, esto determina el momento óptimo de corte (Figura 82).

Se recomienda no permitir el espigado de las plantas o su maduración, puesto que el contenido de proteína total empieza a migrar hacia las semillas, corona de la planta, y yemas terminales y axilares. Las hojas y tallos empiezan a lignificarse, perdiendo calidad, palatabilidad y poder de digestibilidad.

El forraje cortado oportunamente y adecuadamente puede tener dos destinos:

- Para su uso inmediato por animales con altas demandas nutricionales, justo antes del pastoreo en la pradera natural.
- Para su conservación y uso posterior en épocas críticas de la producción, que es la forma más utilizada del forraje cortado. En este sentido, se tienen dos formas básicas para conservar el forraje:

#### ➤ *Henificado*

Este es un proceso de conservación de forrajes muy antiguo y muy utilizado, sencillo de realizar ya que consiste en extraer la humedad propia de las plantas (desecación) sin afectar sus propiedades nutritivas, para poder almacenarlas, conservando su valor y utilizarlas en el momento adecuado (Figura 83).

El método más simple para la desecación natural de las plantas de Phalaris consiste en dejar el forraje cortado en el sitio de corte, luego se hace necesario su volteo constante durante 3 a 8 días, hasta que el tallo no se pueda “pelar” con las uñas y se quiebren con facilidad, se procede entonces a su traslado y almacenamiento procurando no desperdiciar el material, sobre todo las hojas. Otro método recomendable es la formación de pilas, conos o pirámides con el mismo forraje cortado, de manera que los tallos queden de pie en el suelo y apoyados unos a otros, si es posible amarrados en la parte superior utilizando algunos tallos de la misma planta; esto posibilita que la acción del sol y del viento circulando a través de los tallos propicie la pérdida rápida de humedad. Este método es más conveniente que el anterior porque no es necesario voltear el forraje, se vuelve amarilla sólo la capa exterior de la pila y se evita la posible pudrición del forraje.

Es necesario recordar algunas precauciones en el proceso de henificación:

- Evitar que el heno formado tome un color amarillento.

- Evitar almacenar forraje húmedo que puede fermentarse y posteriormente podrirse afectando el resto del heno.
- Es recomendable que el forraje sea secado a la sombra, siempre y cuando se cuente con ambientes adecuados para llevarlo a cabo. Así, se conservaría el color verde en su integridad, olor agradable, sabor apetecible y alto contenido de nutrientes.
- Durante el traslado y manipulación del heno se debe evitar el desperdicio de plantas y partes de la planta, en especial el follaje.
- Almacenar bajo sombra y lejos del alcance de los animales.
- De ser posible, formar “pacas” o fardos de heno, preferiblemente con la ayuda de un equipo mecánico manual denominado *enfardadora*, que reduce el volumen del heno, compactándolo y posibilitando su amarrado con alambre. Esto facilita enormemente el manejo, almacenaje y transporte del heno de Phalaris.



Figura 82. Campo de Phalaris para corte.  
Fundo IVITA-Maranganí-Cusco Foto R.Farfán



Figura 83. Heno de Phalaris en fardos



Figuras 84 y 85. Proceso de ensilado de *Phalaris*. IVITA-La Raya Cusco. Foto R. Farfán

#### ➤ *Ensilado.*

Este es otro método de conservación del forraje cortado, de modo tal que mantenga los valores nutricionales similares a los que tenía al momento del corte y que pueda ser utilizado

óptimamente en los momentos críticos de la producción animal y de escasez de pastos, a manera de alimentación suplementaria. Hay que tomar en cuenta que en este caso se trata de aprovechar adecuadamente el proceso de fermentación que se produce en la biomasa almacenada, evitando las reacciones nocivas y logrando una buena palatabilidad. Para esta actividad se requiere contar con un silo de cualquier tipo (torre, bunker, trinchera, etc) donde se depositará el forraje verde cortado y picado en trozos menores a 3 cm, adecuadamente compactado. Es necesario contar con alguna experiencia previa en estos procesos para evitar errores que puedan llevar a una pérdida parcial o total del forraje. El ensilado de forraje de Phalaris ha sido realizado con éxito por el IVITA Maranganí en su Centro Experimental de “La Raya”, en un silo tipo Bunker, cuyo producto resultante es altamente palatable para alpacas y llamas (Figuras 84 y 85).

### 3.4. COSTOS DE INSTALACIÓN.

Están referidos a los costos para la instalación de una hectárea de pasto Phalaris en condiciones del Centro Experimental “La Raya”, expresados en Nuevos Soles como unidad monetaria

Cuadro 27. Costos de instalación de 1 ha de Phalaris

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UN.	P.TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
Malla Ganadera de 9 hilos	Rollo	4	270	1,080.00
Postes de fierro de 2 mt.	Unidad	50	15	750
Alambre galvanizado # 14	Kilogramo	5	2	10
Estacas de madera	Unidad	10	1	10
<b>INSUMOS</b>				
Nitrato de Amonio (33.5%)	kilogramo	240	0.8	192
Superfosfato triple (46%)	kilogramo	240	0.8	192
Semilla (esquejes)	Quintal	90	5	450
<b>MANO DE OBRA</b>				
Preparación de terreno	Jornal	20	10	200
Preparación de esquejes	Jornal	3	10	30
Siembra	Jornal	10	10	100
<b>TOTAL :</b>				<b>3,014</b>

U.S. \$1.00 = S/2.80      Es necesario actualizar los precios unitarios

### 3.5. CONCLUSIONES.

- El cultivo de *Phalaris tuberoarundinacea* con fines de producción de forrajes es de fácil instalación, ha demostrado adaptabilidad y buenos niveles de producción de biomasa, tanto en el sector de Puna Húmeda como en Puna Seca.
- El Phalaris es una gramínea perenne que contiene un apreciable nivel de proteína total y carbohidratos, especialmente en la fase de prefloración.
- Tiene gran aceptación por parte de los criadores alpaqueros, a quienes es necesario reforzar su entrenamiento en prácticas agronómicas.
- Es resistente a altitudes de hasta 4400 msnm, muestra regular resistencia a la sequía, tiene gran poder de dormancia y rebrote, asociable con leguminosas.
- Los costos de instalación pueden ser abaratados en casi todos sus rubros.

#### 4. PELLETS Y CUBOS DE ALFALFA.

Para contar con suplementación proteica en la alimentación animal en la época seca (estío) en condiciones de puna húmeda y seca, es necesario recurrir a una variedad de productos alimenticios de uso estratégico de origen vegetal, entre ellos los pellets y cubos de alfalfa.



Figura 86. Pellets de alfalfa



Figura 87. Cubos de alfalfa



Figura 88. Síntesis del proceso de producción de pellets y cubos. Danelón J L. 2006

Figura 89. Presentación de pellets y heno de alfalfa. Foto R. Farfán

En la actualidad, la alfalfa en su mayor parte se utiliza al pastoreo, además, se cosecha para la producción de fardos de heno, el cual tiene un bajo valor agregado, elevando los costos de flete y sin posibilidades de traslado a los centros de consumo, por su gran volumen con

relación al peso.

Tanto los pellets como los cubos, son comprimidos a 1700 a 2050 libras/pulg<sup>2</sup>. Alimento de consumo directo, pero en condiciones de la puna peruana es necesario humedecer el producto antes de ofrecer a los animales

➤ *¿Que es un pellet?*

Es un producto de origen industrial, que puede utilizar forraje fresco y/o deshidratado. Esta deshidratación puede ser natural (corte, hilerado, secado a campo y rotoenfardado) o artificial (corte, picado y secado en caldera). Como ventaja comparativa, hacia otros productos proteicos, es que es una fuente de vitaminas y minerales, además de tener una buena palatabilidad. En nuestro país con una época de estío duro (Mayo-Noviembre) en las zonas altoandinas, donde no es posible cultivar forrajes en esta época, es una excelente posibilidad de dotar de alimento de alta calidad nutritiva a los animales (Figura 86).

➤ *¿Qué es un cubo?*

Es otro producto de origen industrial de la alfalfa, cuyas características de presentación son en forma de prismas de 3.2 por 3.2 cm de sección y ± 6 cm de largo y se almacenan a granel o en bolsas de 30 a 40 kg. Se fabrican a partir de la alfalfa pura, y la alta compresión a la que es sometida hace que el material este menos expuesto al deterioro ambiental, insectos u hongos. (Figura 87).

#### **4.1. SÍNTESIS DEL PROCESO.**

En el esquema anterior se presenta en forma resumida todo el proceso tanto para pellets como cubos.

Para la elaboración de los cubos, la alfalfa sufre un proceso de picado anterior a la deshidratación, obteniéndose una fibra de 3 cm de longitud. El proceso de peletizado es similar al de los cubos, con la diferencia de que su presentación es en forma de gránulos y su uso se adapta fundamentalmente en pequeños rumiantes y especialmente en camélidos sudamericanos. En vacunos no es recomendable como reemplazante de la dieta ya que tiene fibras muy cortas, que dificultan la digestión (Figura 88).

#### **4.2. VENTAJAS DE LOS PELLETS/CUBOS DE ALFALFA.**

- Los pellets y cubos de alfalfa (verde), pura y altamente comprimida, permite la conservación de sus cualidades nutritivas intactas por más de 5 años manteniendo el color, aroma y sabor, en condiciones de puna.
- Ahorro de transporte y almacenamiento. Volumen del cubo es 62% inferior al del fardo.
- En relación a la pérdida ocurrida durante el transporte, distribución y uso de los fardos, la pérdida en los pellets y cubos es solo la décima parte.
- Se elimina el uso de alambres y los riesgos aparejados.

- Mejor monitoreo y regulación del consumo.
- Mejor conservación y preservación contra los insectos, hongos y micotoxinas.
- Menores pérdidas de suministro. En fardos  $\pm$  13% y en silajes  $\pm$  30%.

#### **4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PELLETS Y CUBOS.**

Los cubos de alfalfa son alimentos de excelente calidad y capacidad de conservación que aporta la fibra necesaria sin manejar grandes volúmenes de pasto. A continuación se presentan los valores de la composición química de los pellets y cubos de alfalfa, obtenidos en la República Argentina y los Estados Unidos de Norteamérica

Cuadro 28. Composición química de los cubos de alfalfa

COMPONENTES	UNIDADES	BASE HÚMEDA	BASE SECA
<b>Humedad</b>	%	<b>9.9</b>	-
<b>Materia Seca</b>	%	<b>90.1</b>	-
<b>Proteína Bruta</b>	%	<b>18.4</b>	<b>20.4</b>
<b>Fibra Detergente Ácido</b>	%	<b>26.3</b>	<b>29.2</b>
<b>Fibra Detergente Neutro</b>	%	<b>32.6</b>	<b>36.2</b>
<b>Carbohidratos no Estructs</b>	%	<b>26.5</b>	<b>29.4</b>
<b>Total Nutr. Dig. Vacunos</b>	%	<b>59.0</b>	<b>65.0</b>
<b>Energía Metabolizable</b>	Mcal/kg	<b>2.12</b>	<b>2.36</b>
<b>Energía Neta Lactancia</b>	Mcal/kg	<b>1.34</b>	<b>1.49</b>
<b>Energía Neta Mantenimien</b>	Mcal/kg	<b>1.28</b>	<b>1.42</b>
<b>Energía Digestible</b>	Mcal/kg	<b>2.36</b>	<b>2.62</b>

Fuente: INTI 2006. Buenos Aires

➤ ***Ventajas nutritivas.-***

- Tanto pellets como cubos representan mayor valor nutritivo (proteico) que otros sistemas de conservación, por cuanto hay menor pérdida de hojas en su elaboración.
- Evita la selectividad en el consumo por parte del ganado.
- Conserva la mayor parte de la Energía Metabolizable
- Aumenta la retención de nutrientes.
- Produce excelentes fuentes de  $\beta$ -caroteno y mejora la utilización de toda la dieta.

## **5. MEJORAMIENTO DEL CÉSPED NATIVO CON LA INCORPORACIÓN DE LEGUMINOSAS (INTERSIEMBRA).**

En ocasiones, el proceso de degradación de la pradera natural alcanza niveles de erosión y de improductividad que es necesario decidir algunas acciones para frenar este proceso y poder revertir. Una de las estrategias consiste en la renovación de pastos o resiembra de un área determinada, este proceso requiere de mucho cuidado, atención y paciencia, debido a que el enfoque es similar a la instalación de pastos cultivados.

Se debe mencionar que, algunas veces, la entresiembra no tiene el éxito esperado porque las nuevas plantas requieren de un ambiente apropiado para su establecimiento y evitar la competencia interespecífica entre las plantas. Las nuevas plantas no deben ser pastoreadas en la primera etapa de crecimiento para permitir su establecimiento adecuado y definitivo, con un buen sistema radicular.

El IVITA La Raya-Maranganí ha desarrollado con éxito la entresiembra con esquejes de leguminosas (trébol blanco) en diferentes tipos de suelos, siendo los más recomendables en las zonas adyacentes a los bofedales y aquellas que garanticen humedad. Se observa que las gramíneas naturales altas proporcionan excelente cobertura y protección a las plántulas jóvenes de los vientos helados, granizadas, propiciando una buena asociación que mejora sustancialmente la oferta forrajera de determinados sitios de pastizal.

Es necesario recordar que la tarea fundamental del productor de la zona altoandina, es proveer alimento verde y de calidad (proteína) durante la época de escasez (estío). Una forma de conseguir esto, es introduciendo leguminosas en el césped nativo. Se presenta algunas ventajas utilizando algunas de éstas metodologías entre ellas se tiene: incremento de la producción forrajera de la pradera, permite balancear la dieta alimenticia del ganado, incrementa la cantidad de nitrógeno fijado por la leguminosa, mejora la palatabilidad de los pastos, bajísima inversión de implementación de la técnica, mejora el microclima dentro de la pradera, permite la recuperación de especies nativas palatables, permite la permanencia de la flora nativa sin destruirlo, menos perdida de agua por escorrentía y otras. La incorporación de leguminosas en el césped nativo se puede realizar de varias formas. En esta Sección solo se incluirá algunas de las técnicas de mayor difusión y que han sido validadas en diferentes pisos altitudinales y en extensiones de terrenos mayores a una hectárea y estas son:

- Por trasplante de material vegetativo
- A mano utilizando instrumental autóctono
- Utilizando máquina sembradora (sod seeder).

### **5.1. POR TRASPLANTE DE MATERIAL VEGETATIVO.**

La práctica demuestra que es una técnica que puede ser aplicado en condiciones de Puna y Altiplano. Los técnicos del INIA e IVITA han masificado su implantación, que abarca desde las altiplanicies y valles interandinos del centro del Perú, hasta las extensas áreas de las zonas interandinas y altiplano de la sierra sur.



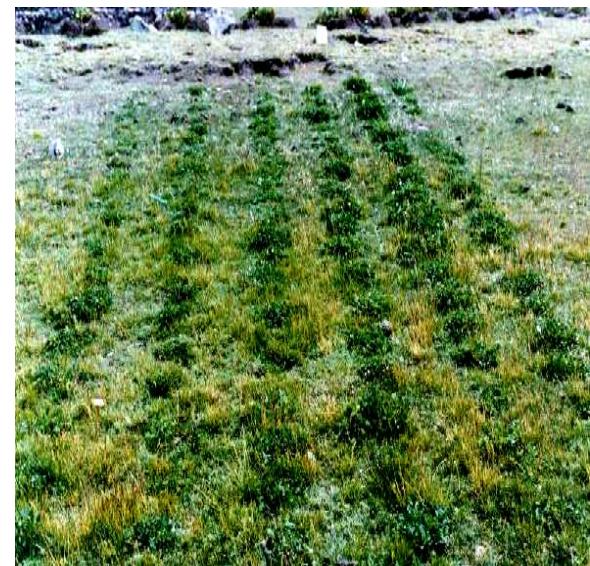
Figura 90. Entresiembra con alfalfa y trébol blanco en IVITA La Raya 4200 msnm. Foto R. Farfán



Figura 91. Herramientas para transplante de estolones



Figuras 92 y 93. Intersiembra con maquina sembradora Sod Seeder. Campos de pastos mejorados de IVITA-La Raya-Cusco. Foto R. Farfán



Antes de implementar la técnica es necesario contar con un área instalada de trébol con anterioridad (almácigo). Para ello es necesario disponer de un terreno preparado, mullido y compactado. La extensión de terreno del almácigo será definido por las necesidades de material vegetativo y el área de terreno a ser mejorado. Usualmente se prefiere áreas de 10 x 10 m ó bien 20 x 20 m. Sembrar con 1 ó 2 años de anticipación, la semilla de trébol blanco debe ser previamente inoculada. De este jardín y/o semillero instalado al cabo de un año se puede disponer de 10 000 a 40 000 estolones por año, suficiente para sembrar o mejorar 1 a 4 hectáreas de pastos nativos.

El instrumento utilizado para el trasplante de estolones es un tubo de fierro de un metro de largo y  $1\frac{1}{2}$  pulgadas de diámetro. En la parte superior del tubo se debe acondicionar mangos laterales para facilitar el manejo del equipo cuando se introduce en el suelo presionando. Del mismo modo, la parte inferior del tubo se debe reducir en su diámetro a una pulgada y la punta completamente afilada. Una vez hecho los huecos, se introduce los estolones, teniendo cuidado de abonar previamente introduciendo guano de corral, con el objeto de proveer de nutrientes a las futuras plantas. El distanciamiento entre estolón y estolón debe ser de un metro y al cabo de un año se tendrá los pastos naturales mejorados con tréboles. Una vez instalado los campos, se debe aplicar una fertilización de mantenimiento con 80 a 100 kg de superfosfato de calcio triple por hectárea/año.

## **5.2. A MANO UTILIZANDO INSTRUMENTAL AUTÓCTONO.**

Una herramienta que se adapta muy bien para la introducción de estolones de trébol en el campo, es la “chaquitaclla” (ver foto). Este instrumento es ampliamente utilizado desde el incanato en los valles interandinos y altiplano peruano, para la preparación de terreno y cultivo de productos de panllevar por los productores del campo o “campesinos”.

La preparación de los almácigos para obtener los estolones de trébol es igual que para la anterior técnica. Algo importante que resaltar es la aceptación que ha tenido esta técnica entre los productores pecuarios de las zonas altoandinas, quienes sugieren que los campos a mejorar deben ser aquellos que tienen buena cobertura vegetal, en especial campos cercanos a las “estancias”, para tener mayor cuidado de los potreros, hasta la instalación completa de los estolones de trébol.

Para aplicar la técnica se necesitan dos personas. Una que está encargado de manipular la “chaquitaclla” o el azadón y la otra que va con los estolones. El primero introduce el instrumento en el césped nativo y el segundo introduce los estolones en el agujero, luego procede a apisonar la tierra que fue levantado con el instrumento previamente. El apisonamiento es muy necesario, con la finalidad de poner en contacto las raíces de la semilla vegetativa (estolón) con el suelo. Los campesinos saben que deben introducir guano de corral al agujero antes de introducir la semilla.

Al cabo de más o menos un año se tendrá un campo natural mejorado con una leguminosa (trébol) y necesariamente se impondrá un plan de manejo para estas praderas mejoradas, teniendo en cuenta la necesidad de utilizar abonos naturales o fertilizantes sintéticos. Cuando se utiliza fertilizante es suficiente la provisión de 80 a 100 kg de superfosfato triple de calcio como mantenimiento (Figuras 90 y 91).

## **5.3. UTILIZANDO MÁQUINA SEMBRADORA (SOD SEEDER).**

Con la incorporación de una leguminosa (trébol blanco) en un césped nativo dominado por gramíneas, se mejorará la dieta del animal con una mayor provisión de proteínas provenientes del trébol blanco, y también, la fijación del nitrógeno atmosférico por medio de las bacterias nitrificantes; por consiguiente habrá mayor disponibilidad del nutriente nitrógeno para los pastos nativos que crecen alrededor de la leguminosa.

Para implementar la técnica es necesario tener un campo natural que se haya utilizado con una carga animal bien pesada, producto de lo cual los pastos altos y medianos han sido sobre utilizadas y prácticamente en el campo solo existe un escaso remanente de materia verde o biomasa. Es ideal para mejorar grandes extensiones de pastizales. Existen algunas ventajas utilizando este tipo de maquinaria:

- Se puede mejorar grandes extensiones de pastizales naturales
- Uso eficiente de semillas de leguminosas (trébol blanco)
- Cantidad exacta de fertilizantes distribuidos en el campo
- Se puede sembrar y fertiliza utilizando una sola máquina
- Se reduce los costos de instalación.

Para iniciar la siembra se debe tomar algunas precauciones, como tener las semillas de leguminosa inoculadas con anterioridad. En muchos casos, cuando el pH del suelo está por debajo de 5.5 es recomendable peletizar las semillas. La máquina (sod seeder) debe estar bien calibrada, de modo que las semilla y fertilizantes sean bien distribuidas. Así, cuando las semillas son enterradas superficialmente tendremos el recojo por parte de las aves, por el contrario si la siembra es muy profunda, las semillas jamásemergerán del suelo y será un fracaso nuestro propósito de mejorar el césped nativo (Figuras 92 y 93).

## **6. MANEJO COMPLEMENTARIO DE BOFEDALES Y PASTOS NATURALES**

Cuando se trató el tema de nutrición animal moderna en rumiantes, la mayor preocupación del productor pecuario de las zonas altoandinas era como conseguir pastos verdes, suculentos y nutritivos en la época de mayor escasez alimentaria (Mayo a Diciembre). También, se ha presentado algunas técnicas de introducción de pastos para valles interandinos. En el presente capítulo se tratará el tema de cómo conseguir pastos naturales de calidad para animales pastoreando en puna húmeda y seca de la cordillera altoandina. Precisamente, tenemos un regalo de la naturaleza, que es la presencia de los *bofedales*, que son áreas de pastizales que *permanecen verdes durante todo el año*. Más aún, está demostrado por Huisa (1996) que, un bofedal dominado por *Distichia muscoides* y *Oxichloe andina* tienen un contenido de proteína cruda en la dieta de 14%, 11% y 12% para alpacas, llamas y ovinos respectivamente durante la época de lluvias, que a las claras demuestra que este alto contenido de proteína sería suficiente para mantener en buen estado corporal de éstos animales que pastorean en la época lluviosa pastizales por encima de los 4000 msnm. Estos datos fueron corroborados por Álvarez et al. 1996, en un trabajo realizado en puna seca (4070-5300 msnm) donde encontraron un contenido de proteína bruta de 13% en la dieta de las alpacas.

También, se conoce que del total de pastizales naturales de la sierra, se contabiliza hasta un 5% de áreas ocupadas por bofedales, y el restante son áreas de pastos naturales de bajo valor forrajero, por consiguiente, es necesario aplicar un uso estratégico y combinado. Más adelante se explicará con amplitud este uso estratégico de los pastos. Es necesario indicar que actualmente, en la mayoría de los casos, los bofedales se utilizan en forma irracional, permaneciendo los animales dentro de los campos durante todo el día y a través del año, causando una severa degradación, precisamente, por falta de un adecuado descanso y uso racional de dichas áreas.

Como se recuerda, en la zona altoandina, básicamente existen dos clases de pastizales: naturales de secano y los bofedales. Ambos se encuentran en la zona agroecológica de Puna y sobre los 3900 msnm; donde es posible diferenciar la *Puna Seca* (ubicada en el flanco occidental de la cordillera de los Andes), con un clima frío seco y la *Puna Húmeda*, con influencia de la cuenca Amazónica y por lo tanto, con un clima más benigno y mayor presencia de humedad ambiental. En cada una de estas zonas, los diversos sistemas de producción de camélidos sudamericanos y otras especies animales, están basados en la explotación de bofedales.

El objetivo mayor en este capítulo es demostrar que es posible tener una ganadería sustentable en la puna, realizando un pastoreo combinado en bofedales y pastos naturales de secano.

Antes de proponer esta alternativa de uso complementario en estos dos tipos de pastizales naturales, es necesario tener un amplio conocimiento sobre el “*estado de arte*” en el conocimiento de los bofedales y pastos naturales en relación a la composición botánica, clasificación, producción, calidad nutricional y otros; para tener una línea base y luego, plantear el uso racional combinado de éstas praderas naturales. Además, es necesario conocer el efecto que causa el descanso y/o la ausencia de animales en un determinado potrero por un tiempo determinado, con el uso de “clausuras”.

## 6.1. BOFEDALES.

### ➤ *¿Qué es un Bofedal?*

Son las praderas nativas altoandinas formadas por afloramientos de aguas provenientes de los deshielos, que permanecen verdes durante todo el año y ocupan superficies menores al 5% de las praderas nativas de puna, pero con un alto potencial productivo. Gastó (1993) define al bofedal como una pradera natural permanentemente húmeda, con suelos hidromorfos, poco drenados, con pastos y hierbas suculentas y con potencial productivo elevado. Su composición botánica varía según la altitud, cantidad, calidad y persistencia del agua.



Figura 94. Bofedal sobrepastoreado en Puna Seca. Foto R. Farfán

Alzérreca y Luna (2001) definen a los bofedales como turberas, oconales, cenegales y humedales entre otros nombres. Son praderas nativas poco extensas con humedad permanente, con vegetación siempre verde y de elevado potencial productivo. Son las praderas nativas más importantes del altiplano y altoandino, por la cantidad y calidad de forraje que proporcionan durante el año especialmente en la época seca.

Alzérreca et al. 2001, manifiestan que los bofedales se presentan a partir de los 3850 msnm, pero con mayor frecuencia a partir de los 4000 msnm. Constituyen la mayor fuente de alimentación de los camélidos sudamericanos. Los productores consideran que los bofedales u “oqhos” como ejes de un sistema de irrigación en la crianza de camélidos; de allí que, por cientos de años, los alpaqueros han conservado estos ecosistemas naturales y tratan de construir otros para ampliar sus recursos forrajeros. El bofedal es un recurso alimenticio estratégico, porque permiten intensificar la crianza reduciendo la trashumancia en el pastoreo, con el consiguiente ahorro de energía animal y también humana; considerándose como reserva alimenticia para la época seca. Sin embargo, por su gran importancia en la producción de los sistemas ganaderos, constituyen así mismo fuente de conflictos entre las familias que se consideran con derecho a usufructuarlo.

## ➤ Clasificación de los bofedales.

Beck 1981 según su fisionomía clasifica a los pastos naturales altoandinos en ocho formaciones mayores. Una de las cuales pertenece a los bofedales. Dentro de éstos existen dos tipos: (1) **bofedales de césped bajo y denso**, ubicados en áreas más o menos planas, al lado de riachuelos o con agua subterráneo alto y en movimiento. Entre las especies dominantes se encuentra el *Plantago tubulosa*, *Werneria pygmaea*, *Calamagrostis rigescens* y *Carex ecuadórica*. (2) **bofedales de césped pulviniforme**, que crecen en cojines al lado de riachuelos o en capas encima de fuentes de agua. Dominan la *Distichia muscoides*, *Oxichloe andina*, *Gentiana postrata*, *Juncus atipulatus* y *Calamagrostis rigescens*. (3) Además, existe una formación vegetal de puna que permanece húmeda durante el año dominado por pastos de crecimiento alto, acompañado por un césped de estrato bajo de hierbas y gramíneas rizomatosas, dominado por *Festuca dolichophylla*, *Hipochoeris taraxacoides*, *Alchemilla pinnata*, *Trifolium amabile*, *Calamagrostis spp*. También, existe un césped más o menos alto y más o menos denso de gramínoideas con agua estancada. Dominan el *Juncus brunneus*, *Juncus ebrackeakus*, *Juncus andicola*, *Eleocharis albibracteata*, *Calamagrostis sp.*

Desde un punto de vista fitosociológico, Rivas-Martínez y Tovar (1983) clasifican a las comunidades vegetales llamadas bofedales, como vegetación de las turberas duras andinas que permanecen yacentes o flotantes, en las que son comunes ciertos caméfitos pulviniformes compactos (*Distichia muscoides* y *Plantago rigida*), que colonizan, incluso llegan a colmatar lagunas, arroyos y otros biotipos encharcados. Estas comunidades se encuentran en la región de la puna, en los pisos altoandinos superior, inferior y mesoandino superior. Las asociaciones vegetales más comunes presentes son; *Distichia muscoides-Plantago rígida*, *Calamagrostis jamesoni-Distichia muscoides*, *Stylites andicola-Distichia muscoides*, *Alchemilla diplophylla-Liliapsis andina*, *Hipsela reniformis-Plantago rígida* y *Poa glaberrina-Calamagrostis eminens*.

Atayupanqui y Farfán (1987) caracterizan los bofedales según la altitud en la cual se desarrollan, habiendo encontrado hasta tres grupos mayores: (1) bofedales entre 3800 y 4100 msnm (13 especies) dominado por *Calamagrostis antoniana*, *Festuca dolichophylla*, *Carex ecuadórica*, *Eleocharis albibracteata*, *Juncus sp.* y *Luzula peruviana*. (2) bofedales entre 4100 y 4400 msnm (23 especies) dominado por *Calamagrostis rigescens*, *C. curvula*, *Carex ecuadórica*, *Eleocharis albibracteata*, *Distichia muscoides* y *Oxichloe andina* y (3) bofedales por encima de los 4400 msnm (17 especies) dominado por *Calamagrostis rigescens*, *Achiarne pulvinata*, *Distichia muscoides* y *Oxichloe andina*.

Para Alzérreca et al. (2001), los campesinos clasifican los bofedales desde tres puntos de vista: por su origen, por su tamaño y por su receptividad. Por su **origen**, pueden ser naturales como producto de la inundación de deshielos provenientes de los nevados; y artificiales construidos y regados por los campesinos. Por su **tamaño** se clasifican en grandes o “Hash'a oqho” y chicos o “Hisk'a oqho”. Y por su **receptividad** varían en función del agua disponible en el año. Así, se tienen bofedales para todo el año y/o permanentes, medio año o solo para la estación lluviosa y/o temporales. Los mismos autores de acuerdo a su diferencia en composición vegetal, producción de biomasa aérea y con base a la calidad agrológica del suelo, manifiestan que es posible clasificar a los bofedales en las siguientes asociaciones de fito especies:

- Bofetal pulviniforme de *Distichetum*: se encuentra en el piso ecológico de puna, sobre suelos hidromorfos. Está constituida por especies herbáceas semihidrófitas, de fisonomía muy densa y apariencia almohadillada, dominada básicamente por la especie *Distichia*

- muscoides* careciendo de gramíneas altas. Las especies componentes menores son: *Eleocharis albibracteata*, *Hipochoeris stenocephala*, *Carex sp*, *Alchemilla diphophylla*.
- Bofedal de *Wernerichetum*: ocupa suelo orgánico de color pardo grisáceo con humedad moderada. La especie dominante *Werneria pygmaea*, se encuentra asociada con las especies *Eleocharis albibracteata*, *Hipochoeris stenocephala*, *Festuca rigescens*, *Calamagrostis minima*.
  - Bofedal cespitoso de *Calamagrosetum*: ocupa suelo orgánico de color pardo oscuro en húmedo, con disponibilidad de humedad suficiente y drenaje moderado. En esta asociación la composición florística en orden de dominancia es: *Calamagrostis rigescens*, *Festuca dolichopylla*, *Ranúnculus uniflorus*.

Al parecer, la clasificación más completa sobre bofedales la dan Alzerreca y Luna (2001), quienes consideran las siguientes clases de bofedales. Por su **origen**: *Naturales* creados por la humedad de los deshielos y manantiales naturales. *Artificiales o antrópicos* creados por el hombre. **Por su altitud**: *Altiplánicos* ubicados por debajo de los 4100 msnm. *Altoandinos* ubicados por encima de los 4100 msnm. Por el **régimen hídrico**: *Hidromórficos o únicos*: con riego permanente. *Mésicos o ústicos* con riego temporal. Por el **pH de los suelos**: *Alcalinos* pH mayor a 7.4. *Neutros* pH entre 6.4 y 7.4. *Ácidos* pH menor a 6.4. Por su **tamaño**: *Pequeños* de uso familiar. *Grandes* de uso comunal. Por la **fisiografía**: (a) *llanura, pampa y aluvial*, (b) *cordillera o altura*.

Existen diversidad de opiniones sobre la definición de un "bofedal", mientras unos consideran solamente a aquellas turberas andinas de crecimiento corto y duras que permanecen yacentes o flotantes sobre agua corriente y permanente, otros consideran un bofedal, como las formaciones vegetales que crecen a partir de los 3800 msnm, formando alfombras verdes permanentes en medio de inmensos pastizales naturales, que sirven como fuente de alimentación del animal en las épocas más críticas del año. Como se ve existen éstas y otras definiciones de bofedal, por consiguiente, el lector será quien tome la definición que mejor se ajuste a los propósitos y necesidades de manejo de sus pastizales nativos.

#### ➤ *Composición botánica y/o florística de los bofedales.*

Según la ubicación y clasificación de bofedales encontramos una diversidad de estudios, siendo las siguientes las más importantes:

Salaverry (1977) realiza una evaluación general de los pastizales del Centro Experimental de Camélidos Sudamericanos de “La Raya” Perú. En cuanto a los bofedales, manifiesta que la Asociación vegetal *Distichetum/Calamagrosetum* es la dominante, ocupando mayormente las mesetas del plano sub-nival a 4800 msnm y en menor cuantía el fondo de las quebradas entre 4400 y 4500 msnm. Estos pastizales son irrigados por el deshielo de nevados perpetuos, ofreciendo un verdor permanente de pastos almohadillados de *Distichia muscoides*, intercalados con pulvinículos de *Calamagrostis ovata*, *C. minima*, *Poa aequigluma*, entre otros, proponiendo el siguiente cuadro:

Especies	Abundancia	Tamaño (cm)	Cobertura (%)
<i>Distichia muscoides</i>	Muy abundante	2	60
<i>Lucilia tunaerencis</i>	Poco abundante	1	10
<i>Poa aequigluma</i>	Escaso	5	2
<i>Poa gymnantha</i>	Poco abundante	10	2
<i>Calamagrostis minima</i>	Escasa	3	2
<i>Calamagrostis ovata</i>	Escasa	15	2

Rivas -Martínez y Tovar (1982) manifiestan que los bofedales con “vegetación de turberas duras andinas”, están dominadas por la asociación vegetal *Plantago rigida-Distichia muscoides*, además la complementación de especies como: *Castilleja fissifolia*, *Gentiana postrata*, *Luziliopsis argentina* y *Werneria pygmaea*.

Lara R (1982) afirma que los bofedales presentan en su composición botánica plantas pulvinadas de los géneros *Distichia* y *Plantago*, que forman un tapiz de algunos centímetros de altura, interrumpido por numerosos charcos, donde se asocian algunas rizomatosas, monocotiledonias rosuladas de los géneros *Carex*, *Deyeuxia*, *Gentiana*, *Werneria*, *Arenaria*, *Hypsella*. En los charcos se encuentran *Lachemilla*, *Ranúnculus*.

Farfán R (1998) en mérito al Convenio IVITA-CISA, en el componente Pastos instaló seis ensayos en bofedales, en una extensión de 1 ha cada una en Comunidades Campesinas de la Puna Húmeda (Ocongate-Cusco) e IVITA-La Raya.Cusco; y Puna Seca (Caylloma-Arequipa y General Sánchez Cerro-Moquegua). En éste texto solo se presentará los resultados obtenidos en la Comunidad Campesina de Chaje, Provincia de Sánchez Cerro, Moquegua.

Cuadro 29. Especies indicadoras y cobertura vegetal de bofedales en la C.C. de Chaje-Moquegua a 4300 msnm después de 24 meses de clausura.

PASTOS/COBERTURA VEGETAL	PALATABILIDAD	TESTIGO (%)	CLAUSURA (%)	% DE CAMBIO	CALIFICACIÓN
<b>Especies indicadoras</b>					
<i>Alchemilla pinnata</i>	D	2.0	3.8	90.0	Favorable
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	PD	3.2	3.0	-6.7	Desfavorable
<i>Festuca rígida</i>	PD	1.0	11.5	1050.0	Favorable
<b>Cobertura vegetal</b>		65.0	94.0	45.0	Favorable
<b>Esp. palatables nuevas</b>					
<i>Distichia muscoides</i>	D	-	6.0		Favorable
<i>Carex sp</i>	D	-	2.8		Favorable
<i>Muhelembertia fastigiata</i>	D	-	0.5		Favorable
<i>Trifolium amabile</i>	D	-	0.2		Favorable
<i>Aster sp</i>	D	-	0.3		Favorable
<i>Gnaphalium capitatum</i>	D	-	0.2		Favorable
<i>Gentiana postrata</i>	D	-	0.2		Favorable
<i>Calamagrostis rigescens</i>	PD	-	2.3		Favorable
<i>Stipa ichu</i>	PD	-	0.8		Favorable

D = Deseable PD = Poco Deseable ND = No Deseable Elaboración Farfán, R.D. 1998

En estos bofedales y luego de dos años de seguimiento (19/04/96 - 20/04/98) de los ensayos instalados se tuvo los siguientes resultados: En la Puna seca de Chaje-Moquegua se observó que: la cobertura vegetal se incrementó de 65 a 94%; las especies elegidas como indicadoras tienen las siguientes variaciones en su frecuencia sobre el bofedal clausurado: *Alchemilla pinnata*, una especie deseable (D) se incrementó de 2.0 a 3.8, es decir, su presencia se vió incrementado en un 90%, este hecho es favorable para la comunidad vegetal. *Calamagrostis vicunarum*, una especie poco deseable (PD) disminuyó de 3.2 a 3.0, quiere decir, que su presencia disminuyó en un 6.7%, lo cual es desfavorable para la pradera. *Festuca rígida* especie poco deseable (PD) aumentó de 1.0 a 11.5, es decir, que su presencia incrementó en 1050%, considerándose como favorable para la recuperación de la comunidad vegetal. Existen 09 especies entre deseables y poco deseables (*Distichia muscoides*, *Carex sp* y otras) que no estuvieron presentes cuando se instaló la clausura (línea base), pero luego de 24 meses de exclusión aparecieron estas especies nuevas, lo cual, también es muy favorable para la recuperación de la comunidad vegetal.

#### ➤ *Producción de los bofedales.*

Una de las mayores dificultades en la evaluación de la producción de biomasa de los bofedales, es la falta de una técnica confiable para realizar dicha medición. Actualmente se utilizan métodos adaptados que son utilizados para medir pastos de crecimiento alto y tufoso. El autor no ha encontrado, por ahora, una técnica de medición confiable que pueda simular el consumo que hacen los herbívoros que pastorean en las praderas nativas altoandinas, por consiguiente, mientras no se cuente con esa técnica, se debería seguir utilizando el "cuadrado de corte" y otros adaptados a esta clase de pastizales. Precisamente, utilizando ésta técnica se tienen algunos reportes sobre la producción de biomasa. Así, Miranda (1995) para bofedales del altiplano Peruano, reporta una producción de 1052 kg/MS/ha. Farfán y col. (1988) en el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos IVITA-La Raya (puna húmeda) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, reportaron la producción promedio anual de 1796.1 kg/MS/ha para pastizales dominados por *Festuca dolichophylla-Plantago tubulosa*, mientras que para los pastizales dominados por *Distichia muscoides-Oxichloe andina* fue de 786.6 kg/MS/ha. Del Carpio (2000) para un bofedal de un ecosistema de puna seca (microcuenca Chalhuanca, Caylloma, Arequipa), encontró una producción promedio de biomasa de 770 kg/MS/ha para la época seca y 1586 kg/MS/ha para la época lluviosa.

En el informe final del estudio relazado por Alzérreca y col. (2001) se encuentra resumido los rendimientos de fitomasa de algunos bofedales por diversos autores de Bolivia. Esta revisión evidencia rendimientos de materia seca muy variables, por ejemplo, para bofedales hidromorfos, el valor más bajo es de 850 kg/MS/ha en el altoandino semihúmedo y el mayor es de 2540 kg/MS/ha. Entre los mésicos se tiene una producción de 750 hasta 2399 kg/MS/ha para los bofedales del altiplano semiárido y semihúmedo respectivamente.

#### ➤ *Calidad Nutricional de los bofedales.*

Partiendo del hecho que, durante la época de estío (Mayo-Noviembre) en los pastizales altoandinos existe deficiencia, tanto en calidad como en cantidad, en la dieta de especies animales que viven en zonas altoandinas y altiplánicas; es cuando el *bofedal* adquiere una enorme importancia en la alimentación animal. Se cuenta con escasa información relacionada con la evaluación nutritiva de las turberas andinas, siendo un trabajo pionero el realizado por Huisa (1996) en un bofedal dominado por *Festuca dolichophylla-Plantago tubulosa* y utilizando alpacas, encontró un contenido promedio anual de 5.88% de proteína cruda, con

una digestibilidad in situ de la materia seca de 39.3%. Para el bofedal dominado por *Distichia muscoides-Oxichloe andina* reportó un contenido de proteína cruda de 11.54% y una digestibilidad de 46.11%.

➤ ***Sopportabilidad (capacidad de carga animal).***

Sobre el tema, existe mucha confusión en el uso de la terminología, por consiguiente, es necesario hacer la aclaración. Fierro (1982) manifiesta que los siguientes términos son sinónimos: capacidad de soporte, sopportabilidad, capacidad de carga animal, capacidad de mantenimiento, potencial forrajero. Miranda (1995), define la capacidad de carga, como la cantidad adecuada de animales que se pueden pastorear en una hectárea de pastizal sin perjudicar la pradera, que de alguna manera coincide con Alzérreca (1992) quien define la capacidad de carga como la cantidad de animales que un campo natural puede sostener en buena condición sin deteriorar la condición de la pradera.

Así, como existe una clasificación amplia sobre los tipos de bofedales, también existen muy variados reportes sobre la sopportabilidad de los pastizales, tanto de puna húmeda como puna seca, citaremos algunas de ellas:

Para estimar la carga animal en Camélidos Sudamericanos es muy importante conocer el factor de conversión. Así, San Martín et al. (1988) y San Martín (1996), después de una serie de trabajos de investigación realizados en el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos de IVITA La Raya-Maranganí encontró lo siguiente:

Cuadro 30. Factor de Conversión para la estimación de la carga animal.

	Ovino	Alpaca	Llama
Peso vivo (PV), kg	40	65	108
Peso metabólico, kg PV <sup>75</sup>	15.9	22.9	33.5
Relación	<b>ALPACA-OVINO</b> 1.4	<b>LLAMA-OVINO</b> 2.1	<b>LLAMA-ALPACA</b> 1.5
Consumo 30%			
Inferior en CSA			
Relación	1.0	1.5	1.5

San Martín (1996)

Alzérreca y col. (2001) reportan que la carga animal mostrada en la literatura es muy variada, pudiendo encontrar desde 0,4 unidades alpaca/ha/año hasta 8 unidades alpaca/ha/año. Sin embargo, estas estimaciones corresponden a cargas animales instantáneas o períodos cortos de tiempo. Análisis realizados con estas cargas (especialmente aquellas superiores a 1 Unidad Alpaca Hectárea Año (UAA./ha/año), para períodos de tiempo largos, traería como consecuencia el deterioro de estos ecosistemas rápidamente, cosa que en realidad no sucede.

Farfán (1998) reporta resultados de dos trabajos de campo en dos Comunidades Campesinas (C.C). La primera en puna seca en la C.C. de Titiri, General Sánchez Cerro, Moquegua a 4400 msnm, encontró que la sopportabilidad al inicio del experimento en la parcela testigo fue de 0,5 UAA/ha/año, después de 24 meses de clausura, reportó un valor de 0,7 UAA/ha/año, es decir,

un incremento de un 40% en la soportabilidad de éstos pastos de puna seca. Paralelamente se realizó otro trabajo de investigación en puna húmeda, en la C.C. de Marampaqui, Ocongate, Cusco; donde se reportó una carga inicial de 1.9 UAA/ha/año, después de dos años de seguimiento del pastizal clausurado, se encontró un valor de 7.6 UAA/ha/año, es decir un incremento espectacular de 400%, solamente con la exclusión de dicho campo del pastoreo.

## 6.2. PASTIZALES NATURALES.

### ➤ *¿Qué es un pastizal natural?*

Las praderas nativas y/o pastizales naturales son comunidades vegetales compuestas por pastos, hierbas y arbustos nativos o naturalizados que crecen en los campos, sin la intervención del hombre, muy bien adaptados a su medio ecológico, proporcionan forraje y protección para el ganado doméstico y fauna silvestre.

Estos pastos naturales constituyen la mayor fuente de alimentación para la ganadería de los andes altos, en especial en las comunidades campesinas. Muchas veces en altitudes superiores a los 4000 msnm., los pastos naturales, son la única fuente de alimentación para el ganado. Las adaptaciones de las plantas a temperaturas bajas, se manifiesta con la presencia de hojas marcescentes y pubescientes, reducción de los entrenudos, plantas almohadilladas y rizomatosas.

Otro factor importante es la humedad para el crecimiento de las plantas. En las zonas cercanas a la línea ecuatorial, con una apreciable cantidad de humedad disponible la mayor parte del año, se aprecia la presencia de los Páramos, con abundante producción de biomasa vegetal. En cambio más al sur se encuentra la Puna, donde las lluvias están disponibles solamente en una estación, identificándose dos grandes grupos: pastizales naturales de *Puna seca*.- Donde las plantas crecen solamente con la humedad proporcionada durante la temporada de lluvias. Entre estas praderas se puede mencionar: pajonales, chillihuares, tólares, etc. Pastizales naturales de *Puna húmeda*.- con presencia de bofedales distribuidos en extensiones pequeñas que no superan el 5% de las praderas nativas de los ecosistemas altoandinos; sin embargo, son vitales para la crianza de ganado porque proporcionan forraje verde y nutritivo durante todo el año.

Los grandes problemas de los pastos naturales en la zona andina radican en la lenta recuperación de la flora en los ecosistemas de altitud, lo que se ve agravado por el uso cambiante del medio ambiente y el crecimiento de la población, tanto humana como animal.

### ➤ *Clasificación de los pastizales nativos.*

La clasificación de los pastos naturales ha seguido diferentes criterios, según prevalezca uno u otro concepto.

Uno de los trabajos más antiguos que sirvió de base para la ejecución de otros, fue la realizada por Weberbauer (1942) quien ha diferenciado para la zona altoandina las siguientes formaciones:

- Césped de puna, con hierbas pulviniformes y arroceradas o formación de hierbas

criptocaules.

- Pajonal de puna, con gramíneas dispuestos en manojo aislados.
- La turbera de *Distichia*, en suelos muy húmedos y con vegetación verde todo el año.
- Vegetación de rocas y zonas pedregosas.
- Vegetación de bosquetes de las asociaciones de Queñua, Kishuar y Colli.

Tapia (1972) realizó una clasificación de los pastizales propiamente dichos, en la cual se ha considerado las condiciones ecológicas, composición botánica y la utilización o modificación que hubiese efectuado el hombre; esta clasificación solamente se refiere a los pastizales del Altiplano Peruano y es la siguiente:

- Pastizales de chilligua (*Festuca dolichophylla*)
- Pastizales de cespillo (*Calamagrostis vicunarum*)
- Oconales (zonas altas húmedas con *Distichia muscoides*)
- Pastizales de ichu (*Stipa ichu*)
- Pastizales de iro ichu (*Festuca orthophylla*)
- Pastizales de tisña (*Stipa obtusa*)
- Césped de puna
- Bosques de queñua (*Polylepis sp*)
- Pastizales invadidos por especies anuales
- Pastizales invadidos por kanlli (*Margiricarpus sp.*)
- Pastizales invadidos por garbancillo (*Astragalus sp.*)

Beck 1981 según su formación clasifica a los pastos naturales alto andinos en ocho formaciones mayores. Tres de estas formaciones (1, 2 y 3) pertenecen a los bofedales, que ya fueron citadas en la sección clasificación de bofedales. Las que siguen son las siguientes. (4) **Césped más o menos denso con cojines y macollos de gramíneas en laderas más o menos húmedas**, donde existen dos sub-grupos (a) sin vegetación leñosa. Dominan *Scirpus rigidus*, *Luzula peruviana*, *Aciachne pulvinata*, *Calamagrostis spp*, *Disanthelium minimun*. (b) con arbustos enanos y vegetación herbacea. Dominan *Baccharis alpina*, *Baccharis serpyllifolia*, *Senecio spp*, *Ephedra spp*. (5) **Césped alto, de gramíneas en macollos, con estrato bajo de hierbas y gramíneas anuales y/o rizomatosas (puna húmeda)**. Dominan *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis spp*, *Stipa ichu*, *Muhlemburgia fastigiata*, *Hypochoeris taraxacoides*. (6) **Matorral con césped más o menos denso y algunos macollos de gramínea** (vale mejor para uso forestal). Existen dos sub-grupos. (a) en lugares húmedos. Dominan *Escallonia myrtilloides*, *Buddleja montaña*, *Baccharis penteandii*, *Ribes spp*, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis spp*, *Paspalum pygmaeum* (b) en lugares más o menos secos. Dominan *Polylepis spp*, *Escallonia resinosa*, *Eupatorium spp*, *Cassia spp*, *Stipa ichu*, *Eragrostis nigricans*. (7) **Arbustos enanos con macollos de gramíneas y hierbas bajas intercaladas (puna seca)** Dominan *Baccharis spp*, *Parastrepbia spp*, *Adesmia spp*, *Tetraglochium spp*, *Festuca spp*, *Stipa ichu*, *Bouteloa simplex*, *Muhlemburgia peruviana*, *Azorella diapensoidea*, *Junella minima*. (8) **Césped bajo a veces con macollos de gramíneas y cojines en planicies salinas (puna salina)**. Dominan *Distichlis humilis*, *Festuca orthophylla*, *Muhlemburgia fastigiata*, *Anthobryum triandrum*.

Wilcox y Bryant (1984) clasificaron las comunidades vegetales de los Andes Centrales del Perú (U. P. Corpacancha). Encontrando las siguientes:

- *Festuca rigescens* - *Azorella crenata*
- *Festuca dolichophylla* - *Carex ecuadorica* - *Calamagrostis vicunarum*
- *Festuca dolichophylla* - *Poa gilgiana*
- *Calamagrostis brevifolia* - *Festuca dolichophylla*
- *Plantago tubulosa* - *Hipochoeris taraxacoides*
- *Poa gilgiana* - *Festuca dolichophylla* - *Calamagrostis brevifolia*
- *Calamagrostis macrophylla* - *Festuca dolichophylla*
- *Calamagrostis recta*
- *Stipa brachyphylla* - *Calamagrostis recta*
- *Festuca distichovaginata* - *Stipa brachyphylla*

➤ **Producción de Pastos Naturales.**

En condiciones de la Sierra y Altiplano, la producción de forrajes sigue el patrón de la precipitación pluvial, es decir, durante los meses lluviosos (Noviembre-Marzo) existe una abundancia de forraje, mientras que en los meses de estío (Abril-Octubre) existe escasez de forraje para el ganado.

En el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos de IVITA la Raya y durante la época de lluvias, Aguirre y Oscanoa (1985), encontraron 18 sitios o sub-tipos de vegetación los cuales se encuentran dentro del tipo de gramínea. Con relación a la producción de estos sitios de vegetación encontraron que la menos productiva fue la asociación *Muhlenbergia peruviana*-*Calamagrostis amoena* con 514.4 kg MS/ha y la más productiva la asociación *Muhlenbergia peruviana*-*Festuca rígida* con 3033.6 kg MS/ha.

Fierro LC (1985), en la Estación Experimental de Chuquibambilla UNA-Puno, clasificó a los pastos en tres grupos: grasas de crecimiento alto, grasas de crecimiento corto y especies similares a gramíneas. En el primer grupo encontraron una máxima producción de 2497 kg MS/ha en el mes de Marzo, siendo las de mayor producción las especies *Calamagrostis antoniana* (892 kgMS/ha) y *Festuca dolichophylla* (892 kg MS/ha) y *Festuca dichoclada* (710 kg MS/ha). Dentro de las gramíneas de crecimiento corto, encontraron una máxima producción de 534 kg MS/ha en el mes de Enero, siendo las más importantes *Muhlenbergia fastigiata* (402 kg MS/ha) y *Hordeum muticum* (180 kg MS/ha). En el grupo de especies parecidas a gramíneas (Cyperaceas y Juncaceas), encontraron una máxima producción de 265 kg MS/ha, siendo la especie *Cárex ecuadórica* la de mayor producción (265 kg MS/ha).

Farfán et al. (1988) en el Centro Nacional de Camélidos Sudamericanos IVITA La Raya, estudiaron comunidades vegetales de la zona seca y zona húmeda y determinaron la producción anual de biomasa para cuatro estados fenológicos de la planta: crecimiento (Noviembre-Diciembre), floración (Marzo), maduración (Abril-Mayo) y dormancia (Setiembre-Octubre). Los resultados de producción de biomasa en la época de mayor producción lluvias) fueron los siguientes: Para **zonas secas**: Pastizal dominado por *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia fastigiata* la producción promedio anual de biomasa fue de 2317 kg/MS/ha. Pastizal dominado por *Festuca rígida* fue de 3726 kg/MS/ha. Para un pastizal dominado por *Festuca orthophylla* fue de 2924 kg/MS/ha. Para el pastizal dominado por la asociación *Stipa obtusa* y *Stipa ichu* fue de 3586 kg/MS/ha. Para un pastizal dominado por *Calamagrostis amoena* la producción fue de 2532 kg/MS/ha. Para **zonas húmedas**: Pastizal dominado por *Distichia muscoides* la producción promedio anual fue de 786 kg/MS/ha y para un Pastizal dominado por la asociación *Festuca dolichophylla* - *Plantago tubulosa* fue de 1796 kg/MS/ha.

Flores E et al. (2008), en un trabajo realizado en la Sierra Central con una combinación de pastos cultivados (*Dactylis*-trébol) y pastos naturales llega a las siguientes conclusiones. La producción de forraje kg MS/ha/año es la suma de las tasas de crecimiento diaria a lo largo del año. Estas tasas de crecimiento se expresan en kg MS/ha/día y es influida por el tipo de pradera, la temperatura y principalmente por la humedad, variable que a su vez está altamente correlacionada con la precipitación. Las tasas de crecimiento del pasto cultivado en secano y la pradera natural son similares en la época seca, no superan en promedio los 10 kg MS/día, pero se diferencian notablemente en la época lluviosa (Flores, 2005). Así mientras las tasas de crecimiento pueden alcanzar niveles de hasta 50 Kg MS/día en pastos cultivados, durante los meses de máxima precipitación y altas temperaturas, diciembre a mayo, éstas no superan los 8 Kg MS/día en pastos naturales. En términos de hectárea los pastos cultivados alcanzan 6240 Kg MS/ha y los naturales 2763.6 Kg MS/ha.

#### ➤ *Calidad nutritiva.*

En el conocimiento sobre la calidad nutritiva de los pastizales existe mucha discrepancia, existiendo valores tan disímiles que es muy importante tomar cada una de los trabajos con sumo cuidado, en el lugar y contexto donde fue realizado.

Huisa et al. (1985) en el Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura IVITA-La Raya, trabajando en la dieta de la alpaca en praderas nativas en la época seca, encontraron que el contenido de proteína cruda varía entre 5.7 a 10.8%; siendo mayor durante los meses de Mayo y Noviembre (10.8 y 10.81% respectivamente). Con relación a la digestibilidad no existe mucha diferencia entre un mes seco que es Mayo (66.19%) y un mes húmedo como es Noviembre (67.40%). Estos valores últimos son considerados relativamente altos, pudiendo atribuirse al mayor contenido de microorganismos en el rumen de la alpaca y el mayor movimiento ruminal continuo del mismo (características de los camélidos) existiendo mayor degradación de los forrajes.

Reiner et al. 1986 trabajando en IVITA-La Raya, encontraron que la provisión de proteína cruda en la dieta de las alpacas es superior en los bofedales (12.3%), frente a la proteína cruda encontrada en los pastizales naturales (10.2%) del Altiplano Peruano. Con relación a la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica en la dieta de alpacas, encontró los valores más bajos durante los meses de Agosto (49%) y Octubre (50%). Además, la proteína de la dieta puede ser deficiente en el bofedal solo durante el inicio de la estación seca y la deficiencia de energía durante la última etapa de la estación seca.

#### ➤ *Sopportabilidad*

Existen pocos trabajos relacionados con los parámetros utilizados para determinar la capacidad de carga animal en condiciones de praderas naturales. Por muchos años se utilizó la tabla para determinar la carga animal propuesto por el Programa de Forrajes de la Universidad Agraria La Molina (1984). Sin embargo, a través del Programa Colaborativo de Rumiantes Menores de la Universidad de Davis, se unificaron los criterios de los investigadores de la UNALM e IVITA-San Marcos (1992) y se propuso la siguiente Tabla de equivalencia de carga animal que se encuentra vigente a la fecha.

Cuadro 31. Carga animal recomendable (N° de animales /ha/año) por condición de pastizal

Condición	Ovinos	Alpacas	Llamas	Vacunos	Vicuñas
Excelente	4.0	2.7	1.8	1.0	4.44
Bueno	3.0	2.0	1.3	0.75	3.33
Regular	1.5	1.0	0.7	0.38	1.65
Pobre	0.5	0.3	0.2	0.13	0.55
Muy Pobre	0.25	0.17	0.10	0.07	0.28

Fuente: Flórez A; Malpartida E, San Martín F. Manual de Forrajes. 1992. UC Davis

En el Centro Experimental de La Raya, Salaverry (1977) utilizando el “Método de Cuadrado de Corte” determinó la carga animal para las 12 229 ha del Fundo La Raya. Para la Clase II dominada por la Asociación *Festuchetum-Calamagrosetum* la soportabilidad fue de 4.70 Unidades Alpaca (UAA)/ha/año. Para la Clase III dominada por las asociaciones *Festuchetum/Stipetum/Festuchetum/Calamagrosetum* y *Distichetum*, fue de 0,40 UAA/ha/año. La soportabilidad para la Clase IV dominada por la asociación *Calamagrosetum/Scirpetum* fue de 0,13 UAA/ha/año. La Clase V dominada por la asociación *Calamagrosetum/Poa* fue de 0,08 UAA/ha/año. El autor no encontró ninguna asociación de pastos de Clase I.

En 1985, Aguirre L y Oscanoa L, realizaron una evaluación de los pastizales de la Estación Experimental de La Raya-Cusco, utilizando el “Método de Transección al Paso” para las 6223 ha. Los autores encontraron 16 asociaciones de pastos o sitios, encontrando una soportabilidad total de 1912.15 UAA/ha/año., 2968.67 Unidades Ovino/año y 623.27 Unidades Vacuno/año.

Farfán (1998) en un trabajo relazado en Toqra-Caylloma-Arequipa (puna seca), presenta los resultados de la evaluación después de 24 meses de clausura de pastos naturales (Cuadro 32). Las especies elegidas como indicadoras tienen las siguientes variaciones en su frecuencia sobre la pradera natural clausurada: La *Alchemilla pinnata* considerada como una especie deseable (D) para alpacas incrementó su frecuencia de 1.0 % (testigo) a 10.75 % (clausura), es decir, su presencia en el campo se vio incrementada en 975% (9.7 veces); este hecho se considera como favorable para la supervivencia de la comunidad vegetal. La especie *Calamagrostis vicunarum* considerada como una especie poco deseable (PD) para alpacas disminuyó su frecuencia de 22% a 19.7%, es decir, su presencia en el campo disminuyó ligeramente, este hecho es considerado como desfavorable para el bienestar de la comunidad vegetal. La especie *Azorella diapensoides* una especie considerada como no deseable (ND) disminuyó su presencia en la composición de la comunidad vegetal, por cuya razón se considera favorable para el bienestar de la pastura.

Con relación a la cobertura vegetal, existe un incremento de 38% a 64.75%, vale decir que hay un incremento de 70.39%. La producción de biomasa también tuvo un incremento considerable de 160 kg/ha a 660 kg/ha de materia seca, es decir, hubo un incremento de tres veces en la producción de forraje en el campo. También, se observó un incremento en la soportabilidad de la pradera de 0,37 a 1.5, es decir hubo un incremento de cuatro veces la capacidad de soportar de las pasturas clausuradas por los 24 meses que duró el trabajo de investigación en el Fundo Toqra de la ONG DESCO-Arequipa.

Cuadro 32. Especies indicadoras, cobertura vegetal, producción de biomasa y soportabilidad en el Centro de Producción Toqra-DESCO Arequipa a 4300 msnm.

Pastos/Cobertura Vegetal	Palatabilidad	Testigo (%)	Clausura (%)	% de Cambio	Calificación
<b>Especies indicadoras</b>					
<i>Alchemilla pinnata</i>	D	1.00	10.75	975.00	Favorable
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	PD	22.00	19.75	10.23	Desfavorable
<i>Azorella diapensoides</i>	ND	3.00	2.75	8.33	Favorable
<b>Cobertura vegetal</b>		38.00	64.75	70.39	Favorable
<b>Producción de biomasa</b>					
Rdto materia verde(kg/ha)	D+PD	280	1,651	489.30	Favorable
Rdto materia seca (kg/ha)	D+PD	160	660	312.50	Favorable
<b>Soportabilidad</b>					
Unidad Animal Alpaca/ha		0.37	1.50	305.4	Favorable
<b>Esp. palatables nuevas</b>					
<i>Geranium sessiliflorum</i>	D	00	1.00		Favorable
<i>Nototriche longirostris</i>	PD	00	3.00		Favorable

D = Deseable PD = Poco deseable

ND = No deseable

Elaboración R. Farfán

### 6.3. CLAUSURAS.

Según la Society for Range Management USA (1977), las clausuras se definen como pequeñas áreas naturales protegidos del pastoreo, sea para preservar áreas de pastos representativas en excelentes condiciones (clímax) o para permitir la observación de la sucesión vegetal en áreas de pastos naturales agotados sin la presencia de animales.

El fundamento para implementar las clausuras es permitir la protección contra el sobre pastoreo animal que generalmente se ejerce sobre una determinada área de pastizales. En última instancia los usuarios de pastos naturales (criadores) están conscientes que éstos recursos son muy importantes para sus vidas, porque sirven de alimento para sus animales, proporcionan combustible para su cocina, protección del suelo, protección de fuentes de agua (aguadas y puquiales) y fuente de plantas medicinales, por lo que se encuentran constantemente amenazados; y una forma de proteger sus recursos es a través de las clausuras.

Para la implementación de campos con clausuras es necesario la utilización de cercos, que pueden ser de piedras, “champas”, cerco de alambre y otros., sin embargo, para facilitar su uso y abaratar costos, se recomienda el uso de postes de eucalipto y alambre de púas, para que los animales pueden respetar el área protegida.

Existen pocos trabajos técnicos sobre la recuperación de pastizales naturales en la zona alto-andina (incluido los bofedales) con una duración de dos ó más años de clausura, que es el tiempo recomendado para obtener resultados confiables. Según Flórez A. (2005) en muchos sitios de pastizales naturales de un predio, se puede obtener respuestas significativas con el uso de clausuras, en el orden de 10 por ciento de incremento de la biomasa de especies

forrajeras palatables en clausuras ubicadas en ladera; mientras que las ubicadas en las pampas, producen un incremento de hasta 30% en el mismo parámetro. Ello indica un forraje de mejor calidad y, por consiguiente, mayor producción de carne o fibra de las alpacas y ovinos. Esta respuesta biológica se produce como consecuencia de la mayor humedad del suelo, producto de la mayor precipitación (hasta 1000 mm anuales) de esta formación.

En un trabajo sobre clausuras en bofedales realizado por Alzérreca et al. (2001) en Ulla Ulla Bolivia, reportan incrementos en rendimiento de fitomasa desde 766% hasta 1103% dependiendo del tiempo de clausura. En términos de capacidad de carga significan incrementos de 0,37 UAA/ha/año para el primer caso mencionado y 1.5 UAA/ha/año para el segundo caso. Igualmente, el mismo autor en otro ensayo paralelo, confirma los anteriores resultados que presentan incrementos en rendimiento de fitomasa desde 107 kgMS/ha en el testigo hasta 1328 kgMS/ha (1241% de incremento) después de dos períodos de crecimiento. Finalmente, resultados de un estudio efectuado por Alzerreca (1992) informa de una diferencia de cerca de 5000 kgMS/ha cuando se compara resultados de cosechas dentro (6987 kgMS/ha) y fuera de un cerco (2090 kgMS/ha ajustado por 50% de utilización) con más de 15 años de antigüedad, lo que significa un incremento de más de 234%.

Para Flores A (2005), cada bofedal proveerá forraje de acuerdo con el número de animales que pastorean y su duración depende de ello. El manejo de bofedales produce un incremento de 29% en la composición florística de especies forrajeras palatables, y de 6% en el rendimiento de biomasa total. La soportabilidad calculada aumentó de 2.4 Unidades Alpaca (UAA)/ha/año con la condición de pradera regular a 3.0 UAA/ha/año y condición de pradera buena. En estas áreas es recomendable que parte del agua captada en infraestructura de riego, sea aprovechada para mejorar o ampliar bofedales, ya que estas son altamente productivas para la crianza de animales

En un trabajo de investigación realizado por Farfán 1998, en la Comunidad Campesina de Quenko Calacala, Tisco, Caylloma, Arequipa, sobre los 4300 msnm, observó que la cobertura vegetal se incrementó de 50% a 82%. Las especies indicadoras elegidas tienen las siguientes variaciones en su frecuencia en el área clausurada: *Alchemilla pinnata* (especie deseable D) subió de 2.0% a 3.8%, es decir hubo un incremento de 50% en su presencia, lo cual es favorable para la comunidad vegetal. La especie *Calamagrostis vicunarum* (PD) subió de 1% a 10%, es decir hubo un incremento de 900%, lo cual es favorable para la pastura, La especie *Festuca rigida* (PD) no mostró ninguna variación.

Cuadro 33. Rendimiento de biomasa y soportabilidad de pasturas naturales después de 02 años de clausura a 4300 msnm en la CC de Quenco Calacala, Caylloma, Arequipa.

Pastos/Cobertura Vegetal	Palatabilidad	Testigo (%)	Clausura (%)	% de Cambio	Calificación
<b>Species indicadoras</b>					
<i>Alchemilla pinnata</i>	D	26	39	50	Favorable
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	PD	1	10	900	Favorable
<i>Azorella diapensoides</i>	ND	10	10	00	Favorable
<b>Cobertura vegetal</b>		56	82	46.43	Favorable
<b>Producción de biomasa</b>					
Rdto materia verde(kg/ha)	D+PD	670	3010	349.25	Favorable
Rdto materia seca (kg/ha)	D+PD	352	1440	309.09	Favorable
<b>Soportabilidad</b>					
Unidad Animal Alpaca/ha		0,32	1.30	306.25	Favorable

D = Deseable    PD = Poco deseado    ND = No deseable    Elaboración Farfán, R.D. 1998

Con relación al rendimiento de biomasa, se observa un incremento en Materia Seca (MS) de 352 kg/ha a 1440 kg/ha (309% de incremento) después de 24 meses de clausura, lo cual se traduce en un incremento en la soportabilidad de 0,32 UAA/ha/año a 1.30 UAA/ha/año.

#### 6.4. PASTOREO COMPLEMENTARIO BOFEDAL - PRADERA NATIVA

En la Sección relacionada con el concepto de nutrición animal moderna, se indicó que para una producción animal sostenible en condiciones de zonas altoandinas, con una alimentación animal eficiente, era necesario contar con pastos de calidad, sean provenientes de fuentes naturales (bofedales) y/o introducidas (Ejem. Alfalfa). Bajo esta premisa, en esta sección se discute la necesidad de aprovechar, eficientemente durante la época de estío, los bofedales altoandinos que se mantienen verdes y nutritivos durante el año; en **combinación** con pastizales naturales, que permanecen secos y lignificados (estío) en grandes extensiones en las praderas nativas de los países andinos.

Antes de discutir la propuesta de uso complementario de bofedales y pastizales, es necesario conocer algunas prácticas de pastoreo utilizadas tradicionalmente por los productores de los andes y altiplanicies con especies animales nativos (camélidos) e introducidos (e.g. ovinos). Es así, que para el alpaquero existe un sistema de pastoreo tradicional que obedece a la situación climática, que es utilizado por la mayoría de integrantes de las comunidades alpaqueras y parcialidades campesinas dedicadas a la crianza de camélidos en la zona altoandina. Para el alpaquero tradicional, por siglos, existen dos épocas: La época seca (chaqui) y la de lluvias (paray). Así, como dos zonas: las zonas bajas (pampa o uray) y zonas altas (cordillera o puna).

Flores A (2005), manifiesta que durante la estación de lluvias existe una mejora en la oferta forrajera, especialmente para camélidos, debido a la humedad producida por las precipitaciones. En este período, se prefiere pastorear los animales en las praderas, en especial en las laderas altas y medias. En cambio, en la estación seca, cuando comienza a escasear el forraje, los bofedales son la salvación para el pastoreo de alpacas, ovinos y llamas. Los bofedales deben ser manejados como sitios de alimentación especial, porque son la única fuente para las alpacas en la estación seca. Las cargas animales deben ser cuidadosamente controladas y los bofedales deben ser usados para suplementar las deficiencias de los animales que se encuentran en producción, como las hembras lactantes y los de reemplazo.

Alzérreca et al. 2001 en un área de pastizal natural dominada ampliamente por *bofedales*, como es Ulla Ulla en Bolivia, demostró que la utilización de las praderas tiene diferencias según la época lluviosa o seca. Al inicio de la estación lluviosa de Diciembre a Enero, los rebaños de alpacas bajan de los dormideros al empezar el día (6 a 7 am) hacia los bofedales donde pastan hasta aproximadamente las 16 ó 17 horas. Posteriormente, salen a los pajonales que rodean los bofedales donde pastorean entre las 17 a 18 horas. Más tarde, en camino a los dormideros continúan pastoreando en praderas de formación caméfita y una variedad de gramíneas. En la época seca, de Mayo a Diciembre los rebaños de alpacas pastorean generalmente durante el día en los bofedales y esporádicamente en los pajonales.

Básicamente, para tener una propuesta técnica sobre el uso combinado de bofedales-pastura natural, es conocer la disponibilidad de forraje durante el año en condiciones de puna. En la época de lluvias, que generalmente va de Diciembre a Abril, tanto en puna húmeda y puna seca, no existe mayor deficiencia en cantidad y calidad de alimentos (pastos); sin embargo, en el mes de Mayo (inicio del estío) los pastos se ponen secos y lignificados, en la práctica los animales consumen escasamente este material senescente, y deambulan por los campos en procura de algunos pastos cortos y verdes que pueden encontrar bajo el abrigo de los pastos altos y tufosos. Otra forma que tienen los animales de proveerse de alimentos nutritivos en esta época del año, es encontrar semillas de pastos, especialmente de gramíneas, que son ricos en contenido de grasas, almidones y minerales (Farfán 1982, y Bryant y Farfán, 1984).).

En estas circunstancias los animales no llegarían a cubrir sus necesidades nutricionales, por consiguiente, nuestro propósito es encontrar fuentes de alimentación que sean nutritivos y abundantes. Existen varias fuentes, que algunas de ellas fueron explicadas líneas arriba en la Sección siembra de gramíneas perennes (*Phalaris tubero-arundinacea*), pasturas perennes asociadas (ryegrass-trébol), intersiembra con leguminosas (tréboles), alfalfa en siembra pura y asociada, uso de pellets y/o cubos de alfalfa, siembra de gramíneas anuales (avena) y otras. También existen algunas técnicas de manejo y mejoramiento que están siendo validadas como: hidroponía, siembra de semillas de pastos nativos, trasplante de esquejes de pastos nativos (chilligua) y otros. Sin embargo, una técnica de manejo al alcance de los pequeños productores a ser implementada en condiciones de puna, es la utilización de clausuras de pastizales naturales para un manejo combinado con bofedales , cuya implementación necesita de los siguientes pasos:

- Establecimiento de clausuras en bofedales
- Manejo alternado del pastoreo bofedal-pasto nativo

➤ ***Establecimiento de clausuras en bofedales.***

Consiste en identificar, delimitar y cercar áreas de terreno de extensiones menores a 5 ha, las mismas que se mantendrán intangibles por un mínimo de dos años, que permitirá su recuperación y además facilitará la evaluación de su capacidad de carga, soportabilidad y también aprovecharlas como semillero agrostológico. Previamente se evaluará la línea de base, determinando la composición botánica, calidad nutritiva de las especies existentes, soportabilidad y palatabilidad.

Para el diseño se determina el tamaño y número de potreros, que son variables y dependen del estado de la pastura y las características topográficas del terreno. En promedio debe considerarse lo siguiente:

- Tamaño y número de potrero = Variable
- Distancia entre postes = 10 m.
- N° de líneas = Nueve hileras de alambre para camélidos domésticos y seis para ovinos
- Tamaño de postes = 1.80 a 2m (1/3 enterrado y 2/3 al aire)

Para el proceso de instalación, se delimitan los potreros mediante cercos perimetrales y cercos interiores. Tienen dos funciones, una de protección del área contra animales no deseados y otra la rotación y racionamiento del pastoreo al interior de los potreros. Luego se colocan los postes y el alambrado de acuerdo a los distanciamientos indicados en el diseño.

➤ ***Manejo alternado del pastoreo bofedal-pasto nativo.***

Una vez implementado los potreros y después que éstos han permanecido por un tiempo excluidos del pastoreo, se inicia con el trabajo de uso de estos campos.

Cuando los animales salen de los dormideros en la mañana, estos son introducidos en los potreros de bofedales previamente diseñados, donde permanecerán pastoreando por espacio de una y/o dos horas. El objetivo fundamental para tener los animales en los potreros es que puedan consumir una dieta rica en proteínas (pasto verde) y que a su vez estos pastos pasen al rumen, donde serán prontamente aprovechados por los microorganismos ruminantes.

Después que los animales han consumido los pastos ricos en proteína (bofedales), y sus microorganismos bastante fortalecidos, estos pasarán a pastar en los extensos campos de pastizales naturales de secano, donde consumirán pastos duros y lignificados, los cuales serán degradados con facilidad por los microorganismos ruminantes previamente fortalecidos. Adicionalmente, se sugiere que una hora antes de llevar los animales a su dormidero, se pueda introducir nuevamente en los bofedales, con la intención de proporcionar alimento de calidad (proteína) para que durante el proceso de rumia nocturna, los microorganismos nuevamente puedan fortalecerse y luego degradar los pastos consumidos durante el día en las extensas praderas naturales. Esta sugerencia está condicionada a la disponibilidad de áreas de bofedales con que cuenta el criador y también a las facilidades de mano de obra que generalmente es familiar.

## **TERCERA PARTE**

### **EVALUACIÓN DE PASTIZALES**

#### **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas se han desarrollado muchas técnicas para medir la producción de los pastizales en diferentes regiones del mundo, así encontramos técnicas para zonas áridas, zonas tropicales, estepas y otras. Sin embargo, existen muy pocas técnicas específicas para zonas alto andinas, en el mejor de los casos son adaptaciones de técnicas empleadas en otras latitudes. También, existen técnicas modernas como el uso del SIG (Sistema de Información Geográfica) para determinar las asociaciones de pastizales y determinar la soportabilidad de las mismas, siendo su uso limitado a técnicos de alta especialización.

En esta Sección se explicará en forma muy simple tres aspectos muy importantes en la evaluación de pastizales:

- Técnicas simples para medir la vegetación
- La producción primaria de pastizales altoandinas.
- La determinación de la capacidad de carga o soportabilidad de los pastizales altoandinos.

Sobre las técnicas para medir la vegetación se toman aspectos cualitativos y cuantitativos. Existen parámetros que deben ser medidos como son: Frecuencia, Densidad, Cobertura y Peso.

Con relación a la producción primaria de pastizales se tocarán aspectos como la producción de biomasa (kg/ MS/ha) utilizando el método del "Cuadrado de Corte". Otro aspecto importante es la evaluación de la composición botánica, donde encontramos dos técnicas fáciles de implementar: métodos destructivos y métodos no destructivos. En el primer caso empleamos las muestras cortadas en campo para realizar una separación manual por grupos (materia verde o materia seca) o también por especies de pastos. En el segundo caso no es necesario cortar los pastos en el campo, simplemente se realiza una estimación *in situ* con la ayuda de equipo de campo, entre los más utilizados se puede mencionar: estimación ocular con cuadrante y método del punto cuadrático. Con relación a la determinación de la capacidad de carga o soportabilidad de los pastizales alto andinos, se explicaran en detalle dos métodos y estos son:

- Método del cuadrado de corte.
- Mapeo agrosto-edafológico de pastizales.

En el método del "Cuadrado de Corte" se emplearán muestras cortadas utilizando marcos de

fierro de diferente tamaño, secado al horno o al aire libre. Es muy importante tener en cuenta que estas muestras serán separadas manualmente, tomando al final dos porciones: una porción de biomasa utilizable y el resto desecharo como material vegetal muerto. Para efectos de estimación de la soportabilidad de los pastizales solamente se empleará la materia verde utilizable por el ganado. Es necesario puntualizar que el metro cuadrado de corte, es un método indirecto para determinar la capacidad de carga de los pastizales, debido a que el animal no interviene directamente en el proceso de evaluación de la soportabilidad de la pradera.

El mapeo agrosto-edafológico es otro método indirecto para la determinar la capacidad de carga o soportabilidad de un fundo. Sin embargo, se puede decir que es un método más completo que la anterior, debido a que, además, de tomar en cuenta la planta (pastos), toma en cuenta el suelo, que al final es el sustento de toda especie vegetal y dependerá de este suelo que se disponga de pastos muy apetecidos por el ganado o de especies no deseados por él.

Es posible que el presente trabajo no satisfaga del todo las expectativas de los investigadores especializados o estudiantes universitarios, ya que el objetivo principal es llegar al técnico de campo con las herramientas necesarias para que pueda planear y manejar sus recursos forrajeros en forma racional en condiciones de la Sierra Peruana.

## 1. TÉCNICAS PARA MEDIR LA VEGETACIÓN.

Un pastizal puede ser medido cualitativa y cuantitativamente; las primeras son rápidas, de bajo costo y pueden ser muy descriptivas, sin embargo, no pueden ser analizadas estadísticamente. En cambio, las medidas cuantitativas requieren de mayor tiempo, son costosas y en ocasiones difíciles de realizar. A pesar de estas desventajas son las medidas más deseables, debido a que los datos pueden ser analizados estadísticamente. La decisión de usar cualquiera de las medidas depende de cada caso particular y de los objetivos que se persiguen. Cuando se tiene que evaluar grandes extensiones de terreno, necesariamente se utilizarán ambas medidas, como en el caso de praderas nativas altoandinas y del altiplano.

### 1.1. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA LA MEDICIÓN DE LA VEGETACIÓN.

Estadísticamente, la vegetación consiste en una población de plantas. El objetivo de la medición de la población consiste en obtener información que nos permita describir con confianza algunas de sus características más importantes. Esta información se obtiene mediante muestreo, ya que no sería posible medir cada planta del total de plantas. Por consiguiente, la población debe definirse de tal manera que las muestran puedan tomarse en la población específica y no de otra. Necesariamente la muestra debe cumplir con tres requisitos:

- Debe obtenerse sin sesgo.
- Debe ser representativa de la población
- Debe ser de tamaño suficiente como para asegurar que la variación quede reflejada en la muestra.

En términos generales, hay tres tipos de procedimiento de muestreo: (1) *muestreo al azar*, donde cada unidad de muestreo tiene igual oportunidad de ser seleccionada; (2) *muestreo al*

*azar estratificado*, constituye un intento deliberado por el error y variación al sacar provecho de las estratificaciones o subpoblaciones naturales, y por lo tanto, éstas deberían delinearse y muestrearse en conformidad con ellas. Las unidades de muestreo dentro de cada zona estratificada se hace al azar; (3) *muestreo al azar puro*, consiste la base de la teoría y análisis estadístico. Sin embargo, el muestreo al azar puro aplicado a las praderas naturales es lento, costoso y difícil de aplicar (es difícil ubicar y reubicar las unidades de muestreo, y en muchos casos, difícil de hacerlo con exactitud).

## 1.2. FORMAS DE MEDIR CUANTITATIVAMENTE LA VEGETACIÓN.

En el estudio y comprensión de las praderas naturales no basta con conocer su composición florística cualitativamente, pues ello solamente da una imagen parcial del problema. Para completar el conocimiento de la composición florística se hace necesario cuantificar. Para ello, se utilizan diversos parámetros que dan una idea de la composición relativa de las especies que forman la pradera. Estos son: Frecuencia, Densidad, Cobertura y Peso.

### ➤ *Frecuencia.*

El parámetro frecuencia da una idea de la presencia o ausencia de una especie en la pradera. Esta medida permite ubicarse en un pastizal cuando recién se comienza a hacer las primeras exploraciones del mismo. Numéricamente es la relación entre el número de muestras que contienen una especie y el número total de muestras expresadas en porcentaje. Así, por ejemplo cuando se ha realizado un trabajo de muestreo en campo la especie *Festuca dolichophylla* (chillihua) aparece en 37 muestras, cuando se ha hecho 50 muestras en un bofedal, la frecuencia (F), será:

$$F = 37/50 = 0,74 \quad (o \ 74\%)$$

Como es una medida de presencia, no interesa el número de individuos que aparecen en la muestra. Así, si en una muestra aparecen 5 individuos de “chillihua”, se dirá solamente que la frecuencia es 1, es decir, que aparece en la muestra, está presente y no cuantos individuos son.

Para poder comparar la medida de frecuencia se ha agrupado en clases, por ejemplo, en 5 clases numéricas: 1, 2, 3, 4, y 5. Esta escala numérica puede ser también expresada en rangos de porcentaje entre 1 y 100. Así para la escala anterior sería:

$$\begin{aligned} 1 \text{ a } 20\% &= 1 \\ 21 \text{ a } 40\% &= 2 \\ 41 \text{ a } 60\% &= 3 \\ 61 \text{ a } 80\% &= 4 \\ 81 \text{ a } 100\% &= 5 \end{aligned}$$

Para nuestro ejemplo, supongamos un pastizal A, con una frecuencia de 74%, caerá en la clase 4, y se dirá entonces que “chillihua”, es una especie con frecuencia 4 en el pastizal A muestreado. Dato que nos permite comparar con otro pastizal B, por ejemplo en donde la frecuencia sea 25% que sería clase 2 y diríamos que “chillihua” es más frecuente en pastizal A que en pastizal B.

### ➤ **Densidad.**

Mide el número de individuos de una misma especie por unidad de superficie en una comunidad vegetal. Es una expresión de abundancia o densidad de población. La unidad de muestreo, o tamaño de muestra (superficie), variará de acuerdo al tipo de pastizal que se estudie. Por lo general, el tamaño de la muestra es  $1\text{m}^2$  para pastizales abiertos y  $4\text{m}^2$  cuando se trata de arbustos. Unidades menores pueden ser usadas en vegetación muy densa y tufosa como la que existe en los pastizales altoandinos y del altiplano. Estas unidades menores pueden ser de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $1/10$  de metro cuadrado.

Como la densidad es una medida de abundancia, se puede utilizar un sistema de clasificación con escala numérica, tal como sigue:

- 1 = Escaso
- 2 = Ocasional
- 3 = Poco frecuente
- 4 = Frecuente
- 5 = Abundante

Como se ha dicho, densidad es el número de plantas por unidad de superficie y vamos a suponer que nuestra unidad de muestreo es el metro cuadrado. Como ejemplo, tenemos que se han obtenido 50 muestras con un número total de individuos de “chillihuá” de 200. En este caso, la densidad para esta especie es de 4 plantas por metro cuadrado; ya que el tamaño de la muestra total ha sido de  $50\text{ m}^2$  y el número total de individuos ha sido de 200, la densidad (D) será:

$$D = 200 \text{ plantas}/50 \text{ m}^2 = 4 \text{ plantas}/\text{m}^2$$

### ➤ **Cobertura.**

Si bien densidad y frecuencia indican abundancia y distribución de individuos, estos dos parámetros poco o nada dicen de tamaño, volumen ocupado o superficie del suelo cubierto por una especie, como lo indica el parámetro cobertura. Se define como la proyección vertical de la porción aérea de la planta sobre la superficie del suelo y se expresa en porcentaje de dicha proyección. Para tener una idea numérica comparativa del parámetro cobertura, su valor se puede estratificar en una escala numérica y de magnitud 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 del suelo.
- 4 = Cobertura entre 50 y 75% de la superficie del suelo
- 5 = Cobertura entre 75 y 100% de la superficie del suelo.

Así en nuestro ejemplo, se dirá que “chillihuá” tiene una cobertura de 3, cuando cubre una superficie de suelo equivalente a un 25 a 50%.

Cuando se mide la cobertura de un muestreo y se dice, por ejemplo, es del 25%; ello significa que el 25% del suelo está cubierto por una especie determinada, en nuestro caso por “chillihuá”. El resto, 75% está representado por la cobertura de otras especies y/o suelo desnudo.

### ➤ **Peso.**

Si bien los parámetros analizados anteriormente dan una idea de cantidad de plantas, su dispersión y cobertura no especifican la cantidad de forraje producido. Esta medida de cantidad de forraje es de gran importancia, pues ella permite hacer cálculos de capacidad de pastoreo. Se debe tener presente que el ajuste de la cantidad de animales que puede soportar un pastizal es el punto clave de éxito en el manejo del mismo.

Es el peso del forraje producido en kg por unidad de superficie. Así se dice que, un pastizal produce o ha producido 1000 kilogramos por hectárea, y se expresa: 1000 kg/ha. Este peso puede referirse a:

- *Peso fresco y/o materia verde.*- Es decir el peso que resulta de la planta recién cortada.
- *Peso seco al aire.*- Es el peso que resulta de la planta secada a la sombra al aire, o en horno secador a 60 °C; este forraje contiene alrededor de 10 a 12% de humedad
- *Peso seco al horno.*- Es el peso de la planta luego de haber sido secado al horno a 100-105 °C hasta obtener un peso constante.

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

Para hacer las determinaciones de cantidad de forraje producido por unidad de superficie se procede a muestrear el pastizal donde va hacerse la determinación, simulando la utilización que hacen los animales en el campo y luego pesando el forraje cosechado dentro de las unidades de muestreo, expresando el resultado en las formas establecidas anteriormente.

El tamaño y forma de la unidad de muestreo dependerá del tipo de vegetación. Esta unidad es, por lo general, un submúltiplo del metro cuadrado: así, puede ser 1m<sup>2</sup>, ½ m<sup>2</sup>, ¼ m<sup>2</sup>, 1/10 m<sup>2</sup> etc., y el resultado se refiere a ha. En esta determinación, las plantas que se cortan son aquellas que tienen interés forrajero, desechariendo aquellas consideradas no deseables por el ganado. El resultado obtenido puede expresarse como rendimiento total de todas las especies o distinguiendo entre especies, para ello se hace necesario separar manualmente las plantas que componen la muestra cosechada, o cortarlas por separado en el momento de la cosecha.

## **2. METODOS DE EVALUACION DE LA PRODUCCION PRIMARIA DE PASTIZALES NATURALES.**

Cuando se habla de métodos de evaluación, siempre se refiere a los atributos de la vegetación que pueden ser medidos cuantitativa y cualitativamente para ser de utilidad para el usuario; así, se considera que es necesario tener mediciones de producción de biomasa y composición botánica.

### **2.1. PRODUCCION DE BIOMASA.**

El peso del pasto o biomasa vegetal es una de las características más importantes en la evaluación de praderas y se podría decir que es una de las mediciones obligadas del pasto en general. Puntualizando que no es recomendable utilizar los datos de producción en términos

de materia verde (M.V.) por la gran variación que existe de muestra a muestra debido al contenido de humedad. Por el contrario es recomendable mostrar los datos de peso en términos de materia seca (M.S.) expresado en muestras de pastos secados en estufa a 60-70 °C y por 48 horas. También es aceptable la información de muestras secadas al aire libre y a la sombra por 10-15 días, dependiendo del clima. Siendo necesario aclarar siempre en los reportes que estas muestras fueron secadas a la sombra y por determinado número de días.

### **Pasos a seguir para la determinación de la producción de materia seca por hectárea.**

#### **Equipos y Materiales:**

- |             |                    |
|-------------|--------------------|
| - Tijera    | - Bolsas de papel  |
| - Cuadrante | - Libreta de campo |
| - Romana    | - Lápiz            |

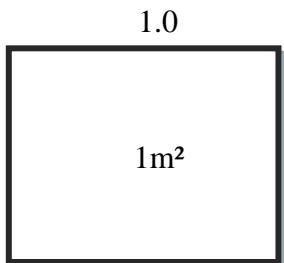
**Procedimiento.** Teniendo el equipo y los materiales se procede a realizar el trabajo de campo.

#### **➤      Determinación de número de muestras/ha.-**

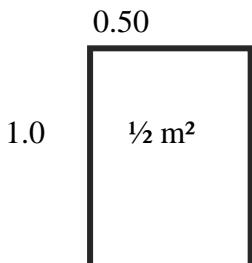
No es fácil de determinar, ya que depende de una serie de factores y consideraciones. Las poblaciones heterogéneas requieren más unidades de muestreo que las homogéneas. Las comunidades vegetales de la puna seca a menudo requieren intensidades de muestreo menos exigentes, que las comunidades vegetales densas y tufosas de la puna húmeda. También depende del grado de precisión que se desee lograr. Los estudios que requieren un alto grado de precisión requieren de una mayor intensidad de muestreo que los estudios generales y extensivos. El número de unidades de muestreo que puedan tomarse también dependen de la cantidad de fondos disponibles. Finalmente, depende de las técnicas que se decida emplear y del modo como se utilicen. Para un trabajo preciso es necesario realizar un estudio preliminar del tamaño de parcela y número de muestras a ser consideradas en el campo. Sin embargo, para este trabajo se necesita el concurso de un técnico especializado y con conocimiento de bioestadística. Por tal limitante, y por las experiencias del IVITA -Maranganí - La Raya, sugerimos lo siguiente: para asociaciones de pastos de crecimiento alto (*Festuca dolichophylla*, *Festuca ortophylla*, *Calamagrostis eminens*) será necesario emplear un marco de fierro o madera de 1m<sup>2</sup> (1m. x 1m.). Para pastos de crecimiento mediano (*Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *Alchemilla pinnata*) será necesario el uso de un marco de ½ m<sup>2</sup> (1.0 m x 0.5 m). En caso de tener asociaciones vegetales de crecimiento bajo y/o postrado (*Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Paspalum pygmaeum*) será necesario emplear un marco de ¼ m<sup>2</sup> (0.5 m x 0.5 m).

- En cuanto al número de muestras es necesario considerar la uniformidad de la pradera; en caso de tener una asociación vegetal muy uniforme será suficiente tomar como mínimo 10 muestras por hectárea. En caso de composición botánica muy variada se deberá tomar mayor número de muestras.
- Con relación a la forma de los muestreadores, por la facilidad en el manejo y uso se recomienda tener marcos de forma cuadrada o rectangular

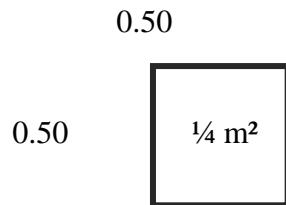
Marco de madera o de fierro  
para pastos de crecim. alto



Marco para pastos de  
crecimiento mediano

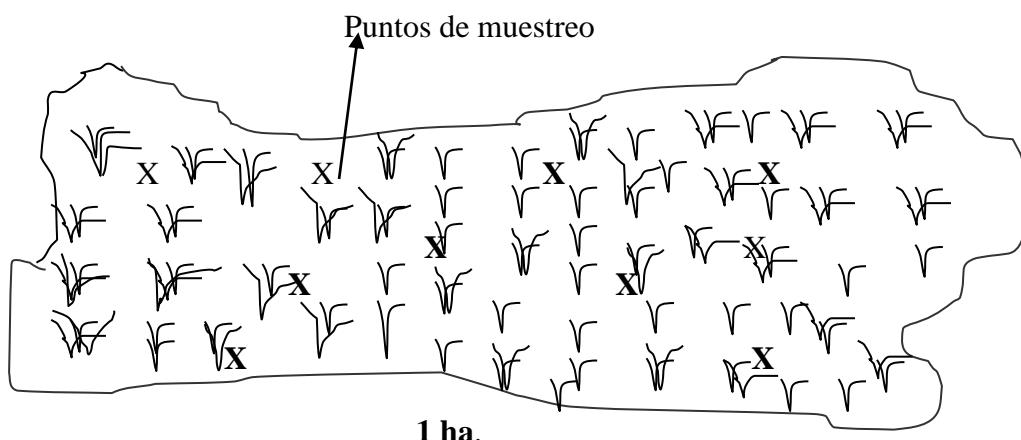


Marco para pastos crecim.  
bajo y/o postrado



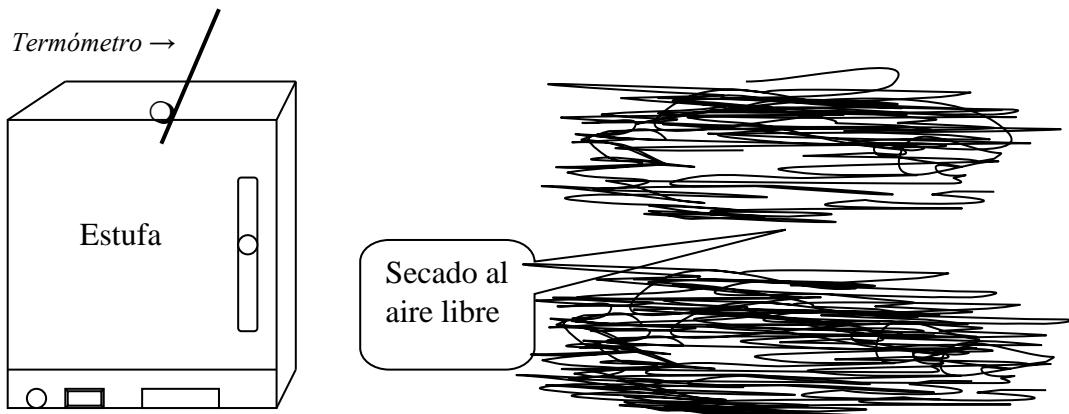
➤ **Determinación de Puntos de Muestreo.**

Una vez que se ha determinado el número y tamaño de muestra, se va al campo y se determina los puntos de muestreo. Es necesario explicar por qué es importante determinar los puntos de muestreo al azar.



Si se observa detenidamente una pradera natural se encuentran sitios donde el crecimiento de pasto es denso, mientras en otros sitios el crecimiento es escaso. Si al momento de muestrear solamente se toma puntos de crecimiento denso y alto, la producción de biomasa será sobreestimada, y por el contrario, si se toma puntos de escaso crecimiento la producción será subestimada. También como consideración se puede mencionar que muchos evaluadores tratan de tomar los mejores sitios para evaluar y mostrar que sus resultados son de los mejores. Ante estas consideraciones es necesario realizar muestreos al azar y evitar el riesgo de equivocaciones.

Teniendo los puntos de muestreo identificados, se procede a colocar el marco de fierro y/o madera en cada uno de estos puntos, para luego proceder a cortar los pastos progresivamente. Es importante tener en cuenta que al momento de evaluar las muestras se debe simular lo que el animal hace en el campo, o sea dejar unos 2 a 3 cm. de altura como pasto remanente en el sitio. Estas muestras son numeradas y colocadas en bolsas de papel, para luego ser llevadas al lugar donde serán secadas. Antes de proceder al secado se debe pesar la muestra en fresco, es decir tomar los datos de peso de las muestras lo más rápido posible cuando no han perdido humedad y se tendrá la producción de materia verde (M.V.). Luego de secar las muestras al horno o al aire libre, se tendrá los datos de materia seca (M.S.).



Una vez registrado los datos de producción de materia seca, se procede a realizar el trabajo de gabinete para la presentación de los mismos, como se observa a continuación:

**EJEMPLO:**

Producción de materia verde y materia seca de 10 muestras en gr/m<sup>2</sup>.

<u>Nº Muestra</u>	<u>Prod. M. V.</u>	<u>Prod. M. S.</u>
1	1750	437.5
2	1100	275
3	1200	300
4	1800	450
5	450	112.5
6	900	225
7	1200	300
8	1000	250
9	400	100
10	1700	450
Total	11 500	2875.0

Promedio (gr./m<sup>2</sup>)

$$11\ 500 \div 10 = 1150$$

$$2875 \div 10 = 287.5$$

Se convierte gr/m<sup>2</sup> a kg/m<sup>2</sup> dividiendo entre 1000.

Producción promedio de materia verde =  $1150 / 1000 = 1.15 \text{ kg/m}^2$

Producción promedio de materia seca =  $287.5 / 1000 = 0,2875 \text{ kg/m}^2$

Luego se convierte a kg/ha, para lo cual multiplicamos por 10 000 m<sup>2</sup> (1 ha).

- $1.15 \text{ kg/m}^2 \times 10\ 000 \text{ m}^2 = 11\ 500 \text{ kg/ha/M.V.}$
- $0,2875 \text{ kg/m}^2 \times 10\ 000 \text{ m}^2 = 2875 \text{ kg/ha/M.S.}$

Es importante conocer que la expresión de tiempo más utilizada es la estación del año o el año, esto para expresar la cantidad de forraje disponible durante un tiempo determinado. Estas expresiones son las siguientes:

Producción : kg MS/ha/época de lluvias o época seca y/o kg MS/ha/año  
 Como ejemplo de la producción de un potrero tenemos:

Área del potrero	=	10 ha.
Producción por ha.	=	15 000 kg/MS/ha/año.
Producción por potrero =		150 000 kg/MS/potrero/año.

## 2.2. COMPOSICION BOTANICA

La composición botánica se puede medir por métodos destructivos y no destructivos. La selección del método dependerá de los objetivos y la precisión con la cual se quiere trabajar. En la literatura existen muchos métodos; sin embargo, en este trabajo solo serán considerados los métodos que se ajusten a las condiciones de puna húmeda y seca de la Sierra Peruana.

Es fundamental tener en cuenta la frecuencia de corte, para lo cual se recomienda hacer dos veces al año, uno al inicio de lluvias (Diciembre) y otra al final de lluvias (Abril-Mayo).

### 2.2.1. *Método destructivo.-*

En este caso los pastos necesariamente serán cortados para, posteriormente, realizar una separación manual de los componentes. Las ventajas de este método son la precisión y la sencillez, y la desventaja principal sería la relativa laboriosidad del procedimiento.

#### ➤ *Método de separación manual*



Figura 95. Separación manual de especies de pastos

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Utilizar el mismo corte de vegetación empleado para medir la producción de biomasa en todos los casos.
- Una vez que se ha separado la muestra para medir materia seca (MS), se toma al azar una porción o alícuota de 500 a 1000 g. La pregunta es, ¿por qué no se toma la totalidad de la muestra sobrante para el análisis?, simplemente porque hacer un trabajo de separación de toda la muestra sería muy tediosa, teniendo en cuenta que se debe analizar gran número de muestras, para tener datos confiables.
- En el laboratorio se separan las muestras en dos grupos; materia verde y materia muerta, posteriormente pesar y reportar por separado el valor de ambos grupos.
- La parte que corresponde a materia verde se recomienda en primera instancia separarla en tres grupos: Gramíneas y especies parecidas a gramíneas (juncáceas y ciperáceas); otras

especies (leguminosas, compuestas, liliáceas, etc.); y especies invasoras o indeseables (*Margiricarpus*, *Opuntia*, *Astragalus*, etc.). Los tres grupos son pesados por separado, para luego proceder al secado y obtener la producción de materia seca.

- Si existe la necesidad de contar con datos más detallados, se procede a la separación manual de especies individuales. Vale la pena separar especies cuando de alguna manera se esperan cambios en ellas y tienen significancia en el uso racional del pastizal.

Para la obtención de producción de MS, tanto de especies separadas por grupos o individualmente, se lleva las muestras a la estufa a 60 °C por 48 horas. Como se indicó anteriormente en las condiciones de puna no es posible contar con una estufa, en este caso se recomienda secar a la sombra por un mínimo de 15 días, indicando en el respectivo reporte las condiciones en las cuales se obtuvo la producción de materia seca.

Cuadro 34. Registro de Producción de Pastos por el Método de Separación Manual.

Componente del Pastizal	Inicio de Lluvias		Final de Lluvias	
	Fecha: M. V.	Fecha: M. S.	Fecha: M. V.	Fecha: M. S.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia verde</li> <li>- Materia muerta</li> <li>- Gramíneas y especies similares a gramíneas</li> <li>- Otras especies (leguminosa compuesta, malváceas)</li> <li>- Invasoras o indeseables.</li> </ul>				

Cuadro 35. Registro de producción de M.V. y M. S. por grupos de especies utilizando el método de separación manual.

Grupos	Inicio de Lluvias		Final de Lluvias	
	Fecha: M. V.	Fecha: M. S.	Fecha: M. V.	Fecha: M. S.
<b>GRAMINEAS:</b> Calamagrostis vicunaram Stipa brachiphylla Festuca dolichophylla Juncus sp				
<b>T O T A L</b>				
<b>OTRAS ESPECIES</b> Trifolium amabile Alchemilla pinnata. Hipochoeris taraxacoides				
<b>T O T A L</b>				
<b>INVASORAS</b> Astragalus garbancillo Margiricarpus pinnatus Opuntia flocosa.				
<b>T O T A L</b>				

## 2.2.2. *Métodos no destructivos*

En la literatura se pueden encontrar muchos métodos no destructivos que se emplean para medir la composición botánica. Estos se pueden separar en dos grupos: métodos de

estimación visual y métodos que emplean el toque de la vegetación con instrumentos. Existiendo variedad de opciones en ambos grupos, solamente describiremos las técnicas que pueden adaptarse a las condiciones de puna húmeda y puna seca de la Sierra Peruana.

➤ ***Estimación ocular con cuadrante*** (Método de estimación visual).

Existen dos métodos, el primero es con la utilización de un cuadrante sin divisiones y la segunda es con la aplicación de un cuadrante dividido.

**Cuadrante sin Divisiones.** Para el primer caso aplicamos un cuadrante, de preferencia de 1m<sup>2</sup>. Como en todos los casos de evaluaciones de cobertura, se hace un muestreo al azar tratando de abarcar toda el área que se necesita evaluar, para lo cual se toma entre 8 y 10 puntos de evaluación por hectárea.

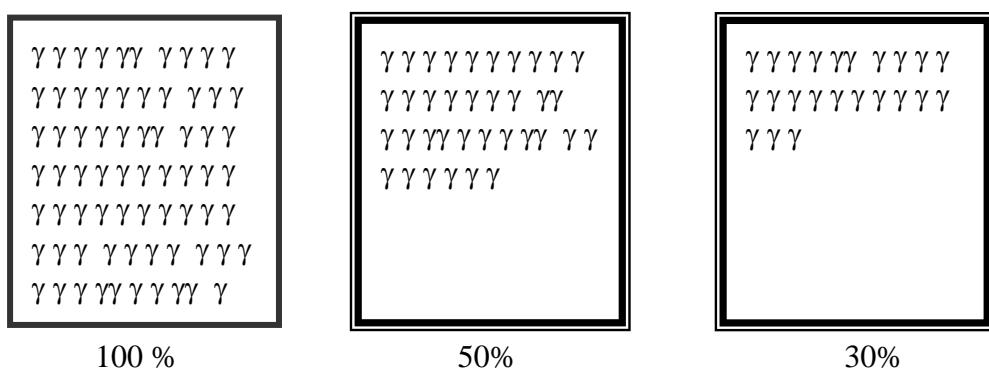
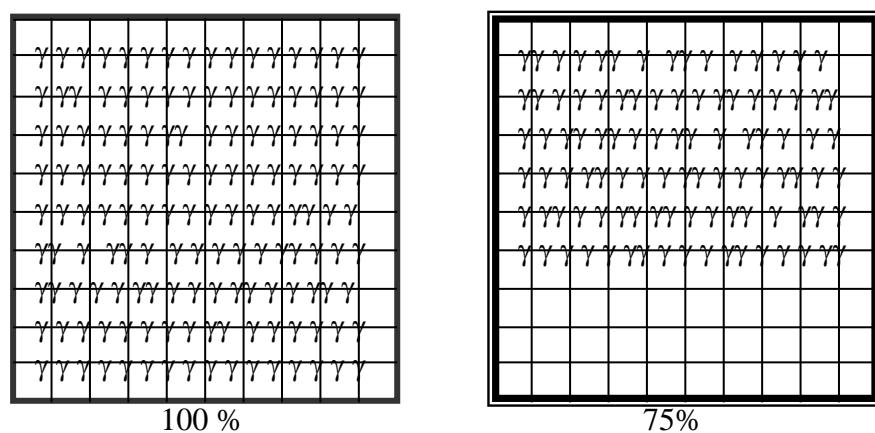
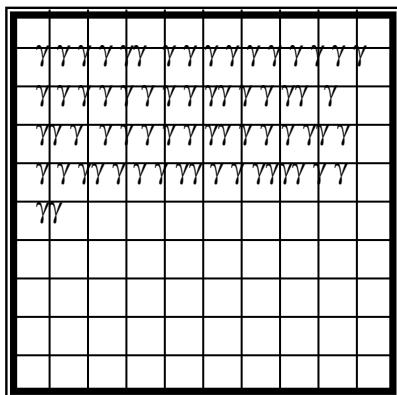


Figura 96. Cuadrantes sin divisiones

Una vez que se arroja el marco o cuadrante en el campo, se hace una estimación visual de la cobertura, donde el cuadrante de 1 m<sup>2</sup> lleno equivale al 100% de cobertura vegetal. En caso de encontrar una comunidad vegetal densa, donde no existen claros, se deduce que se tiene un 100% de cobertura, si se observa la mitad del cuadrante cubierto por pastos, se deduce que solamente hay un 50% de cobertura y así sucesivamente.

**Cuadrante Dividido.** En el presente caso, el tamaño y forma de los cuadrantes varían de acuerdo a las características de la vegetación y de la variabilidad propia del terreno. En praderas de gramíneas amacolladas de la puna húmeda y seca peruana es frecuente utilizar como punto de partida el cuadrante de 1m<sup>2</sup>, dividido por medio de alambres, para formar una rejilla con espacios de 20 x 25 cm, con un total de 20 subdivisiones. (Ver Figuras).





50%

Figura 97. Cuadrante dividido

### **Método del punto cuadrático modificado**

Se refiere al método que emplea toques de agujas sobre la vegetación para estimar la composición botánica (CB). El “punto cuadrático” es un instrumento consistente en un soporte generalmente de madera (caballete) que sostiene agujas rígidas y finas (tipo tejedor) separadas convenientemente, las cuales se deslizan, de arriba hacia abajo, sobre la vegetación y “tocan” las especies que forman el pastizal. Los soportes puedan sostener agujas verticales o inclinadas (Figura 98).

El número de agujas varía normalmente de 1 a 10. Es preferible usar un solo tipo de aguja para evitar el sesgo en las diferentes observaciones. En la práctica se recomienda el uso de 10 agujas, es decir cada aguja para cada observación, debido a que el número de “toques” es numeroso, por lo cual se prefiere que cada orificio en el soporte de madera tenga su correspondiente aguja.

La posición de la aguja vertical vs inclinada también cambia la estimación de la composición botánica. Las agujas verticales detectan con precisión y mayor frecuencia las plantas con hojas horizontales (leguminosas, rosáceas, compuestas, etc.), en perjuicio de las plantas con hojas verticales o caídas (gramíneas), en tanto que las agujas inclinadas hacen estimaciones más balanceadas. Es preferible por esta razón el uso de agujas inclinadas, con un ángulo de 32.5 grados del horizonte. La técnica en sí consiste en que el operador ubicará el instrumento al azar en el potrero, con las agujas levantadas sin perturbar aún la vegetación bajo el soporte de madera, procediendo luego a bajar cuidadosamente las agujas una por una hasta tocar la vegetación, luego continuar hasta tocar el suelo. De esta manera se va registrando los toques en cada especie en el cuaderno de campo. De los datos obtenidos en campo se puede determinar los siguientes resultados:

#### ***Porcentaje de la Vegetación***

Se suman todos los toques de una especie y se divide por el total de los toques realizados multiplicado por 100:

Especie 1 = 9/26 x 100 = 34.6 %  
Especie 2 = 9/26 x 100 = 34.6 %  
Especie 3 = 8/26 x 100 = 30.7 %

**TOTAL** = 26/26 x 100 = 100.00 %

### *Porcentaje de Cobertura*

Se obtiene anotando cada “toque” de la especie, a medida que la aguja contacta la vegetación; el resultado se expresa como porcentaje de cada especie. Ver el siguiente ejemplo:

Especie 1 = 18/100 x 100 = 18 %
Especie 2 = 16/100 x 100 = 16 %
Especie 3 = 14/100 x 100 = 14 %
Especie 4 = 10/100 x 100 = 10%
Especie 5 = 12/100 x 100 = 12%
Especie 6 = 5/100 x 100 = 5%
Suelo Desnudo = 10/100 x 100 = 10%
Mantillo = 3/100 x 100 = 3%
Materia Orgánica = 2/100 x 100 = 2%
Espejo de Agua = 2/100 x 100 = 2%
Pavimento de Erosión = 6/100 x 100 = 6%
<u>Roca</u> = 2/100 x 100 = 2%
<b>TOTAL</b> = 100%

### *Cobertura Aérea*

En este caso se registran todos los toques de la aguja en la parte aérea de las plantas (hojas, tallos, flores, etc.) de todas las especies de crecimiento mediano y alto. El resultado se expresa como porcentaje del total de toques a nivel de la parte aérea de la planta.

Especie 1 = 12/50 x 100 = 24%
Especie 2 = 15/50 x 100 = 30%
Especie 3 = 10/50 x 100 = 20%
Especie 4 = 6/50 x 100 = 12%
<u>Suelo Desnudo</u> = 7/50 x 100 = 14%
<b>TOTAL</b> = 100%

### *Cobertura Basal.*

Se registran solamente los toques de cada especie a nivel del suelo y se expresa el resultado de cobertura basal de una especie como porcentaje del total de toques a nivel del suelo. Los toques que caen sobre el suelo vacío se registran como suelo descubierto (desnudo).

Especie 1 = 6/30 x 100 = 20 %
Especie 2 = 6/30 x 100 = 20 %
Especie 3 = 4/30 x 100 = 13.3 %
<u>Desnudo</u> = 14/30 x 100 = 46.7%
<b>TOTAL</b> = 100%



Figura 98. Uso de agujas inclinadas IVITA-  
La Raya Foto R. Farfán



Figura 99. Transección puntual ALT 2003



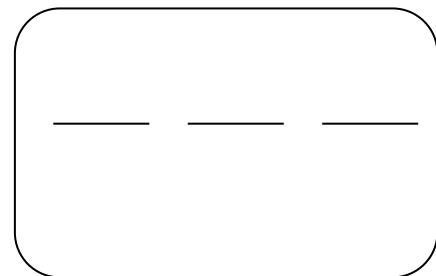
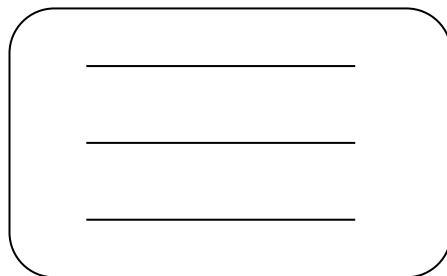
Figura 100. Transección puntual en parcelas lineales. ALT 2003.

### Método de transección al paso

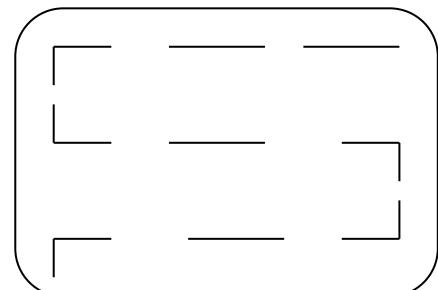
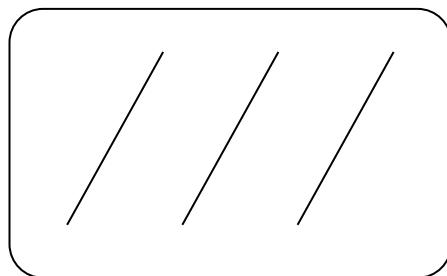
Básicamente el método consiste en recorrer caminando el área del pastizal que se desea muestrear. Cada cierto número de pasos, se hace un muestreo con una aguja en cuyo extremo tiene un anillo horizontal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. El número de pasos que se suele dar para realizar el muestreo depende de la extensión de terreno que se quiere muestrear; en caso de tener un área de pastizal pequeño se utiliza un solo paso por muestreo, es decir, si empezamos el muestreo utilizando el anillo censador junto al zapato del pie derecho para el siguiente punto de muestreo se caminará un paso y también recaerá junto al zapato del pie derecho y así sucesivamente hasta conseguir 100 puntos de muestreo. Es necesario recalcar que todos los puntos de muestreo siempre recaerán junto al zapato del pie derecho. En caso de necesidad de muestrear áreas de pastos más extensos, en lugar de dar un paso, se dará 2, 3, 4 ó más pasos

según la extensión de terreno que se quiera abarcar, siempre con la recomendación de que el anillo censador caiga junto al zapato del pie derecho (Figuras 99 y 100).

**Tipos de Transectos**



**Para abarcar todo el terreno**



**3. MÉTODOS PARA ESTIMAR LA SOPORTABILIDAD DE LAS PRADERAS ALTOANDINAS.**

Existen muchos métodos para determinar la soportabilidad de un determinado pastizal que van desde los más simples hasta más complejos. Para efectos de la presente publicación serán descritos solamente dos métodos: “Metro Cuadrado” y evaluación de pastizales utilizando el método de “Transección al Paso”.

Un aspecto muy importante a considerar es que cualquiera sea el método a utilizar, será necesario conocer las especies de pastos de las zonas de evaluación, para lo cual se muestran algunas importantes, con sus principales características

**3.1. CLASIFICACIÓN DE ESPECIES DE PASTOS NATIVOS POR GRADO DE ACEPTACIÓN Y NOMBRES REGIONALES**

Cuadro 36. Lista de especies de pastos con nombres científicos, comunes y palatabilidad

	Especies	Nombre común	P a l a t a b i l i d a d			Bibliografía
			Ovino	Llama	Alpaca	
<i>Poaceae</i> <i>(Graminae)</i>	<i>Agrostis breviculmis</i>	Chi'ji	PD	PD	PD	ONERN 1985, Farfán y Durand 1998
	<i>Agrostis tolucensis</i>	Tullu pasto	ND	D	ND	ONERN, 1985
	<i>Aristida adscencionis</i>	Paja plumilla	D	D	D	Tapia y Flórez 1984, Floréz 2005
	<i>Bromus catharticus</i>	Cebadilla	D	D	D	Tapia y Flórez 1984, Floréz 2005
	<i>Bromus lanatus</i>	Willma cebadilla	D	D	D	Floréz A 2005
	<i>Calamagrostis curvula</i>	Shumpo	D	D	PD	Fierro 1985, ONERN 1983
	<i>C. dichoclada</i>	Yurac ichu	PD	D	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>C. trychophylla</i>	Crespillo	PD	D	D	Farfán y Durant 1998
	<i>C. antoniiana</i>	Sora sora	PD	D	PD	ONERN 1985, Farfán y Durant 1998
	<i>C. cephalantha</i>	Camadulce	D	D	PD	Del Carpio 2000
	<i>C. ovata</i>	Crespillo	D	D	D	Farfán y Durant 1998
	<i>C. chrysantha</i>	Kory waylla	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>C. rigescens</i>	Tullu pasto	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>Distichlis humilis</i>	Grama dulce	D	D	D	Del Carpio 2000
	<i>Festuca dolichophylla</i>	Chillihua, coya	ND	D	D	Del Carpio 2000
	<i>F. orthophylla</i>	Iru ichu	ND	PD	ND	Canahua 1970, Farfán y Durand 1998
	<i>Hordeum muticum</i>	Cola de ratón	D	PD	D	Canahua 1970, Del Carpio 2000
	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Chi'ji	D	D	D	Farfán y Durant 1998
	<i>Poa annua</i>	Llachu, chili	D	D	D	Tapia y Flórez 1984
	<i>Poa candamoana</i>	Cebadilla, k'achu	D	D	D	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Poa gymnantha</i>	Chumpi cura	D	D	D	Fierro 1985, Tapia y Flórez 1984
	<i>Poa horridula</i>	Koña pasto	D	D	D	ONERN 1985, Tapia y Flórez 1984
	<i>Polipogon elongatus</i>	Pata de conejo	D	D	D	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Polipogon interruptus</i>	Pasto barbado	D	D	D	Ponce 1969, Tapia y Flórez 1984
	<i>Stipa mucronata</i>	Grama ichu	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Stipa brachiphylla</i>	Granu ichu	D	D	D	Canahua 1970, Tapia y Flórez 1984
	<i>Stipa obtusa</i>	Tisña	PD	PD	PD	Farfán y Durant 1998
	<i>Stipa hans-meyeri</i>	Ichu	PD	PD	PD	Farfán y Durant 1998
	<i>Aciachne pulvinata</i>	Paqu paqu	PD	PD	PD	Farfán y Durant 1998
	<i>Distichlis humilis</i>	Grama salada	D	D	D	Farfán y Durant 1998
<i>Juncaceae</i>	<i>Distichia muscoides</i>	Kunkuna	D	D	D	Tapia y Florez 1984, Farfán 1998
	<i>Oxichloe andina</i>	Kunkuna macho	ND	PD	PD	Farfán 1998, Del Carpio 2000
	<i>Juncus bufonius</i>	Totorilla	PD	PD	PD	Farfán y Durant 1998
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex sp.</i>	Ccaran ccaran	D	D	D	Fierro 1985, Farfán y Durant 1998
	<i>Luzula peruviana</i>	Uma sutu	ND	D	D	ONERN 1985, Farfán y Durant 1998
	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Quemillo K	D	D	D	Farfán y Durant 1998
	<i>Scirpus rigidus</i>	Cuchi pelo	PD	D	PD	ONERN 1985, Tapia y Flórez 1984
<i>Rosaceae</i>	<i>Alchemilla diplophylla</i>	Libro libro	D	PD	D	Farfán 1998, Del Carpio 2000
	<i>Alchemilla pinnata</i>	Sillu sillu	D	D	D	Canahua 1970, Farfán y Durant 1998
	<i>Margiricarpus pinnatus</i>	Kanlli	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago monticola</i>	Sacarara	ND	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>Plantago rigida</i>	Cha'ki llantén	D	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
	<i>Plantago tubulosa</i>	Orqho llantén	PD	D	D	Farfán y Durant 1998
<i>Isoatáceae</i>	<i>Estilitis andicola</i>	Sasahui	D	PD	D	Floréz A 2005
<i>Geraniaceae</i>	<i>Geranium sessiliflorum</i>	Ojotilla, wilalayo	PD	PD	ND	Ponce, J. 1969
	<i>Geranium weddellii</i>	Ojotilla	D	PD	PD	Farfán y Durant 1998
<i>Asteraceae</i>	<i>Conyza senecioidea</i>	Khea khea	ND	ND	ND	Farfán et al 1998, Del Carpio 2000

	<i>Werneria apiculata</i>	Urso	D	D	D	Del Carpio 2000
	<i>Werneria heteroloba</i>	Puna pilli	D	D	D	Del Carpio 2000
	<i>Werneria pygmaea</i>	Pilli, occo sik'e	D	PD	D	Del Carpio 2000
	<i>Werneria humilis</i>	Ph'cho sik'e	D	PD	PD	Farfán y Durant 1998
	<i>Werneria nubigena</i>	Pilli rosado	D	D	D	Farfán y Durant 1998
	<i>Gnaphalium glandulorum</i>	Wira wira	D	D	D	Tapia y Flórez 1984
	<i>Aster acaulis</i>	Oqho estrella	PD	D	D	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Hipochoeris taraxacoides</i>	Quello sik'e	D	D	D	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Hipochoeris echevariae</i>	Puna pilli	D	D	D	Tapia y Flórez 1984
	<i>Lucilia tunariensis</i>	Pasto estrella	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>Parastrepha lucida</i>	Ch'q'tula	PD	PD	PD	Alzérreca et al 2001
	<i>P. lepidophylla</i>	Suputola	PD	PD	PD	Alzérreca et al 2001
	<i>P. quadrangularis</i>	Alpachtola	PD	PD	PD	Alzérreca et al 2001
	<i>Perezia coeruleensis</i>	Sik'e	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>Perezia pygmaea</i>	Waire sik'e	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>Senecio incanus</i>	Chachacuma	ND	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Comuesta</i>	<i>Baccharis incarum</i>	Naka tola chilca	ND	PD	PD	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Cotula mexicana</i>	Pampa t'ola	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Apiaceae</i> ( <i>Umbeliferaceae</i> )	<i>Azorella compacta</i>	Puna yareta	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Azorella diapenoides</i>	Pasto estrella	ND	PD	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Loasaceae</i>	<i>Loasa cuscoensis</i>	Orqa quisa	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Fabaceae</i> ( <i>Leguminosae</i> )	<i>Lupinus chlorolepis</i>	K'era	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
	<i>Lupinus aureonitens</i>	Anko K'ela	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
	<i>Adesmia spinosissima</i>	China canlli	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984, Farfán 1998
	<i>Astragalus garbancillo</i>	Salka salka	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Malvaceae</i>	<i>Nototrichie longirostris</i>	Qora, ruphu	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
	<i>N. pedicularifolia</i>	Thu'rpa	D	D	PD	Del Carpio 2000, Flórez A 2005
<i>Cariophyllaceae</i>	<i>Pycnophyllum macropetalum</i>	Ch'eka ch'eka	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus sp.</i>	Llacho	D	PD	D	Tapia y Flórez 1984
	<i>R. flagelliformis</i>	Mecha mecha	D	PD	D	Del Carpio 2000
	<i>Hypsela reniformis</i>	Missi missi	D	D	D	Tapia y Flórez 1984, Del Carpio 2000
	<i>Caltha sagittata</i>	Marancilla	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Apiaceae</i>	<i>Lilaeopsis andina</i>	Caña caña	D	PD	D	Flórez A 2005
<i>Gentianaceae</i>	<i>Gentianella sandiensis</i>	Oqqa tike	D	ND	D	Del Carpio 2000
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Gonphrena meyeniana</i>	Peregrina	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Violaceae</i>	<i>Viola pygmaea</i>	Chanqo	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Hidrocharitaceae</i>	<i>Elodea potomageton</i>	Llacho	PD	ND	PD	Del Carpio 2000
<i>Iridaceae</i>	<i>Sisyrinchium jamesoni</i>	Azul papelillo	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Oxalidaceae</i>	<i>Oxalis eriolepis</i>	Apharu oqa	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Amaryllidaceae</i>	<i>Zephyranthes parvula</i>	-----	PD	ND	PD	Slanis y Del Valle 2005
<i>Labiadae</i>	<i>Mentostachis sp.</i>	Muña	PD	PD	PD	Tapia y Flórez 1984
<i>Lamiaceae</i>	<i>Hedeoma mandoniana</i>	Muña negra	ND	ND	ND	Slanis y Del Valle 2005
<i>Piperaceae</i>	<i>Peperomia umbilicata</i>	Pampa choclo	ND	D	D	Fierro 1985
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Castilleja pumilla</i>	Miskiqo	PD	PD	PD	Del Carpio 2000
	<i>Verónica serphyfolia</i>	Oqeccora	PD	PD	PD	Farfán y Durant 1998
<i>Ephedraceae</i>	<i>Ephedra andina</i>	Pinquito pinquito	PD	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Cactaceae</i>	<i>Opuntia flocosa</i>	Huaracco	ND	ND	ND	Farfán y Durant 1998
<i>Portulacaceae</i>	<i>Calandrinia acaulis</i>	Apaso	D	D	D	Tapia y Flórez 1984
<i>Loaceae</i>	<i>Cajophora andina</i>	Qisa	ND	ND	ND	Tapia y Flórez 1984
<i>Valerianaceae</i>	<i>Valeriana nivalis</i>	Occo marancilla	D	D	D	Tapia y Flórez 1984

*Agrostis breviculmis*



*Agrostis tolucensis*



*Distichlis humilis*



*Hordeum muticum*



*Bromus catharticus*



*Bromus lanatus*



*Calamagrostis trichophylla*



*Calamagrostis dichoclada*



*Calamagrostis antoniana*



*Calamagrostis cephalantha*

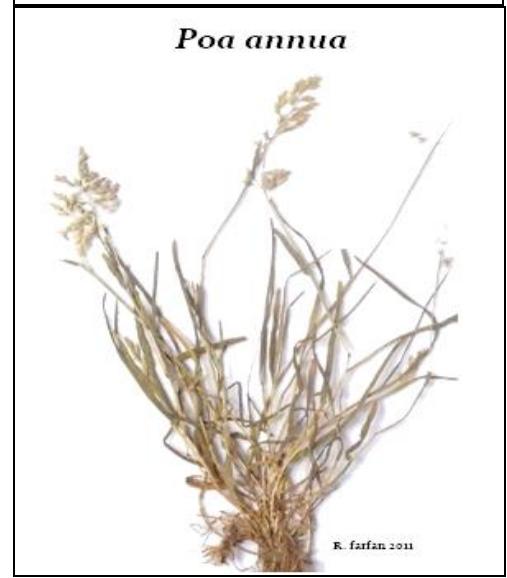
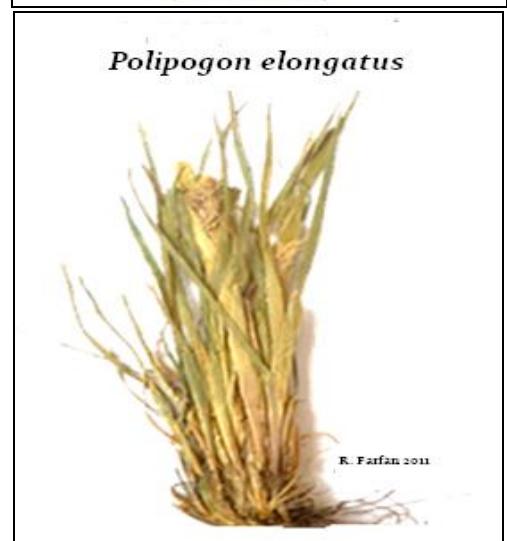


*Calamagrostis curvula*



*Calamagrostis ovata*





*Poa horridula*



*Poa gymnantha*



*Stipa mucronata*



*Stipa brachiphylla*

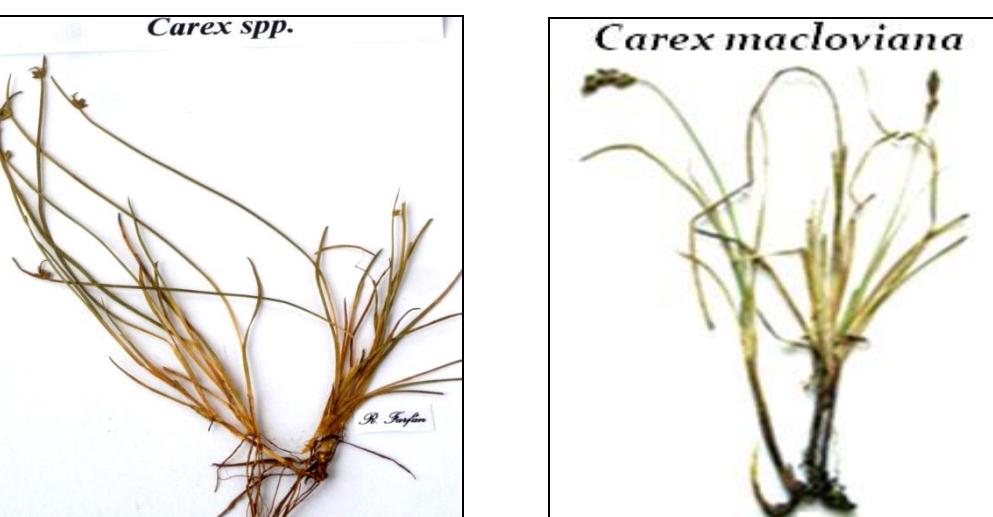
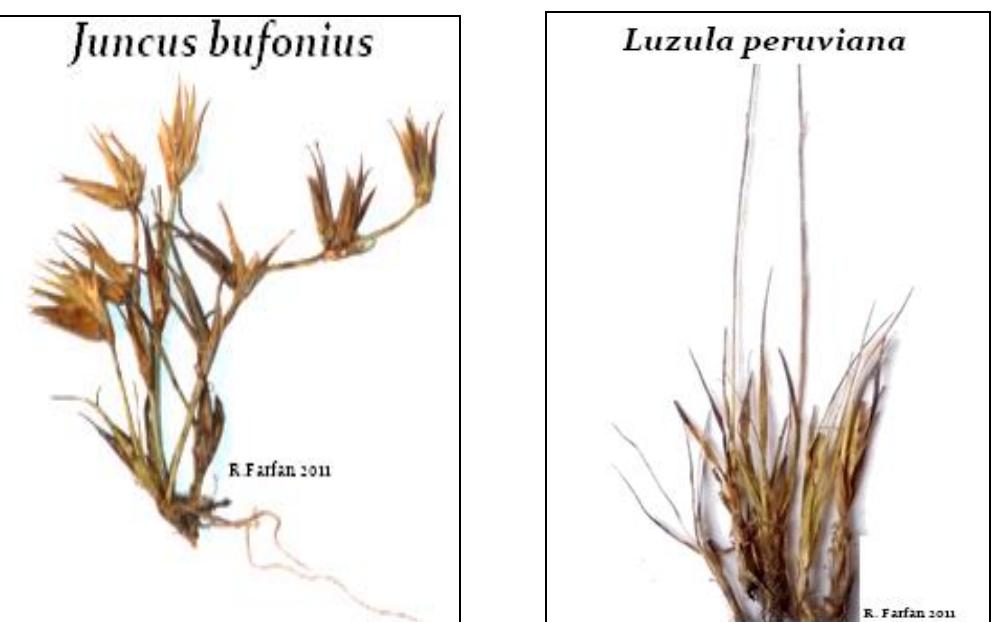
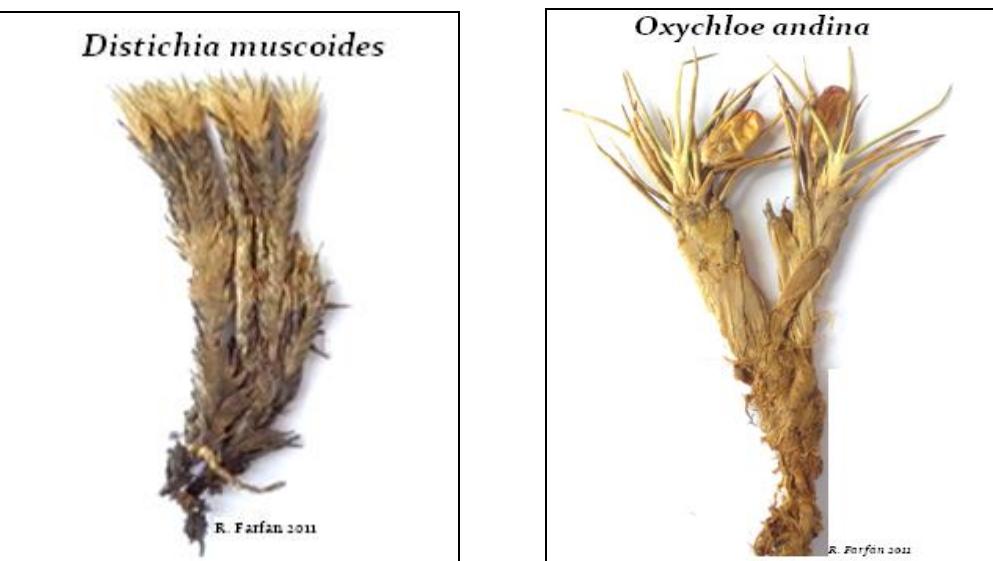


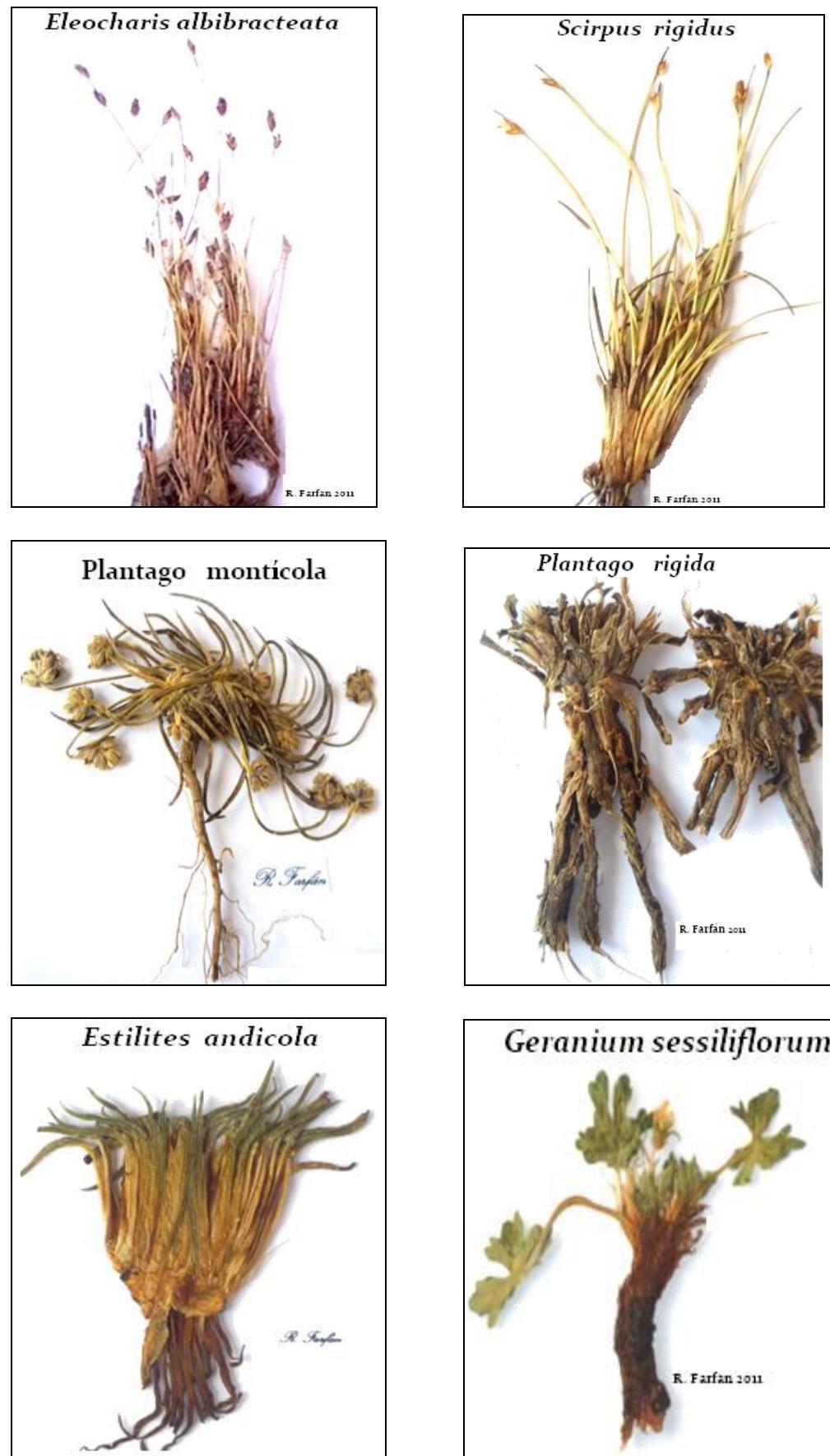
*Stipa obtusa*

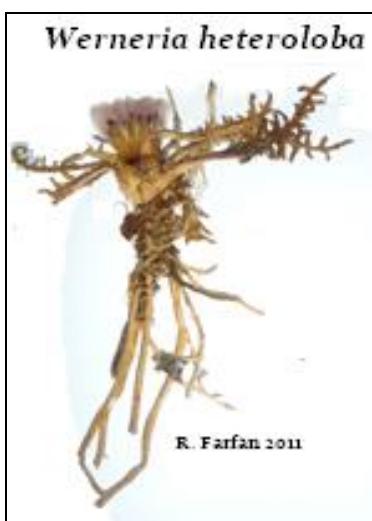


*Muhlenbergia fastigiata*









*Gentianella sandiensis*



*Gomphrena meyeniana*



*Viola pygmaea*



*Ranunculus flagelliformis*



*Ranunculus sp.*



*Elodea potomageton*



*Baccharis caespitosa*



*Aster sp.*



*Lysipomia laciniata*



*Oxalis eriolepis*

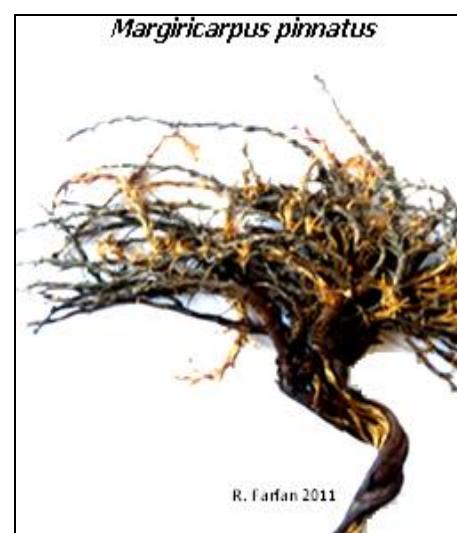


*Sisyrinchium jamesoni* Bak

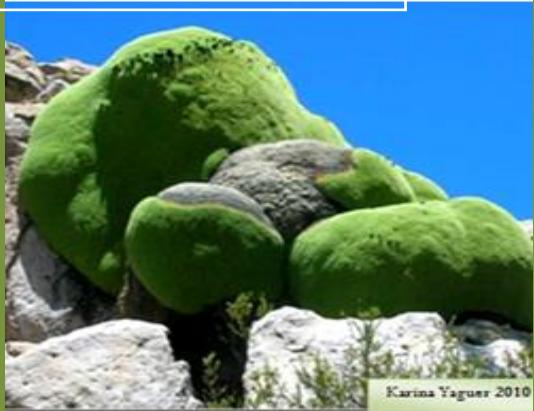


*Silene andicola*





*Azorella compacta* Phill



*Alchemilla diplophylla* Diels



*Adesmia spinosissima* Meyen ex J.



*Aciachne pulvinata* Benth



*Alchemilla pinnata* (Ruiz & Pavon) Rotham



*Azorella diapensoidea* A. Gray



*Parastrephya lepidophylla* Weed



*Parastrephya quadrangularis*



*Parastrephya lucida*



*Baccharis tola* Phil. var. *incarum*



*Oxychloe andina*



*Tetraglochin cristatum* Rothm



*Calamagrostis chrysanthia* J. Presl



K. Yaguer 2010

*Stipa hans-meyeri*



R.I. Meneses 2010

*Calamagrostis rigescens*



K. Yaguer 2010

*Distichlis humilis* Phil.



S. Beck 2010

*Festuca orthophylla* Phil.



Proyecto GLORIA 2010

*Aristida adscencionis*



*Ephedra andina* Poepp. Ex C.A. Mey



K. Yaguer

*Erigeron uniflorus* L.



Proyecto GLORIA 2010

*Geranium sessiliflorum* Cav.



Proyecto GLORIA 2010

*Geranium weddellii*



Dick Hoffmann 2010

*Gnaphalium glandulosum*



S. Beck 2010

*Gomphrena meyeniana*



S. Beck 2010

*Hypochoeris uniflorum*



Proyecto GLORIA 2010

*Hypochoeris echegarayi*



Paola Pozo 2010

*Hypsela reniformis*



K. Yaguer 2010

*Lilaeopsis andina*



K. Yaguer 2010

*Lucilia tunariensis*



S. Beck 2010

*Lupinus chilensis*



K. Yaguer 2010

*Lysipomia pumila*



*Opuntia flocosa*



*Caiophora andina*



*Castilleja pumilla*



*Calandrina acaulis Kunh*



*Caltha sagitata*



*Perezia coerulensis*



*Perezia pygmaea*



*Plantago tubulosa*



*Scirpus rigidus*



*Nototrichе longirostris*



*Senecio incanus*



*Viola pygmaea*



*Werneria humilis*



*Werneria nubigena*



*Cotula mexicana (D.C.) Cabrera*



*Valeriana nivalis*



*Pycnophyllum macropetalum*



### **3.2. CAPACIDAD DE CARGA UTILIZANDO EL METODO DEL “METRO CUADRADO”. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

Este es un método donde se utiliza el "cuadrado de corte", en lo posible simulando el consumo selectivo que realiza el animal en la pradera natural.

Es necesario conocer sobre las ventajas y desventajas que se pueden encontrar en este método. En el primer caso, se puede manifestar que es una técnica de fácil implementación y puede ser utilizada por personas que no tienen mucho conocimiento sobre evaluación de pastos, inclusive no es necesario conocer la calidad de la vegetación (especies decrecientes, acrecentantes e invasoras), tampoco es de relevancia el conocimiento del vigor y la tendencia del pastizal, ni la calidad de los suelos donde permanecen dichos pastos.

Como desventajas podemos mencionar la poca confiabilidad, debido a que es un método de aproximación; además, es sumamente tedioso por la cantidad de muestras que se debe obtener por cada unidad de muestreo.

Los materiales y equipos utilizados para implementar el método son:

- Planos topográficos a escala 1:10 000
- Cuadrantes de diferentes tamaños.
- Tijeras para corte de pasto
- Bolsas de papel
- Romanas de campo.
- Cuaderno de campo.
- Lápiz, bolígrafo.

#### **3.2.1. *Delimitación de sitios.-***

Necesariamente se debe contar con planos topográficos a escala 1: 10 000, que son obtenidos de las oficinas del Instituto Geográfico Militar.

Con estos mapas se procede a la delimitación de los “sitios” teniendo en consideración las siguientes características: estructura o composición florística de la comunidad vegetal, producción de forraje (biomasa), características topográficas y características edáficas. (Ver fotografía)



Figura 101. Trabajo de delimitación de “sitios” en Paruro.  
Tomado de Delgado N y col. 2002 IMA-Cusco

Ejemplo: para un fundo de 500 ha se han encontrado los siguientes sitios, cada uno con su respectiva extensión y asociación dominante.

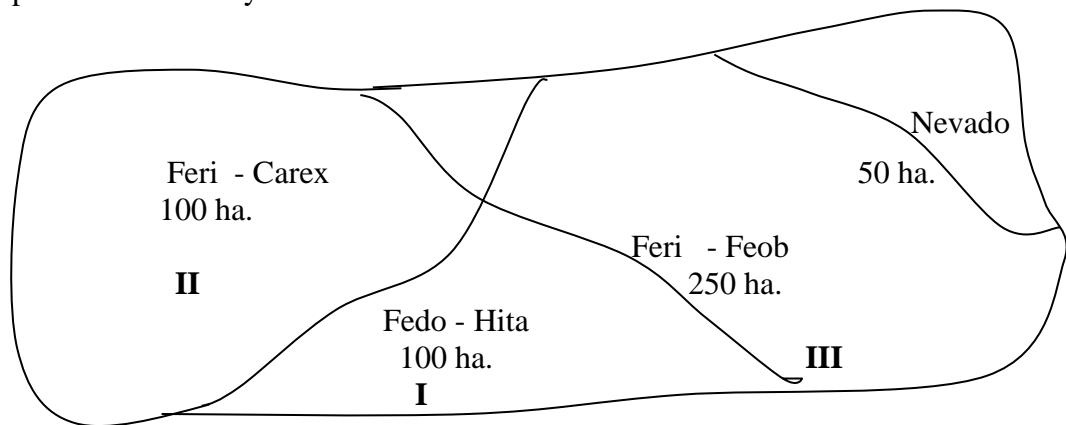


Figura 102. Croquis de un pastizal de 500 ha.

Sitio	Area (Ha.)	Asociación
I	100	Festuca dolichophylla - Hippacharis taraxacoides (Fedo - Hita)
II	100	Festuca rígida - Carex sp (Feri - Casp)
III	250	Festuca rígida - Festuca obtusa (Feri - Feob)
Nevado	50	

### 3.2.2. Determinación de la producción de materia seca

➤ **Producción de M.S. en kg/m<sup>2</sup>.**

Durante la época de mayor producción de biomasa (Febrero- Marzo), se toman muestras de pastos. En caso de praderas de crecimiento alto es necesario tomar muestras de 1m<sup>2</sup> y de 0,010 m<sup>2</sup> para pastos de crecimiento corto. El éxito final de la aplicación de este método depende del número de muestras que se debe obtener en cada sitio; así, la experiencia en IVITA-La Raya ha demostrado que 10 muestras por hectárea es un número aceptable, siempre y cuando los puntos de muestreo estén repartidos uniformemente y al azar en todo el campo.

Es muy importante saber que de la producción total de biomasa, aproximadamente un 50% es materia muerta y desperdicios que quedan en el campo, por consiguiente, será necesario realizar una separación manual de cada una de las muestras, reportando por un lado la biomasa utilizable por el ganado y por otra la materia muerta que es desechado para el consumo del ganado. Finalmente para efectos de cálculo de capacidad de carga animal solo se empleará la biomasa utilizable por el ganado.

Siguiendo con el mismo ejemplo se tienen los siguientes datos para el sitio I.

Cuadro 37. Datos de producción de Materia Seca (MS)

Nº de Muestras	Producción (Kg./MS./m <sup>2</sup> )	Producción (Kg./MS/ha)
1	0.150	1500
2	0.250	2500
3	0.175	1750
4	0.125	1250
5	0.175	1750
6	0.150	1500
7	0.225	2250
8	0.150	1500
9	0.225	2250
10	0.250	2500
Total	1.875	18750
Promedio	0.1875	1875

Estos datos solamente corresponden a 1 ha de pastizal nativo, si queremos muestrear por ejemplo 100 ha debemos tomar 100 muestras de 1m<sup>2</sup> para pastos altos ó de 0,010m<sup>2</sup> para pastos de crecimiento postrado.

➤ **Producción de M. S. en kg/ha.**

Una vez que se tiene las producciones promedio en kg./m<sup>2</sup> para cada “sitio” (I, II, III) se procede a la conversión en kg/ha. A manera de ejemplo tenemos los siguientes datos:

Clase económica de cancha I = 0,1825 kg/MS/m<sup>2</sup> x 10 000 m<sup>2</sup> = 1825 kg/MS/ha.

Clase económica de cancha II = 0,1000 kg/MS/m<sup>2</sup> x 10 000 m<sup>2</sup> = 1000 kg/MS/ha.

Clase económica de cancha III = 0,500 kg/MS/m<sup>2</sup> x 10 000 m<sup>2</sup> = 500 kg/MS/ha.

Nevado (terreno marginal) = 00 kg/MS/ha.

La "Clase Económica de Cancha" está determinado por la calidad del pastizal, pendiente del terreno, profundidad de suelo, y otros factores que existen en un determinado sitio y cuyo análisis determinan dicha calidad. Estas clases económicas de cancha equivalen a un pastizal excelente (clase I), pastizal regular (clase II) y pastizal pobre (clase III) y el terreno marginal no tiene valor forrajero.

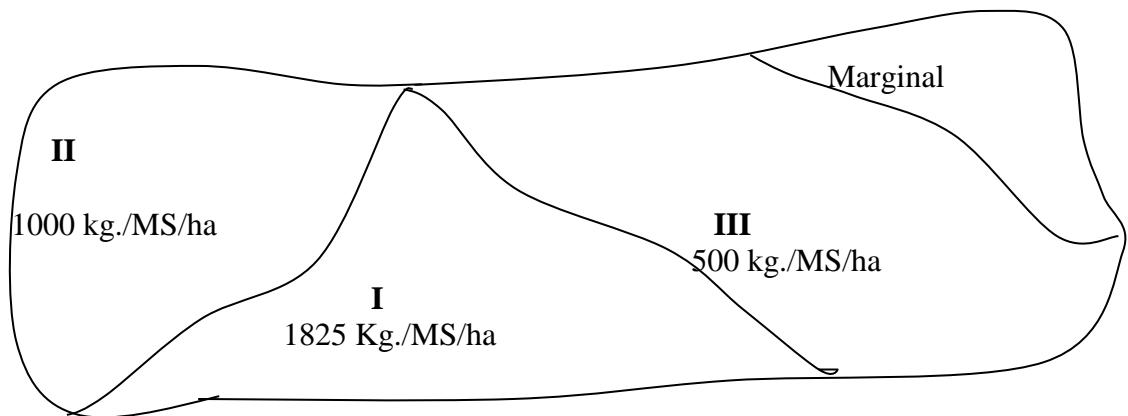


Figura 103 Producción de biomasa en kg/MS/ha para las 500 ha.

➤ ***Determinación de la Producción Total de M.S. para las 500 ha.-***

$$I = 1825 \text{ Kg. MS/ha} \times 100 \text{ ha} = 182\,500 \text{ kg. MS/ha.}$$

$$II = 1000 \text{ Kg. MS/ha} \times 100 \text{ ha} = 100\,000 \text{ kg. MS/ha}$$

$$III = 500 \text{ Kg. MS/ha} \times 250 \text{ ha} = 125\,000 \text{ kg. MS/ha.}$$

$$\text{Marginal} = 00 \text{ Kg. MS/ha} \times 50 \text{ ha} = \underline{00} \text{ kg. MS/ha.}$$

$$\text{T O T A L} \quad \quad \quad 407\,500 \text{ kg. MS/500 ha.}$$

➤ ***Determinación del Consumo Diario de una Unidad Animal Alpaca por Año (UAA/año).-***

Se ha estimado como una Unidad Animal Alpaca a un macho capón de 65 kg de peso vivo. El consumo diario de materia seca de este animal será igual a 1.8% de su peso vivo, es decir 1.17 kg de MS/día. Entonces, su consumo durante un año (365 días) será:  $1.17 \times 365 = 427.05$  kg MS/animal/año. Lo que es igual a decir que una alpaca de 65 kg de peso vivo, consume 427.05 kg MS durante un año.

➤ ***Cálculo de la Soportabilidad Total del Fundo.-***

$$\frac{407\,500 \text{ kg. M.S. utilizable/500 has.}}{427.05 \text{ kg MS/365 días}} = 954 \text{ UAA/año}$$

Quiere decir que las 500 has de pastos de buena calidad pueden soportar 954 UAA durante un año.

### **3.3. CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE “TRANSECCIÓN AL PASO”.**

Este método es más preciso que el anterior, siendo su uso muy difundido cuando se trata de evaluar pastizales naturales que abarcan grandes extensiones de terreno.

El método fue utilizado por primera vez en el Perú por Segura (1951), posteriormente se realizaron muchas modificaciones tomando en cuenta la topografía y calidad del suelo, clima, disponibilidad de agua, altitud y otros factores y dentro de estos autores podemos citar a Canahua (1970), Flores (1967), Aguirre y Oscanoa (1985), Flores Mariazza(1984), Farfán y Holgado (1995).

La intención del autor al sintetizar el presente método es que sea de utilidad para los técnicos de campo y productores, por consiguiente durante la descripción del método se hará en forma práctica, además, se tratará de simplificar y hacer entendible al usuario, a través del uso de ejemplos prácticos.

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Imágenes satelitales de la zona
- Cámara fotográfica
- GPS para la ubicación de coordenadas y altura sobre el nivel del mar de los puntos de muestreo (“sitios”).
- Anillo censador para el censo de vegetación (varilla de fierro de 1. 20 m, de largo y un anillo en el extremo de 2. 5 cm.
- Wincha metálica para la medida del índice de vigor
- Tableros de campo
- Fichas de análisis de vegetación
- Piqueta para la colección de especies
- Prensa botánica para la colección de especies

#### ***3.3.1. Unidades de Mapeo***

Una vez determinado el fundo o pastizales de comunidades campesinas a evaluar, allí es donde se deben ubicar los denominados “SITIOS” que son lugares donde hay una clase distinta de pastizal diferentes de otras áreas cercanas, los cuales tienen potencial para producir un tipo de vegetación relacionado con una combinación de suelos, clima, topografía y factores bióticos naturales

#### ***3.3.2. Clasificación de la condición de los pastizales***

Es muy importante incidir en dos conceptos que ayudarán bastante en la determinación de la clasificación de la condición de los pastizales y estos son el sitio y condición.

**Sitio.-** Sitio es un tipo de tierra que difiere de otras en su capacidad potencial de producción de una cierta cantidad y calidad de vegetación (Dyksterhuis 1949). El sitio es un área de tierra

con una combinación de factores edáficos, climáticos y topográficos significativamente diferentes a otras áreas (Society of Range Management, 1977 citado por Gastó et al 1993).

Aguirre y Oscanoa (1985) manifiestan que la delimitación de sitios se basa en el concepto de que un sitio de pastizal es un tipo distingible, con cobertura que difiere de otros tipos, en su capacidad para producir una comunidad característica de plantas nativas; un sitio de pastizal es el producto de todos los factores medio ambientales, responsables para su desarrollo, el mismo que es capaz de soportar una comunidad de plantas nativas tipificadas por una asociación de especies; que difieren de aquellas que presentan otros sitios de pastizales en la proporción de especies y en la producción total. Los sitios de pastizales son un componente básico de los inventarios de áreas nativas, pues son subdivisiones ecológicas en las cuales el área nativa es dividida para su estudio, evaluación y manejo, por lo tanto el manejo de sitios provee de datos ecológicos para planificar su uso, desarrollo, recuperación y manejo del pastizal.

Estos sitios de pastizales deben ser delimitados como tales, teniendo en consideración los siguientes criterios:

- Estructura o composición florística de la comunidad vegetal.
- Producción de forraje (Biomasa).
- Características topográficas.
- Características edáficas.

**Condición.-** Es una medida que permite valorar el estado de un pastizal en un instante dado en relación al estado ideal de acuerdo al uso y estilo que se le esté dando.

En el caso de pastizales se define como la productividad de tejido vegetal útil en un momento determinado, en relación a la productividad potencial del sitio. Condición es, por lo tanto, una producción entre dos cantidades: una que representa el estado en un instante dado y la otra, el máximo absoluto del sitio. La relación es en base a la materia seca producida en ambas etapas sucesionales. Dyksterhuis (1949), determinó una técnica para clasificar la condición, basada en la proporción de plantas clímax presentes en la pradera, en un instante determinado. El mismo autor establece cinco categorías de condición y son: excelente, buena, regular, pobre y muy pobre.

Gastó et al (1993) manifiestan que en praderas nativas, donde el estado superior corresponde al clímax, la valoración de la condición se hace contrastando el estado en un instante dado, con su estado climático. Para ello se clasifican los organismos vegetales en cuatro grupos principales: Decrecientes, Acrecentantes, Invasoras e Indiferentes.

Las especies Decrecientes son todas aquellas propias de las etapas climáticas, pero que al ser utilizadas por herbívoros ajenos al clímax, disminuyen su proporción en la composición botánica. Las especies Acrecentantes son también propias del clímax, pero bajo condiciones de pastoreo y a medida que la condición alcanza un cierto grado de deterioro, el incremento se invierte y ellas también comienzan a decrecer. Las plantas Invasoras no son típicas del clímax, pero se encuentran presentes en áreas que han sido alteradas y degradadas. Las plantas Indiferentes son aquellas que no son afectadas por la condición de la pradera.

Flores et. al. (1992) presentan cuatro índices que son utilizados para efectuar la clasificación de la condición del pastizal y estas son: Especies Decrecientes, Índice Forrajero, Índice B. R.

P. y Vigor. Cada uno de los índices tiene cinco calidades de pradera que son: Excelente, Buena, Regular, Pobre y Muy pobre. A cada calidad le corresponde un intervalo porcentual; y a éstos, un intervalo de puntuación (ver cuadros).

Aguirre y Oscanoa (1985) tomando en cuenta cuatro índices, asignan un máximo número de puntos a cada índice y se tiene: 50 para decrecientes, 20 para índice forrajero, 20 para el índice de suelo y 10 para vigor.

Sin embargo, los especialistas en pastos de IVITA-Maranganí-La Raya consideran que el “índice de suelo” no representa a cabalidad el aporte muy importante del suelo en la determinación de la condición del pastizal, ya que en la propuesta hecha por los anteriores autores el índice de suelo sólo es un indicador indirecto de la cobertura del suelo y de su grado de erosión, en otros términos, solo se considera el porcentaje de observaciones del subtipo constituido por suelo desnudo, roca y pavimento de erosión. Para mejorar este enfoque Farfán y Holgado (1995) modifican el índice de suelo, por un índice de "*calidad agrológica*", siempre manteniendo el puntaje de 20 puntos sugerido por Aguirre y Oscanoa (1985).

La ventaja de considerar la calidad agrológica como índice para determinar la condición del pastizal es que son datos extraídos directamente del campo y se consideran factores como: profundidad del suelo, textura, pendiente y grado de erosión. El aporte de estos factores permitirá tener datos más precisos en la determinación final de la soportabilidad de una pradera natural.

#### ➤ *Composición de especies decrecientes o deseables (calidad)*

Para determinar este índice solamente se consideran las especies decrecientes o deseables que se encuentran durante la evaluación de campo; el puntaje máximo asignado a este índice es de 50. Es necesario conocer las características más sobresalientes que en general, deben tener las especies decrecientes o deseables para ser reconocidas en el campo:

- Aceptables por el ganado.
- Altamente nutritivas.
- Libres de sustancias tóxicas u otras características morfológicas poco deseables.
- Altos rendimientos.
- Buenas protectoras y mejoradoras del suelo.
- Abundancia en praderas utilizadas adecuadamente.
- Disminuyen a medida que la condición se deteriora.

Cuadro 38. Composición de especies decrecientes.

I - Composición de especies decrecientes (D) <i>calidad</i>		
% de especies decrecientes*	Puntaje (0.5 valor por punto)	
70 a 100	35.0	a 50.0
40 a 69	20.0	a 34.5
25 a 39	12.5	a 19.5
10 a 24	5.0	a 12.0
0 a 9	0.0	a 4.5

\* Cuadro tomado de Flórez et. al. (1992)

Ejemplo:

Supongamos que en la evaluación de campo se encontró 76% de especies decrecientes. La tarea es hallar el puntaje para estas especies.

En el cuadro anterior no existe un puntaje definido para 76% de especies decrecientes, por consiguiente hacemos los cálculos respectivos.

70 equivale a 35.0 puntos

76 equivaldrá  $35 + 6 (0,5) = 38$  (0,5 valor por punto)

#### ➤ *Índice forrajero (if)*

Para la determinación del Índice Forrajero se suman las especies decrecientes y acrecentantes. En la puntuación final el IF puede aportar hasta con 20 puntos.

Es necesario conocer las características que deben mostrar las especies acrecentantes para su reconocimiento en el campo:

- Consumidas por el ganado.
- Utilizadas con menor preferencia que otras especies.
- Solo moderadamente buenas como mejoradas de suelo y desarrolladoras de estructura.
- Con aristas duras u otras características inconvenientes para el ganado.
- Con sistema radicular superficial.
- Aumentan temporalmente a medida que la condición se deteriora y luego disminuyen.

Cuadro 39. Parámetros para determinar índice forrajero

% Indice Forrajero (IF)*	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 - 9.83
Menos de 40	0.0 - 7.8

\* Cuadro tomado de Flores et al (1992)

Ejemplo:

Supongamos que en la evaluación de campo se encuentra 76% de especies decrecientes y 13% de especies acrecentantes, hallar el puntaje del índice forrajero.

$76 + 13 = 89\%$  que equivale a 17.8 (0,2 valor por punto)

#### ➤ *Calidad agrológica*

Considera al suelo como un medio de sostenibilidad y desarrollo de las plantas. Además, este suelo tiene características muy variables que determinan el crecimiento de las plantas. Para una valorización efectiva de los suelos que sustentan a los pastos naturales se considera

algunas características físicas más importantes como: profundidad, textura, pendiente dominante y erodabilidad. Características que pueden ser cuantificadas con mucha rapidez sin dejar de lado la precisión en su determinación.

### ***Profundidad***

Se tiene que considerar la profundidad efectiva del suelo donde existe un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos benéficos (edafón), lo que crea un medioambiente adecuado para el crecimiento de las raíces y absorción de los nutrientes del suelo. Para valorizar pastos naturales se considera cinco clases de profundidad efectiva:

- Suelos muy profundos, con más de 100 cm de espesor efectivo.
- Suelos profundos, con 60 a 100 cm de espesor efectivo.
- Suelos medianamente profundos, con 25 a 60 cm de espesor efectivo.
- Suelos superficiales, con 25 cm de espesor efectivo.
- Suelos muy superficiales con menos de 10 cm de espesor efectivo.

Esta profundidad se determina realizando perforaciones con barrenos de tornillo, mediante aberturas de zanjas con pala y pico, y/o con las conocidas calicatas. La profundidad efectiva se califica de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 40. Profundidad efectiva del suelo.

<b>Categorías</b>	<b>Profundidad en cms.</b>	<b>Valor porcentual</b>
Muy profundo	Más de 100	90 - 100
Profundo	60 a 100	90 - 95
Medianamente profundo	25 a 60	70 - 90
Superficial	10 a 25	50 - 60
Muy superficial	Menos de 10	20 - 50

Ejemplo: después de una evaluación se encontró que el suelo en estudio tuvo una profundidad efectiva de 54 cm.

Para determinar el valor porcentual para una profundidad de 54 cm, se recurre al Cuadro 40, donde se observa que 54 cm está en la categoría de suelo “medianamente profundo”, con estos datos se calcula el valor porcentual del suelo en estudio por interpolación.

$$\begin{aligned} \text{Profundidad (A)} &= \frac{90 - 70}{60 - 25} = \frac{20}{35} = 0,5714285 && \text{(intervalo por punto)} \\ &= 0,5714285 \times 29 = 16.57 \quad (\text{el valor 29 viene de diferencia } 54 - 25) \\ &= 70 + 16.57 = 86.57 \end{aligned}$$

### ***Textura***

Desde el punto de vista agrológico, para efectos del presente estudio, el suelo debe ser examinado como un sistema disperso durante su fase sólida, lo cual está dado por proporciones de partículas de diferentes tamaños, las que determinan lo que se conoce como textura. Debe distinguirse las siguientes fracciones en un suelo:

<u>Fracciones</u>	<u>Límites del diámetro en m.m.</u>
Arena gruesa	2.0 a 0,2
Arena	0,2 a 0,02
Limo	0,02 a 0,002
Arcilla	menos de 0,002

Para su textura los suelos pueden ser considerados desde muy ligeros hasta muy pesados, así:

- Muy ligero: Arena media y gruesa, arena franca.  
 Ligeros: Franco arenoso fino, franco arenoso grueso.  
          Arena franca muy fina, arena franca fina.  
 Medios: Franco limoso, franco, franco arenoso.  
          Franco arcillosos y franco arcilloso arenoso.

Estas características del suelo son evaluadas aplicando el siguiente cuadro:

Cuadro 41. Valor porcentual de diferentes clases de textura

Textura	Valor porcentual
<b>Media.</b>	95 a 100.00 %
Franco (F.)	100.00 %
Franco limoso (F.L.)	98.33 %
Franco arenoso muy fino (F. A. mf)	96.66 %
Limo (L.)	95.00 %
<b>Pesada:</b>	90 a 95.00 %
Arcillo arenoso (Ar. A.)	90.00 %
Franco arcilloso limoso (F. Ar. L.)	92.66 %
Franco arcillo arenoso (F. Ar. A.)	94.00 %
Franco arcilloso (F. Ar.)	91.34 %
<b>Ligera:</b>	80 a 90.00 %
Franco arenoso fino (A. Af.)	89.00 %
Franco arenoso grueso (F. Ag.)	86.00%
Arcilla franca muy fina (Ar. F. mf.)	83.00 %
Arena franca fina (A. Ff.)	80.00 %
<b>Muy Pesada:</b>	70 a 80.00 %
Arcillo limoso (Ar. L.)	75.00 %
Arcilla (Ar.)	70.00 %
<b>Muy Ligera:</b>	60 a 70.00 %
Arena franca media (A. F. m.)	69.00 %
<u>Arena franca gruesa (A. F. g.)</u>	65.00 %
Arena (A.)	60.00 %

Tomado de Canahua 1970

Ejemplo:

Después de una evaluación de campo se determinó que el suelo en estudio tuvo una textura franca arenoso gruesa (F. Ag.).

Para determinar el valor porcentual para una textura F. Ag. se recurre al Cuadro 41 donde se aprecia que el valor es de 86.00%.

### **Pendiente dominante**

Este factor se refiere al declive del terreno y su determinación en el campo se efectúa utilizando el eclímetro, expresando en grado o porcentaje. El factor pendiente dominante se evalúa aplicando el cuadro siguiente:

Cuadro 42. Cuadro para determinar el declive del terreno

Apreciación del Terreno	Límites	Valor Porcentual	
Plano o casi a nivel	0 5	95	100
Ligeramente inclinado	5 10	90	95
Moderadamente inclinado	10 25	80	90
Fuertemente inclinado	25 40	70	80
Muy fuertemente inclinado	40 60	30	70
Extremadamente inclinado	60 75	10	30
Terreno abrupto	Más de 75	5	10

Tomado de Canahua 1970

Ejemplo:

Después de una evaluación de campo con eclímetro se encontró una pendiente de 17°.

En el Cuadro 42 se observa que 17° está entre los límites de 10° a 25° que corresponde a la pendiente “moderadamente inclinada”. Como solamente existe en la tabla valores para 10° y 25°, se realizan los cálculos matemáticos de interpolación para encontrar un valor para 17°.

$$\text{Pendiente}(C) = \frac{90 - 80}{25 - 10} = \frac{10}{15} = 0,666666 \quad (\text{Intervalo por punto})$$

Se resta el valor encontrado en la evaluación (17°) del valor límite mínimo (10°) que se encuentra en la tabla.

$$\begin{aligned} 17 - 10 &= 7 \\ \text{multiplicar por el factor } 0,666666 \\ 7 \times 0,666666 &= 4.67. \end{aligned}$$

Este valor sumamos al valor porcentual inferior de la tabla (80%)

$$\text{Pendiente} = 80 + 4.67 = 84.67.$$

### **Grado de erosión**

Es un proceso destructivo que consiste en la remoción de la superficie de los suelos por la acción del agua de lluvia, el viento y otros agentes.

El grado de erosión se califica utilizando el Cuadro 43.

Ejemplo: después de la evaluación de campo se encontró que el grado de erosión para el “sitio” en estudio fue de 8.67%.

En el Cuadro 43 solamente encontramos valores límites para 3 y 10% mas no para 8.67%, por consiguiente se realiza los cálculos matemáticos de interpolación para determinar este valor.

Cuadro 43. Cuadro para determinar grado de erosión

Erosión	Desnudez del Suelo	Valor Porcentual
Muy leve	0 - 3 %	95 - 100 %
Leve	3 - 10 %	90 - 95 %
Moderada	10 - 25 %	80 - 90 %
Severa	25 - 40 %	60 - 80 %
Muy severa	40 - 70 %	30 - 60 %
	Más de 70 %	10 - 30 %

$$\text{Grado de erosión (D)} = \frac{95 - 90}{10 - 3} = \frac{5}{7} = 0,7142857 \quad (\text{Intervalo por punto})$$

Se resta del valor encontrado en la evaluación (8.67), el valor límite inferior para el grado de erosión “leve”, que viene a ser de 3%.

$$8.67 - 3 = 5.67.$$

$$\begin{aligned} &\text{Se multiplica por el factor } 0,7142857 \\ &5.67 \times 0,7142857 = 4.05. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Este valor se suma al valor porcentual inferior de la tabla (90\%)} \\ &90 + 4.05 = 94.05 \% \end{aligned}$$

Teniendo los datos de profundidad (86.57), textura (86.00), pendiente (84.67) y grado de erosión (94.05) se procede a consolidar en un cuadro de calidad agrológica.

Cuadro 44. Calidad Agrológica (CA)

Profundidad (A)		Textura (B)		Pendiente (C)		Erosión (D)	
Med./cm	Valor %	Clase	Valor %	Med./grados	Valor %	Grado	Valor %
54	86.57	F. Ag	86.00	17	84,67	8,67	94,05

Para determinar la calidad agrológica se utiliza una adaptación del método “Storie Index” utilizado por Canahua (1970) a fin de adecuarlo a los fines de valorización.

De acuerdo a este método la calidad agrológica resulta de la multiplicación de cuatro factores, denominados: A, B, C y D; a cada uno de los cuales se le asigna un valor porcentual:

El factor “A” corresponde a la profundidad del suelo.

El factor “B” corresponde a la textura del suelo.

El factor “C” corresponde a la pendiente dominante.

El factor “D” corresponde a la erodabilidad del suelo.

Así la calidad agrológica queda expresada en la siguiente ecuación:

$$\text{Calidad agrológica} = \left[ \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \right]^{100}$$

Para nuestro ejemplo será:

$$\begin{aligned}\text{Calidad agrológica} &= \left[ \frac{86.57}{100} \times \frac{86.00}{100} \times \frac{84.67}{100} \times \frac{94.05}{100} \right]^{100} \\ &= (0,8657 \times 0,86 \times 0,8467 \times 0,9405) 100\end{aligned}$$

$$\text{Calidad agrológica} = 59.30\%.$$

La calidad agrológica en la puntuación final aportará con 20 puntos, por consiguiente se hace la operación matemática respectiva:

$$\begin{array}{rcl} \text{Si} & 20 & ----- 100\% \\ & X & ----- 59.30\% \end{array}$$

$$X = \frac{20 \times 59.30}{100} = \frac{1186}{100} = 11.86$$

La calidad agrológica para la determinación de la capacidad de carga aporta con 11.86 puntos.

### ➤ *Indice de vigor*

Para la determinación de vigor se toma como patrón de medida la altura de la especie clave, en su condición de óptimo desarrollo bajo las mejores condiciones de ese medio ambiente. Esta máxima condición de crecimiento se puede conseguir dentro de las clausuras o lugares como los parques, cementerios, donde los pastos crecen sin ser disturbados mayormente por los animales domésticos. A estas alturas de pastos de máximo crecimiento encontrados en los lugares antes mencionados se les consignan valores de 100% y se compara con las alturas halladas en el campo en cada sitio de pastizal.

Cuadro 45. Índice de vigor:

Indice de Vigor	Puntaje (0.1 por puntos)
80 - 100	8,0 - 10,0
60 - 79	6,0 - 7,9
40 - 59	4,0 - 5,9
20 - 39	2,0 - 3,9
menos de 20	0,0 - 1,0

Tomado de Flores y Col. 1992.

Ejemplo:

Después de una evaluación se encontró los siguientes valores de vigor para tres especies:

Cuadro 46. Valores de medida de altura de tres especies de pastos

Especies	Altura en cm	Total	$\bar{X}$	Altura óptima	% vigor
Festuca dolichophylla	58,41,47,33,45,35,38,55,60,23	435	43,5	46,0	94,6
Alchemilla pinnata	2, 1, 1, 2, 2, 1, 1, 2, 5, 3.	20	2,0	2,4	95,8
Hipochoeris taraxacoides	2, 3, 2, 4, 2, 3, 1, 2, 3, 1.	23	2,3	2,6	88,5
Promedio					93,0

Con estos valores se procede a calcular el índice de vigor para las tres especies.

Con el valor de 93 hallamos el puntaje con la cual el índice de vigor contribuirá en el puntaje final para determinar la condición del pastizal.

En el cuadro 45 el valor 93 está dentro de los valores de índice de vigor 80 y 100, por tanto se realiza una operación matemática de interpolación para determinar el puntaje de vigor buscado.

$$8.0 + 13(0,1) = 8.0 + 1.3 = 9.3$$

El puntaje de vigor buscado es de 9.3.

(0,1 valor por punto)

#### 4. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PASTIZAL.

Es necesario contar con los cuadros 47 y 48 para la determinación de la condición del pastizal y la carga animal recomendable para diferentes condiciones de pastos nativos.

Cuadro 47. Clasificación de condición del pastizal.

Condición del pastizal	Puntaje
Excelente	79 - 100
Bueno	54 - 78
Regular	37 - 53
Pobre	23 - 36

Fuente: Universidad Nac. Agraria “La Molina Programa de Forrajes 1980.

El Cuadro 47 cuya fuente es el Programa de Forrajes de la UNALM- La Molina-1980, es modificado en el presente trabajo con los datos obtenidos por San Martín (1996), donde el autor manifiesta que si se considera para ovino, alpaca y llama de la región del Altiplano pesos adultos de 40, 65 y 108 kg, el factor de conversión entre alpacas y llamas con el ovino sería de 1.0 para alpacas y 1.5 para llamas.

Cuadro 48. Carga animal recomendable para diferentes condiciones de pastizales nativos.

Condición	Ovinos 0.20 U.A.	Alpacas 0.20 U.A.	Llamas 0.30 U.A.	Vacunos 1.0 U.A.
Excelente	4,0	4,0	3,0	1,0
Bueno	3,0	3,0	2,25	0,75
Regular	1,5	1,5	1,13	0,38
Pobre	0,5	0,5	0,38	0,13
Muy pobre	0,25	0,25	0,19	0,07

Fuente: Universidad Nac. Agraria “La Molina Programa de Forrajes 1980.

Modificado por IVITA-Maranganí, 1998.

Es decir que el ovino y la alpaca tienen un factor de conversión de 1.0, mientras que la llama es de 1.5 (50% más que el ovino y la alpaca). (Ver Cuadro 30 Pag 170).

Con el uso de las tablas 47 y 48 se puede determinar la capacidad de carga animal para cada sitio y para cada especie animal. Con estos datos y conociendo el área de pastizal de cada sitio, se puede conocer la capacidad de carga animal total del fundo.

Siguiendo con los mismos datos de nuestro ejemplo, se presentan los valores de puntaje máximo propuestos por Aguirre y Oscanoa (1985) y los puntajes obtenidos en el ejemplo para el sitio 1:

Cuadro 49. Valores de puntaje máximo para los cuatro parámetros

INDICES	Máximo puntaje	Puntaje obtenido en ejemplo	Condición del pastizal
Indice para decrecientes	50	38.0	
Indice forrajero	20	17.8	
Calidad agrológica	20	11.86	
Vigor	10	9.3	
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>76,3</b>	<b>Bueno</b>

Fuente: Aguirre y Oscanoa, 1985

Para la determinación de la capacidad de carga para el "sitio 1", que se escogió como ejemplo, simplemente se multiplica el valor 3.0 que corresponde a la condición de pastizal bueno (Cuadro 48) por el número de hectáreas que posee el "sitio 1" en estudio. Supongamos que el sitio en estudio tiene 200 has de extensión:

$$\text{Capacidad de carga "sitio 1"} = 200 \times 3.0 = 600 \text{ UAA/ha/año.}$$

Los valores que se van obteniendo para cada sitio se van sumando, para finalmente determinar la soportabilidad total del fundo y por cada especie animal.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguirre L, Oscanoa L.** 1985 "Evaluación de Pastizales, Mapeo de Sitios, Determinación de la Condición y Estimación de la Soportabilidad Ganadera en la Estación Experimental de Camélidos Sudamericanos de La Raya". Proyecto IICA/CIID. Sistemas Agropecuarios, 55 p.
- [AMPA] Asociación Mexicana de Producción Animal, 1979.** "Tecnología del Cercado Ganadero". Centro de Adiestramiento y Mejoramiento de la Producción Animal. Tampico, México. 64 p.
- Andía CW, Argote G, 2006.** Guía Práctica de Pastos Cultivados. Instalación, Producción y Manejo. CARE-INIA. REDES-Puno-Perú.
- Antezana CE, 1972.** Estado y Tendencia de las Pasturas Alpaqueras en el Sur-oriente Peruano. Tesis Ing Agrº. Fac. Agronomía Univ San Antonio Abad del Cusco. Perú.
- Anschutz J, Komne A, Nederlof M, Deneef R, Van de Ven T. 1997.** Cosecha de Agua. Agromisa Foundation Wageningen. Vecinos Mundiales. Quito, Ecuador. Agrodex 13.
- Alarcón VA, 2009.** El Mantenimiento de la estructura del Suelo es una Prioridad. Universidad Politécnica de Cartagena. Murcia-España.
- Aliaga L. 1995.** Proceso Histórico de las Empresas Campesinas. Págs. 12-42. Eds. Aliaga, L y E.R. Flores. Desarrollo y Políticas Agrarias en Zonas Altoandinas. Pub. Tec. del Centro de Estudios Económicos. Escuela de Post Grado UNALM. Lima Perú.
- Alpaca J, Fierro LC y Farfán, RD. 1985.** Pastoreo Restringido para Suplementación Nutricional en Ovinos y Alpacas, Durante la Época de Sequía. Memoria de Seminarios X Reunión de ALPA. Ed. Abelardo Zaldívar. Acapulco. Estado de Guerrero México.
- Alvarado J. 1995.** Los Derechos de Propiedad de la Tierra: una Aproximación desde la Economía. Debate Agrario. 23: 1-12. Lima Perú.
- Álvarez J, Quiroz R, Gómez G. 1996.** Composición Botánica y Valor Nutricional de la Dieta de Alpacas (*Lama pacos*), Llama (*L. glama*) y Ovinos (*Ovis aries*) al Pastoreo Libre durante el Período de Secano en Puna Seca. Rev. ALPAK'A. Inst. de Inv. y Promoción de Camélidos (IIPC) FMVZ-UNA-PUNO. Vol. N° 5. Puno Perú.
- ALT-PNUD, 2001.** Diagnóstico e inventario de los Recursos Naturales de Flora y Fauna. CIRNMA y CEDAFOR. Puno Perú.
- Alzérreca H. 1992.** Producción y Utilización de los Pastizales de la Zona Andina de Bolivia. REPAAN-IBTA. La Paz-Bolivia. 146 p.
- Alzérreca H, Luna D. 2001.** Manual del Ganadero para el Manejo de Bofedales. Autoridad Binacional del Lago Titicaca-PNUD-La Paz-Bolivia.

- Alzérreca H, Luna D, Cardozo A, Céspedes J. 2001.** Estudio de la Capacidad de Carga en Bofedales para la Cría de Alpacas en el Sistema T.P.D.S-La Paz-Bolivia.
- Argote G. 1997.** Resultados de Investigación en Pastos y Forrajes. INIA Estación Experimental Illpa. Puno Perú.
- Argote G. 1999.** Respuesta de la Producción Primaria, Composición Florística y Valor Nutritivo a la Quema Prescrita en Pastizales Dominados por *Calamagrostis antoniana* y *Festuca dolichiphylla*. Tesis M Sci. UNALM Lima-Perú. 67 p.
- Atayupanqui V, Farfán R. 1987.** Caracterización de Bofedales y Selectividad de Alpacas en dos Sitios Diferentes en el Sur del Perú. Proyecto de Desarrollo de la Crianza de Alpacas. Convenio IVITA UNMSM-COTESU. Lima Perú. 25 p.
- Beck S. 1981.** Apuntes sobre Formaciones de Pastos Naturales en el Altiplano. Curso sobre Pastos. San Juan de Chuquibambilla. Puno-Perú. 3p.
- Beck S, Domic A, García C, Meneses RI, Yaguer K, Halloy S. 2010.** Plantas del Parque Nacional Sajama. Serie Guías de Bolsillo. Oruro-Bolivia.
- Beck S, Meneses RI., Domic A, García C. 2010.** Plantas del Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba. Zona Andina. Serie Guías de Bolsillo. La Paz-Bolivia.
- Benites JJ. 2008.** Evaluación Visual del Suelo. Guía de Campo. [www.bvcooperacion.pe](http://www.bvcooperacion.pe). 19 p.
- Bernier R. 2000.** Seminario Taller para productores: “Técnicas de Diagnóstico de Fertilidad del Suelo, Fertilización de Praderas, Cultivos y Mejoramiento de Praderas” Eds. Bernier, R, y Bartolameolli, G. Centro Regional de Inv. Ramehue. Osorno. Chile.
- Bernier R, Alfaro M. 2006.** Acidez de los Suelos y Efectos del Encalado. Boletín INIA-Chile N° 151. 46 p.
- Bojórquez C. 1974.** Producción de Leche en Base a Pastos Permanentes. IVITA-Huancayo Perú.
- Bonfiglio G, Fuentes N. 2008.** Gestión de Riego y Gestión del Desarrollo. Experiencias en la Sierra Norte del Perú. Soluciones Prácticas ITDG. Lima Perú. 80 p.
- Bonilla H. 1988.** Comunidades Indígenas y Estado Nación en el Perú. Págs. 13-27. Ed. Flores, A. Comunidades Campesinas: Cambios y Permanencia. Publ. Técnica Conjunta CONCYTEC y Centro de Estudios Solidaridad. Lima Perú.
- Bryant FC, Farfán R. 1984.** Dry Season Forage Selection by Alpaca (*Lama pacos*) in Southtern Perú. J. Range Management 37(4) 330-333. USA.
- Canahua F. 1970.** "Evaluación y Mapeo Agrostológico de los Pastizales de Chuquibambilla (zona de Buena Vista)". Tesis de Ing. Agrónomo. UNTA, Puno. 65 p.

**Cook CW. 1969.** Research, Management and Administration of the Range Ecosystem. Arid Land of Australia. Hal Stead Press. Sidney Australia.

**Coronado M. 1997.** Agricultura Orgánica vs Agricultura Convencional. 1<sup>er</sup> Encuentro: Abonos Orgánicos vs Fertilizantes Químicos CENDO CIED. Temas en Debate. Lima Perú.

**Carrillo L. 2008.** Retos en el Combate a la Desertificación en el Perú. Conferencia Intern. de Lucha Contra la Desertificación. Pekín China 22-24 /01/2008.

**Casanova M. 2001.** Conservación de Suelos y Aguas. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. SISIB-Chile.

**Casanova M. 2003.** Cálculo de Cárcavas. Biblioteca Digital. Universidad de Chile.

**Cuesta P, Villaneda E. 2005.** Fertilización para la Producción Ganadera. CORPOICA Colombia.

**Dahl B. 1982.** “Pasos en la Toma de Decisiones para el Mejoramiento de la Pradera”. En el Curso: “Manejo y Mejoramiento de Pastizales Naturales”. Programa Colaborativo para el Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores - Texas Tech University. Lima, Perú.

**Danelón JL. 2006.** Cubos y Pellets de Alfalfa. Facultad de Agronomía UBA. Buenos Aires Argentina.

**Del Carpio VM. 2000.** Estructura y Dinámica de la Comunidad Vegetal en Bofedales en dos Épocas y en un Ecosistema de Puna Seca. Tesis UNSA. Arequipa Perú.

**Delgado N, Jordán A, Suyo J. 2002.** Manejo de Praderas Naturales Altoandinas: Experiencia del Anexo de Mayumbamba, C.C. Cucuchiray. Provincia de Paruro-Cusco. Sistematización IMA.

**DGPA MINAG. 2005.** Manual de Manejo de Pastos Cultivados para Zonas Altoandinas. Dirección Crianzas. Lima Perú. 32 p.

**Donaghy P, Fulkerson B. 2006.** Principles for Developing an Effective Grazing Management System for Ryegrass based Pasture. Tasmanian Institute for Agricultural Research. Tasmania.

**DESCO. 2008.** Cosecha de Agua, una Práctica Ancestral. Manejo Sostenible de las Praderas Naturales. Programa Región Sur. Ed. Santa Cruz, J., Ordoñez, P., Huamaní, U, y Camiloaga F. 48 p.

**DESCO. 2009.** Cambio Climático, Crisis de Aguas y Adaptación en las Montañas Andinas. Ed.: Llosa, J., Pajares, E. y Toro, O. DESCO-RAP. 392 p.

**Dourojeanni CA. 2009.** Gestión por Cuencas y Cambio Climático. Agua Políticas, Conflictos y Consensos. Lima Perú.

**Duthil J. 1980.** "Producción de Forrajes". Tercera Edición versión Española, Ediciones Mundi Prensa, España. 413 p.

**Dyksterhuis EJ. 1948.** The Vegetation of Western Cross Timbers. Eco. Mono. 18:325-376.

**Dyksterhuis EJ. 1949.** "Condition and Management of Range Land Use upon Qualitative Ecology". Journal of Range Management N° 2. Pag. 104 - 115.

**Espinoza J. 2000.** Nutrición de Cultivos en Suelos Salinos- INPOFOS. Presentación Power Point.

**Farfán R, Holgado D. 1979a.** Producción de Pastos en la Sierra Central (Huancayo) y en el Altiplano (IVITA-La Raya). Curso Internacional de Camélidos Sudamericanos. UNMSM-IVITA-INFOL-PDR-Ulla Ulla. Bolivia. La Raya Perú. 9 p.

**Farfán R, Holgado, D. 1979b.** Resumen del "Primer Taller Escuela de Formación de Técnicos Campesinos". Proyecto Especial Pampa II - IVITA/UNMSM. 35 p.

**Farfán R. 1982.** Dry Season Preference of Alpaca (*Lama pacos*) in Southtern Perú. M Sci. Diss. Texas Tech University. USA. 48 p.

**Farfán R. 1984.** Pastos y Nutrición. Curso Crianza de Alpacas. MINAG Agencia de Extensión Sicuani-INIPA. Convenio IVITA-COTESU. 60 p.

**Farfán R, Huisa T, Holgado D, y Bryant FC. 1988.** Comunidades Vegetales Altoandinas. Investigaciones sobre Pastos y Forrajes. Texas Tech Univ. Vol. IV. Eds. San Martín, F y Bryant, F. Lima Perú. Págs. 20-35.

**Farfán R, San Martín F. 1997** "Manual de Producción y Manejo de Phalaris". Serie Manuales N°3, CISA. Lima, Perú. 42 p.

**Farfán R. 1998.** Informe Técnico Trimestral Sub Programa III. Generación de Tecnología para el Desarrollo Sostenible del Sector de los Camélidos Andinos. IVITA-CISA. Maranganí Cusco Perú.

**Farfán R, Durant A. 1998.** Manejo y Técnicas de Evaluación de Pastizales Altoandinos. Pub. Tec. FMV N° 39. Universidad Nac. Mayor de San Marcos Lima-Perú. 160 p.

**Farfán R. 2000.** Manejo Sostenible de Pastos Naturales y Agua en Potreros de Vicuñas. Informe Final de Consultoría. MASAL-CICCA-Comunidad Campesina de Iscahuaca-Chalhuanca - Apurimac

**Farfán R. 2002.** Interpretación de Análisis de Suelos. Farfán y Franco Consultores. Arequipa, Perú. 8 p.

**Farfán R. 2007.** Curso Cultivo de Alfalfa. Instituciones Promotoras AGP-CINDES. Oruro Bolivia.

**Farfán SM, Chávez HW.** 2002. Experiencia de la Aplicación de Metodologías y Técnicas en el Levantamiento de Información Ambiental. IMA-CAIR. Cusco.

**FAO IFA. 2002.** Los fertilizantes y su Uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Guía de Bolsillo. Cuarta Edición. Roma.

**Fierro LC. 1981.** "Taller sobre Manejo de Pastizales". Instituto Nacional de Investigación Pecuaria - SARH. Chihuahua, México. Pags. 133 - 143.

**Fierro LC. 1985.** Forage Intake, Diet Composition and Bioenergetics of Grazing Sheep in Southern Perú. Ph D Diss. Texas Tech University-USA.

**Flores E. 1984.** "Determination of Range Condition and Grazing Capability at Aramachay and Cruzpampa Preliminary Report". CRSP - Small Ruminant. 9 p.

**Flores E. 1992** "Manejo y Evaluación de Pastizales". Folleto Técnico. Proyecto TTA-INIAA, Lima, Perú. 27 p.

**Flores E. 1997.** Utilización de Praderas Cultivadas en Secano (Dactylis-Trébol rojo) y Praderas Nativas para la Producción Lechera en la Sierra Central. CICCA-FDA-INCAGRO. Lima Perú.

**Flores E. 2008.** Utilización de Praderas Cultivadas en Secano (Dactylis y Trébol Rojo) y Praderas Nativas en la Producción Lechera en la Sierra Central. UNALM-Fundación para el Desarrollo (FDA)- CICCA e INCAGRO. Lima Perú.

**Flórez A. 1967** "Contribución al Estudio de los Pastos del Altiplano Peruano". ONRA Oficina de Catastro y D.R. Puno Perú.

**Flórez A. y Malpartida E. 1987.** "Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Altoandina del Perú". Fondo del Libro del Banco Agrario Perú, Tomo I y II.

**Flórez A, Bryant FC. 1989** "Manual de Pastos y Forrajes". PCRM – Texas Tech University. Lima Perú. 305 p.

**Flórez A, Malpartida E, San Martín F. 1992** "Manual de Forraje para Zonas Andinas Áridas y Semiáridas Universidad de California – Instituto de Investigación Agropecuaria y Agroindustrial (INIAA). 281 p.

**Flórez A. 1993.** "Producción y Utilización de los Pastizales Altoandinos del Perú". Red de Pastizales Andinos (REPAAN). Quito, Ecuador. 202 p.

**Flórez A. 2002.** Producción de Leche en el Mantaro. I Curso Intern. Sistemas Pastoriles de Producción de Leche. Avances y Perspectivas para la Ganadería Lechera. Universidad Católica Santa María. Arequipa Perú.

**Flórez A. 2005.** Manual de Pastos y Forrajes Altoandinos. ITDG AL, OIKOS. 53 p.

**Frandsen RD y Spurgeon W. 2009.** Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. (5<sup>ta</sup> ed.) Edit. Interamericana Mc Graw-Hill. Distrito Federal, México. P. 243-280.

- Gastó J. et al. 1993.** "Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición". Red de Pastizales Andinos (REPAAN). CIID-Canadá. Chile. 254 p.
- Garay D, Ochoa A. 2010.** Primera Aproximación para la Identificación de Diferentes Tipos de Suelos Agrícolas en el Valle del Mantaro. IGP-INCAGRO. Lima-Perú. 33p.
- Guerrero J. 1993.** Abonos Orgánicos. Tecnología para el Manejo Ecológico del Suelo. RAAA. Lima. Perú. 90 p.
- GTZ PAR. 2003.** Tecnología de Manejo y Conservación de Recursos Naturales, para Reducir la Vulnerabilidad frente a Fenómenos Naturales. Programa Desarrollo Rural Sostenible. Vol. I y II. Cajamarca-Perú.
- GTZ Bolivia 2010.** Experiencias de la Cooperación Alemana en el Manejo Integral de Cuencas y la gestión Integral de Recursos Hídricos. La Paz-Bolivia
- Holgado D. 1975.** "Evaluación Agrostológica de los Pastizales de "La Raya"- Puno". Tesis de Ingeniero Agrónomo. UNTA, Puno, Perú. 57 p.
- Huisa T. 1985.** Composición Botánica y Valor Nutricional de la Dieta de Alpaca (*Lama pacos*) en la Época Seca. Tesis Univ. San Antonio Abad del Cusco. Cusco Perú.
- Huisa T. 1996.** Pastizales y Nutrición al Pastoreo. Estudio de Caso. La Raya Folleto UNSAAC. Cusco-Perú. 7 p.
- Hurtado BJ. 2009.** Desertificación y Sequía del Departamento de Oruro. Universidad Técnica de Oruro (UTO). Oruro Bolivia.
- Huss DL, Bernardón EA, Anderson LD, Brun JM. 1986.** Principios de Manejo de Praderas Naturales. INTA, Buenos Aires y Of. Regional FAO. Santiago de Chile 356 p.
- INIA Boletín 2010.** Manejo de Suelos para el Establecimiento de Huertos Frutales. Eds. Carrasco, J. y Riquelme, J. Renco-Chile.
- Instituto de Montaña 2002.** Grupo Páramos/Jalcas y Punas del Perú. (GPJP). Instituciones y Acciones en Beneficio de Comunidades y Ecosistemas Altoandinos. Huaraz Perú.
- [INTI] Instituto Nacional de Tecnología Industrial 2006.** Proyecto Alfalfa 2010. Jornada Técnica: "Proyecto Alfalfa 2010". Bolsa de Valores de Buenos Aires. Argentina.
- Irigoyen A. 2006.** Rol de Reservas Forrajeras en los Sistemas Ganaderos. Plan Ganadero. En: Boletines Técnicos Perulactea.
- [IVITA] Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura Maranganí. 1998.** "Generación de Tecnología para el Desarrollo Sostenible del sector de los Camélidos Andinos". Convenio IVITA - Fondo Contravalor Perú/Suiza. Informes Técnicos.

- Kendall A. 2005.** Terracing and Rural Development. Cusichaca Trust. Andamarca, Ayacucho, Perú.
- Lara R. 1982.** Gramíneas en la Tierras Altas de Bolivia. Págs. 96-156. En. Informe de Investigaciones Agropecuarias del Instituto de Fomento Lanero (INFOL). La Paz Bolivia.
- Rangeland Reference Areas.** Society for Range Management. Range Science Series. N° 7. USA. 66 p.
- Lazemby A. 1969.** The Pastoral Complex. In: Intensive Utilization of Pastures. Ed. James, B.J.F. Angus and Robertson. Australia.
- Leng AR. 1997.** The Nutritional Requirements of Camelids in the Andean of Perú. Informe de Trabajo Proyecto PER/5/022. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Lima Perú.
- Mathers AC, Stewart BA. 1971.** Crop production and soil analysis as affected by application of cattle feedlot waste. In: Livestock Waste Management, Proceedings of the Second International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 229-231- 234.
- Meneses RI, Beck S, Domic, A, Yaguer K, Halloy S. 2010.** Plantas del Parque Nacional Tuni-Condoriri. Serie Guías de Bolsillo GLORIA. La Paz-Bolivia.
- Melgar R. 2010.** Los Nutrientes y su Disponibilidad. Chile.
- MINAG PRONAMACHCS. 2008.** Forestación de las Cabeceras de las Cuencas Altoandinas, como Barreras al Calentamiento Global y Manejo Integral del Agua. Lima Perú.
- Miranda F. 1994.** Mejoramiento de Praderas Naturales Mediante Clausura, Resiembra y Abonamiento. INIA-Ministerio de Agricultura. Informe Técnico N° 20-94. Lima-Perú.
- Miranda F. 1995.** Manual de Pastos Nativos Mejorados y Establecimiento de Forrajes. Serie Manuales N° 2. CISA-Arequipa-Perú.
- Núñez G, Espinoza S, Salinas H., Gutiérrez J, Medina G, Devel R. 1998.** Guía de Manejo de Praderas de Gramíneas de Clima Templado en México. INIFAP. Oregon Seed Council. México. 33 p.
- NSW Agriculture. 1998.** The New South Wales feedlot manual. The Inter-Department Committee on Intensive Animal Industries (Feedlot Section) (2nd ed.): Update 98/I.
- Odum E P. 1972** “Fundamentos de Ecología”. Editorial Interamericana. México. 85 p.
- ONERN. 1985.** Los Recursos Naturales del Perú. Oficina de Evaluación de Recursos Naturales. Lima Perú.

**Pachamama Raymi.** 2006. Mejorar los Pastos Naturales. SERMANU-DEXCEL. Folleto N°2

**Pajares G.** 2008. Adaptación al Cambio Climático y Pago por Servicios Ambientales; para los Pequeños Productores de las Laderas Secas de las Montañas del Perú. Instituto de Cuencas. Lima Perú.

**Parga J, Teuber K.** 2009. Manejo de Pastoreo con Vacas Lecheras en Praderas Permanentes. INIA-CRI Ramehue. Chile.

**Parker K.** 1958. "The 3 Step Method for Measuring Condition and Trend of Forest Study". U.S. Dept. Agric. Techniques and Methods of Measuring Understory Vegetation. Georgia. U.S.A.

**Pettit RD.** 1982. "Mejoramiento de la Pradera Natural". En el Curso: "Manejo y Mejoramiento de Pastizales". Programa Colaborativo para el Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores - Texas Tech University. Lima Perú.

**Pineda MR, García CA, Cavero CE.** 1988. Fosfocompost un Abono Órgano Mineral Elaborado por un equipo del CIPCA Piura Perú.

**Pinedo J, Deza C, León B, Samamé R.** 2009. Agricultura de las Laderas a través de Andenes, Perú. TECNIDES.

**Ponce J.** 1969. Manejo de Pasturas Naturales con Cercos. Boletín N° 1. Ministerio de Agricultura y Pesquería. Lima, Perú. 66 p.

**PRONAMACHCS MINAG.** 2004. Gestión Participativa de los Recursos Naturales para el Desarrollo Sostenible. Experiencias en Tres Microcuencas Andinas del Perú. Lima Perú.

**Proyecto Altura I.** 1998. Manual del Promotor Comunal para la Construcción de Obras de Conservación de Suelos en la Región Altoandina del Perú. PRONAMACHCS-CARE-USAID. Lima-Perú.

**Reiner R, J.** 1985. Nutrition of Alpacas Grazing High Altitude Rangeland in Southern Perú. Ph D Diss. Texas Tech University Lubbock USA. 94 p.

**Reiner, RJ, Bryant FC, Farfán R, Craddock BF.** 1987. Forage Intake of Alpacas Grazing Andean Rangeland in Perú. Journal Animal Science. 64: 868-871. USA.

**Rivas Martínez S, Tovar O.** 1982. Vegetatio Andinae, I. Datos sobre las Comunidades Vegetales Altoandinas de los Andes Centrales del Perú. Univ. Complutense de Madrid-España y Dpto. de Biología de la UNMSM. Lima-Perú. Lazaroa 4: 167-187.

**Rivas Martínez S, Tovar O.** 1983. Síntesis Biogeográfico de los Andes. Collectanea Botánica. Vol. 14: 515-521. Barcelona España.

**Rodríguez SJ.** 1993. Manual de Fertilización. Colección de Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile. 362 p.

**Rodríguez H, Rubiano J. 2004.** Pastoreo Rotacional en Pasturas Nativas. En: Mejores Prácticas de Agricultura y Ganadería en Páramos de los Andes. Semillas de Agua. CONDESAN. Colombia. 116 p.

**Salaverry E. 1981.** Clasificación y Cuantificación de Pasturas del Predio “La Raya”. Informe Técnico de Consultoría. La Raya-Cusco-Perú. 9 p.

**Sánchez P. 1986.** Construcción de Terrazas y otras Prácticas de Conservación de Agua y Suelos. En. Andenes y Camellones en el Perú Andino. CONCYTEC, Lima Perú.

**Sandoval y Coronado. 2002.** Terrazas de Formación Lenta Unidad de Comunicación e Información. Abstract N° 5. CIED. Lima Perú.

**San Martín F. 1982.** “Características de los Pastos Cultivados de los Andes”. En el curso: “Manejo y Mejoramiento de Pastizales”. Programa Colaborativo para el Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores - Texas Tech University. Lima, Perú.

**San Martín F, Bryant FC, Huisa T, Farfán R, Rosales A. 1988.** Composición de la selectividad y Nutrición sobre Camélidos Sudamericanos y Ovinos. Investigaciones sobre Pastos y Forrajes. Texas Tech Univ. Vol. IV. Eds.: San Martín, F y Bryant, F. Lima Perú.

**San Martín F. 1996.** Nutrición en Alpacas y Llamas. Publ. Científica IVITA N° 27. Fondo Contravalor Perú Suiza CISA/UNMSM. Fac. de Medicina Veterinaria. Lima Perú.

**Segura M. 1963.** "Evaluación de la Productividad de Campos Forrajeros de Puna". Ed. SIPA - OTIA. Ministerio de Agricultura. Informe Especial N° 3. 14 p.

**Society for Range Management 1977.** "Rangeland Plant Physiology". Range Science Series N° 4. U.S.A. Management 1977. 290 p.

**Sosebee R. 1982.** “Manejo de Pastizales y Fisiología Vegetal”. En el Curso: “Manejo y Mejoramiento de Pastizales”. Programa Colaborativo para el Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores - Texas Tech University. Lima Perú.

**Stoddart A, Smith AD, Box TW, 1995.** Range Management. Ed. Mc Graw-Hill. Third Edition-USA. 532 p.

**Tapia M. 1972.** Pastos Naturales del Altiplano del Perú y Bolivia. Publ. N°34. IICA-Lima-Perú.

**Tapia M, Flores J. 1984.** “Pastoreo y Pastizales de los Andes del Sur del Perú”. Programa Colaborativo para el Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores. Perú. 302 p.

**Tapia M, Aguirre L. 1988.** “Las Especies Nativas de los Pastizales del Sur del Perú”. Revista Camélidos Sudamericanos IVITA # 6. Perú

**Tapia M, Gonzales E, Canahua A. 2006.** Proyecto: Sistemas Ingeniosos del Patrimonio Agrícola Mundial. Corredor Puno-Cusco. CONAM-FAO. Lima. 118 p.

**Terroba J. 1995.** Alimentación y Nutrición de Llamas y Alpacas: Uso de Pellets de Alfalfa y/o Pastos Cultivados (Guía). IICA-INDAP-TGA. Parinacota-Chile. 31 p.

**Teuber N, Parga J, Balocchi O, Anwandter V, Canseco C, Abarzúa A, Demanet R, Lopetegui J. 2007.** Manual de Pastoreo. Validación y Difusión de Mejores Prácticas de Pastoreo en el Sur de Chile. FIA 2004-2006. Chile.

**Teuber KM, Bernier, VR. 2008.** El Semáforo del Suelo, una Guía para Calificar el Nivel de fertilidad. INIA-Ramehue. Boletín N° 15. Chile.

**Teuber N, Parga J, Anwandter V, Canseco C, Abarzúa A, Demanet R, Lopetegui J.** 2009. Manejo del Pastoreo. Proyecto FIA-Chile. 129 p.

**Torres J, Gómez A. 2008.** Adaptación al Cambio Climático: de los fríos a los calores en los Andes. ITDG. Lima Perú. 154 p.

**Tovar O. 1987.** “Manual de Identificación de Pastos Naturales de los Andes del Sur Peruano (Gramíneas)”. Proyecto Alpacas. Perú. 125 p.

**Undurraga P.** 2000. Seminario Taller para productores: “Técnicas de Diagnóstico de Fertilidad del Suelo, Fertilización de Praderas, Cultivos y Mejoramiento de Praderas” Eds. Bernier, R, y Bartolameolli, G. Centro Regional de Inv. Ramehue. Osorno. Chile.

Van Immerzeel WH, Cabero J, Wiener FH. 2006. Aprender de los Mejores. Gestión del Conocimiento Campesino para su Desarrollo. Araucanía Tierra Viva. Dexcel. Chile 352p.

**Vásquez R, Medina J. 1981.** “Los Pastizales de Coahuila - México”. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. En “Taller sobre Manejo de Pastizales”. Chihuahua, México.

**Velásquez FO. 1995.** Gestión de Agua en Sistemas de Riego Cantería: Problemática, Desafíos, Cambios y Perspectivas. MINAG. Administración. Técnica del Distrito de Riego Juliaca. Power Point.

**Ventura O. 2003.** Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de las praderas altoandinas en el Perú. Políticas para el manejo sostenible. III Congreso Latinoamericano del Manejo de Cuencas Hidrográficas 9-13 de Junio 2003. Arequipa.

**Velásquez MJ. 2003.** El Suelo. Boletines Técnicos MINAG. Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI). Lima-Perú.

**Vera W. 2003.** El Recurso Suelo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Chile.

**Vereau LV. 2009.** Situación Actual y Futura del Proceso de Cambio Climático en el Perú. Primer Fórum Internacional sobre Cambio Climático. Su Desarrollo y Efectos Económicos. MINAM. Lima-Perú.

- Vieira JM, Ochoa LB, Fischler M, Marín X, Sauer, E. 1999.** Manejo Integrado de la Fertilidad del Suelo en Zonas de Laderas. INIA, Ramehue. Boletín N° 15. Chile.
- Villamizar F. 1979.** “Valores de Superficie de Respuesta para Relaciones entre Fertilizantes y Agua”. Agricultura Tropical # 26. Colombia. 30 p.
- Wilsie CP 1962.** Crop Adaptation and Distribution. W.H. Freeman y Co. San Francisco. 448 p.
- Weberbauer A. 1942.** Principios de Clasificación Aplicables a las Formaciones Vegetales del Perú. Lima-Perú.
- Wiener H. 1994.** Informe de Evaluación de Proyecto Pachamaman Urupa. La Paz Bolivia
- Wilcox BP, Bryant FC. 1984.** Asociaciones Vegetales en las Praderas Naturales de la Sierra Central del Perú. Inv. sobre Pastos y Forrajes Texas Tech University. Vol. I Eds. San Martín Felipe y Fred Bryant. Lima-Perú.
- Wright H, Bailey A. 1982.** “Fire Ecology”. Ed. Wiley and Sons. New York, U.S.A. 501 p.
- Young K, León B. 2001.** Bosques Nublados del Neotrópico. Eds. Jappelle, M y A.D. Brown. Inst. Nac. de Biodiversidad. INBIO. Santo Domingo de Heredia. Costa Rica.
- Zevallos-Patrón H .** 2008. Áreas Naturales Protegidas: Dos Experiencias de DESCO. 290 p. Arequipa Perú.