



# Manual de manejo de **pastos mejorados** en zonas altoandinas



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria





MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESTRATÉGICOS AGRARIOS

# Manual de manejo de **pastos mejorados** en zonas altoandinas



## **MANUAL DE MANEJO DE PASTOS MEJORADOS EN ZONAS ALTOANDINAS** **MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO**

**Ministro de Desarrollo Agrario y Riego**

Angel Manuel Manero Campos

**Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario**

Carmen Inés Vegas Guerrero

**Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego**

Iván Ramos Pastor

**Jefe del INIA**

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

**© Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)**

**Primera edición digital:**

Mayo, 2025

**Publicado:**

Mayo, 2025

**Disponible en:**

<https://repositorio.inia.gob.pe/>

**ISBN:**

978-9972-44-184-4

**Editado por:**

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Av. La Molina 1981, Lima-Perú

Teléf. (511) 2402100 - 2402350

[www.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

**Equipo Técnico de Edición y Publicaciones:**

Janet Flores / **Teléfono:** 964173509 / **Correo electrónico:** [comite\\_publicaciones@inia.gob.pe](mailto:comite_publicaciones@inia.gob.pe)

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-04694

**Autores:** Alberto G. Arias-Arredondo, Juancarlos A. Cruz-Luis, Richard A. Solorzano, Wendy E. Perez-Porras

/ **Editor general:** Cinthia S. Quispe-Apaza / **Revisión de contenido:** Héctor A. Ramírez-Maguiña, Cinthia S.

Quispe-Apaza / **Diseño y diagramación:** Miguel Alvarez-Escalante



# Tabla de contenido

<b>Presentación</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>9</b>
<b>2. Suelo</b>	<b>13</b>
2.1. Características del suelo altoandino	14
<b>3. Pastos mejorados</b>	<b>21</b>
3.1. Gramíneas	22
3.2. Leguminosas	26
<b>4. Manejo de suelos altoandinos para pastos mejorados</b>	<b>29</b>
4.1. Selección del terreno	29
4.2. Análisis del suelo	30
4.3. Preparación del suelo	34
4.4. Enmiendas, abonamiento y fertilización	36
4.5. Determinación de la dosis de abonamiento y/o fertilización	40
<b>5. Siembra de pastos mejorados</b>	<b>47</b>
5.1. Calidad de semilla	47
5.2. Asociación de pastos mejorados	49
5.3. Siembra	51
<b>6. Conservación de pastos</b>	<b>53</b>
6.1. Cosecha	53
6.2. Elaboración de heno	56
6.3. Ensilado	58
<b>7. Referencias bibliográficas</b>	<b>63</b>



# Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), que desarrolla actividades de investigación, transferencia tecnológica, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos y producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético.

El INIA, a través de la Dirección de Servicios Estratégicos Agrarios (DSEA), viene ejecutando el proyecto de inversión “Mejoramiento de los servicios de investigación y transferencia tecnológica en el manejo y recuperación de suelos agrícolas degradados y aguas para riego en la pequeña y mediana agricultura en los departamentos de Lima, Áncash, San Martín, Cajamarca, Lambayeque, Junín, Ayacucho, Arequipa, Puno y Ucayali”, con CUI N° 2487112, el cual tiene como uno de sus objetivos evaluar alternativas tecnológicas para el manejo de suelos y agua en la producción agrícola.

Una actividad económica que depende directamente del recurso suelo es la ganadería en las zonas altoandinas. En estos sistemas de producción, la calidad nutricional y el rendimiento de los pastos, que son factores esenciales para la alimentación animal, están determinadas por prácticas que aseguren la conservación de la salud del suelo. Una estrategia efectiva para este propósito es el uso de pastos mejorados con alto potencial productivo, los cuales representan una solución clave para incrementar la disponibilidad de forraje de calidad. Sin embargo, para garantizar el rendimiento óptimo y calidad de estos pastos, es importante implementar una adecuada fertilización, realizar una correcta instalación, aplicar labores culturales apropiadas y adoptar medidas de conservación sostenibles.

Por consiguiente, el "Manual de manejo de pastos mejorados en zonas altoandinas" ofrece información detallada y recomendaciones para la gestión del suelo, aplicación de enmiendas, manejo de semillas, instalación de cultivos, cosecha y conservación de pastos mejorados en zonas altoandinas.

El presente documento está dirigido a agricultores, técnicos y profesionales del sector agrario y público en general interesados en mejorar la productividad y sostenibilidad de los pastos mejorados.

**M. Sc. Jorge Juan Ganoza Roncal**

Presidente Ejecutivo

Instituto Nacional de Innovación Agraria



# 1. Introducción

En el Perú, la ganadería es importante para la economía de las áreas rurales y para la seguridad alimentaria del país. Según el Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017-2027 (Ministerio de Agricultura [MINAGRI], 2017), la ganadería involucra a 7.6 millones de personas, el 40.2 % del valor bruto de la producción (VBP) del sector agropecuario y genera empleo e ingresos para 1.8 millones de familias. También, es una práctica común en las comunidades campesinas de los andes centrales del Perú en los departamentos de Áncash, Huánuco, Huancavelica, Junín, Lima y Pasco. En estos departamentos, se desarrollan crianzas mixtas de ovinos, alpacas y vacunos, cuya población asciende a 18.4 millones de cabezas y su principal fuente de alimentación son los pastos naturales (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2013).

A pesar de la importancia de la ganadería en las zonas altoandinas y su contribución a la economía y la seguridad alimentaria, las condiciones ecológicas para el pastoreo equivalen solo al 14 % del territorio peruano, de las cuales el 60 % se localizan en zonas altoandinas. En estas áreas, los ecosistemas de pastoreo se caracterizan por la predominancia de gramíneas de escaso valor nutritivo, clima frío, baja humedad relativa, alta radiación solar y pluviosidad estacional, que condiciona épocas de abundancia y escasez de forrajes (Brack Egg y Mendiola Vargas, 2004).

A las limitaciones previamente expuestas se suma que solo el 8.7 % de pastos naturales son manejados con un enfoque técnico, mientras que el 58 % se encuentra bajo inadecuadas prácticas de manejo y sobrepastoreo. Asimismo, existe un déficit de la capacidad de carga respecto a la demanda ganadera, lo cual se traduce en una baja productividad (MINAGRI, 2017). Por ello, surge la necesidad de implementar tecnologías que permitan aumentar la productividad y rentabilidad de las actividades ganaderas en esta región. Una alternativa viable para cubrir este déficit es el cultivo de pastos mejorados perennes y anuales.

Los pastos mejorados son especies seleccionadas genéticamente que ofrecen mayor producción de biomasa y mejor calidad nutricional en comparación con los pastos nativos. Sin embargo, su potencial productivo depende de condiciones agroecológicas adecuadas y un manejo agronómico óptimo, que incluye preparación del terreno, enmiendas, fertilización, riego, siembra y conservación del forraje (Sánchez et al., 2011).

En este sentido, el objetivo de este manual es brindar información técnica para el manejo sostenible de pastos mejorados en zonas altoandinas, con énfasis en la preparación y conservación de suelos, manejo de semillas, instalación, y preservación de pastos. Su finalidad es optimizar la producción y calidad nutricional del forraje para el ganado, garantizando el uso racional de los recursos naturales.





## 2. Suelo

El suelo es un cuerpo natural dinámico, compuesto por sólidos minerales y orgánicos, líquidos, gases y organismos vivos, que puede servir como medio para el crecimiento de las plantas (Figura 1), la capa arable, por su parte, es la fracción del suelo, donde se siembran los cultivos y se desarrollan sus raíces (Weil y Brady, 2017).



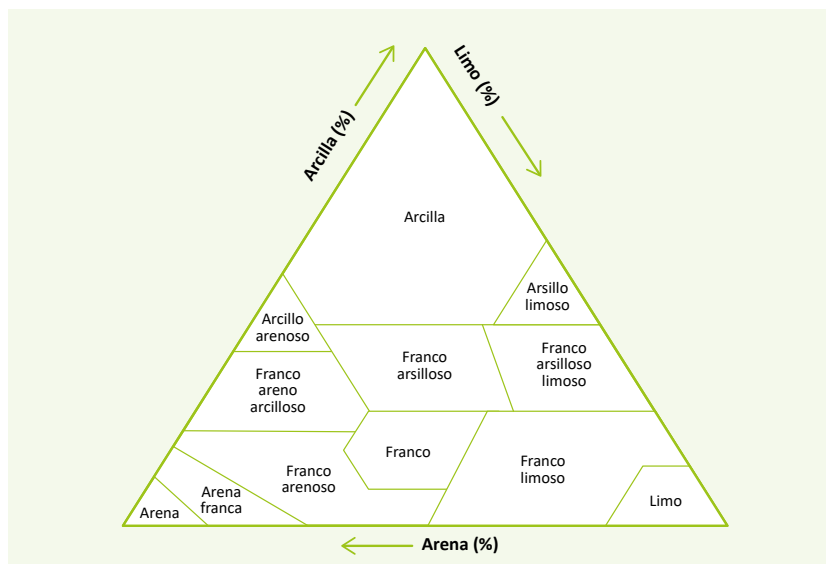
**Figura 1.** Composición del suelo como medio para el crecimiento de las plantas

La región altoandina está ubicada a más de 4 000 m s. n. m., donde los suelos se caracterizan por presentar una capa arable de entre 10 a 30 cm, pH ácido y un alto contenido de materia orgánica, debido a las condiciones que impiden su descomposición. Sin embargo, también se pueden presentar suelos de pH neutros, calcáreos, según el material parental local, u otros suelos de características particulares, por ejemplo, en áreas hidromórficas (Weil y Brady, 2017; Zamora-Jimeno, 1972). Respecto a la clase textural, en esta región predominan los suelos franco-arenosos, con contenido variable de nitrógeno, potasio y fósforo, desde bajos a altos (Arias Arredondo et al., 2024; Arias Arredondo et al., 2021).

## 2.1. Características del suelo altoandino

### a. Clase textural

La clase textural es una agrupación de las unidades texturales del suelo basadas en la proporción de cada una de sus fracciones sólidas, es decir, el porcentaje de arena, limo y arcilla (Weil y Brady, 2017). Para determinar la clase textural, se emplea un diagrama triangular donde se representan los valores de las fracciones y se comparan con el análisis obtenido en laboratorio (Figura 2).

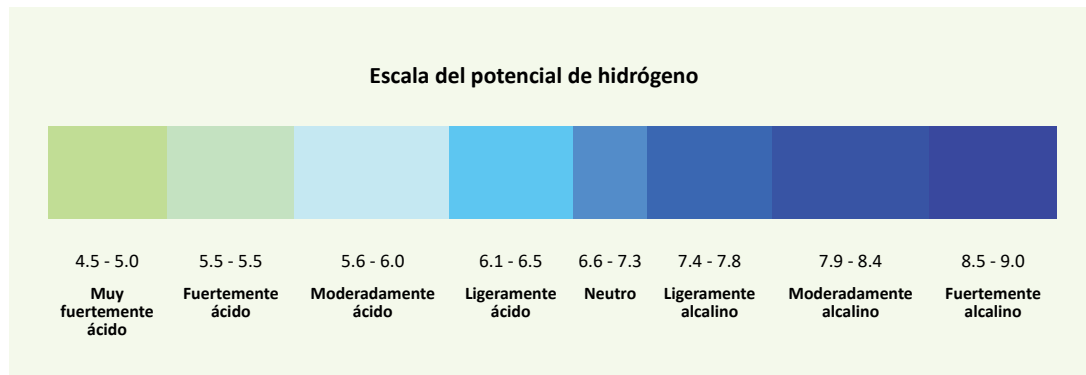


**Figura 2.** Diagrama triangular de la clase textural de los suelos (Calvache, 2002)

Los suelos altoandinos que son cubiertos por pajonales y césped de puna presentan terrenos de clases texturales de franco y franco arenosos. Estas clases texturales se caracterizan por su fertilidad media (Arias-Arredondo et al., 2019). En consecuencia, estos suelos presentan características óptimas para la instalación de pastos mejorados (Arias-Arredondo et al., 2021).

## b. Acidez del suelo

La acidez o alcalinidad del suelo son variables importantes que afectan un amplio rango de propiedades químicas y biológicas (Weil y Brady, 2017). La acidez se expresa a través del pH en una escala que va del 1 a 14. Los valores se pueden interpretar de acuerdo con la escala de Sales-Dávila et al. (2024) ilustrada en la Figura 3.



**Figura 3.** Escala de pH (adaptado de Sales-Dávila et al., 2024)

El pH de los suelos altoandinos es variable. En suelos de las regiones de Junín, Pasco y Huancavelica se registraron valores de pH ácidos hasta alcalinos. Sin embargo, se presentan con mayor predominancia los suelos con pH que varían de entre 4.7 a 5.9 (Arias Arredondo et al., 2024; Arias Arredondo et al., 2021), considerados suelos fuertemente ácidos a neutros. Los valores de pH ácido se obtuvieron de suelos de secano donde el tipo de vegetación natural es el pajonal y césped de puna (Figura 4), donde las especies de pasto nativo predominante son: *Jarava ichu*, *Stipa obtusa*, *Calamagrostis vicunarium* y otras variedades de pastizales (Arias Arredondo et al., 2024; Arias Arredondo et al., 2021).

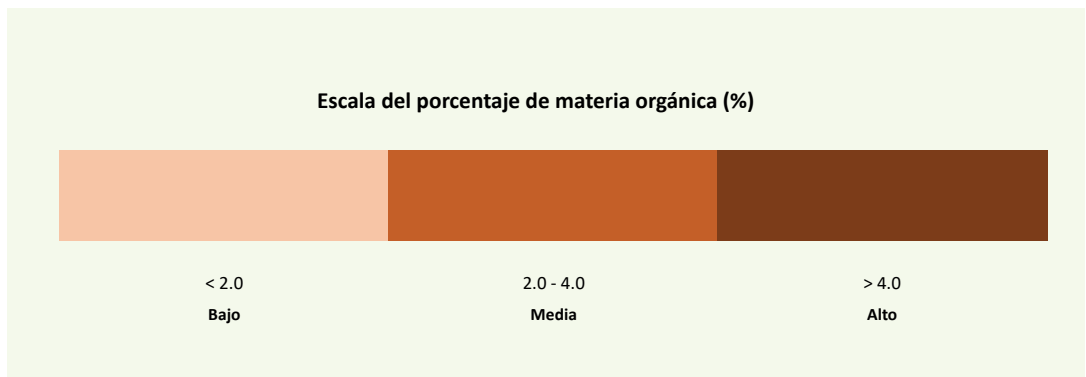


**Figura 4.** Tipos de pastos de la región altoandina. A) Pajonal y B) césped de puna

### c. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MO) está compuesta por restos de plantas y animales en distintos estados de descomposición, exudados radiculares, organismos del suelo y sus productos metabólicos, así como por aportes orgánicos externos, como estiércoles y compost (Weil y Brady, 2017; Porta Casanellas et al., 2003). Su contenido puede interpretarse según los valores propuestos por Sales-Dávila et al. (2024), representados en la Figura 5.

Por ejemplo, el estudio de Arias Arredondo et al. (2021) determinó que los suelos muestreados en los distritos de Paccha, Vicco, Ninacaca y Huayllay, ubicados en las regiones de Junín y Pasco, presentan altos porcentajes de MO, con valores entre 4.4 y 7.3 %. Estos niveles elevados se atribuyen a la presencia de especies vegetales de lenta descomposición, como *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis*, así como a las bajas temperaturas de la zona (5.6 - 7.7 °C), condiciones que favorecen la acumulación de MO en porcentajes superiores al 18 % (Huamán-Carrión et al., 2021).



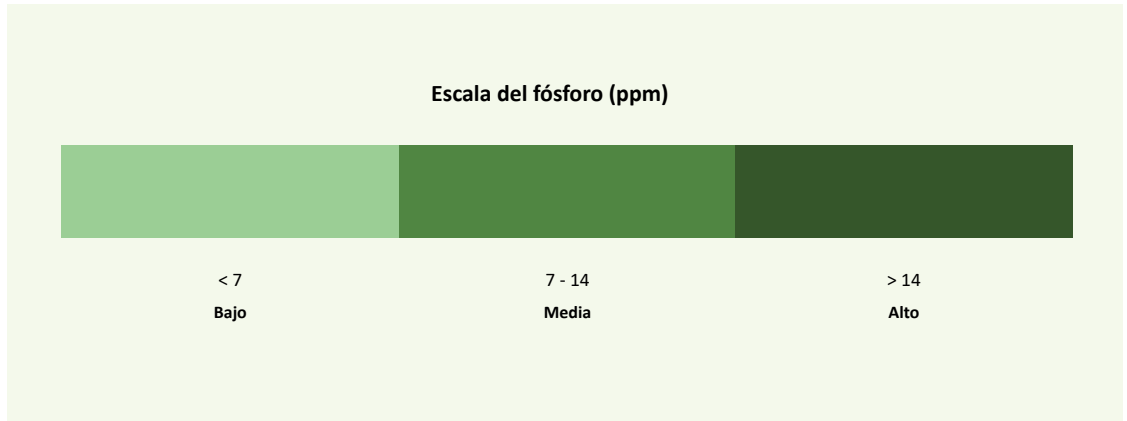
**Figura 5.** Escala del contenido de materia orgánica (adaptado de Sales-Dávila et al., 2024)

#### d. Macronutrientes

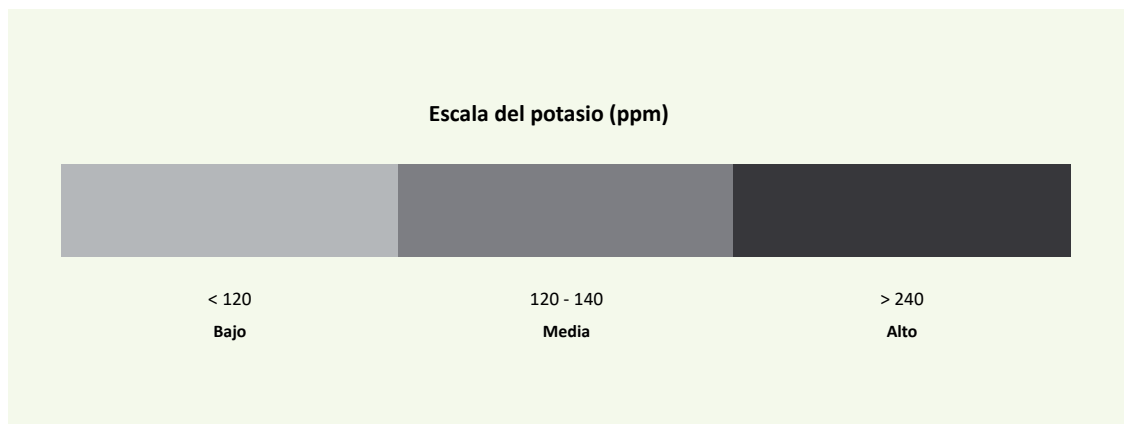
Los principales macronutrientes que requieren las plantas, incluyendo los pastos altoandinos, son el nitrógeno, fósforo y potasio. Además, existen otros nutrientes que se requieren en menor proporción, pero son igual de importantes para el desarrollo de los cultivos, como el calcio, magnesio, hierro y azufre. A su vez, los micronutrientes son aquellos elementos que la planta requiere en menor proporción, como el hierro, manganeso, boro, zinc, entre otros (Kirkby, 2012).

El contenido de estos nutrientes en el suelo depende de varios factores como el pH, la textura, la presencia de materia orgánica, las prácticas agrícolas, entre otros. En particular, los suelos altoandinos presentan un rango amplio de contenido de macronutrientes. Para la interpretación de los resultados de análisis de fósforo y potasio en los suelos se pueden seguir los valores presentados por Sales-Dávila et al. (2024), ilustrados en la Figura 6 y 7.

En la región de Junín, en las provincias de Huancayo, Concepción, Chupaca y Tarma, los contenidos de fósforo varían entre 3.88 y 11.59 ppm, siendo clasificados como bajos y medios, respectivamente. De manera similar, los niveles de potasio oscilan entre 88.46 y 135.78 ppm, también considerados bajos y medios. Por otro lado, en la región de Pasco, específicamente en los distritos de Ninacaca y Huayllay, se registraron concentraciones de fósforo entre 3.2 y 31.9 ppm, clasificadas como bajas y altas, respectivamente. En cuanto al potasio, los valores obtenidos fluctuaron entre 39.0 y 147.5 ppm, correspondientes a niveles bajos y medios (INIA, datos no publicados).



**Figura 6.** Escala del contenido de fósforo



**Figura 7.** Escala del contenido de potasio



### 3. Pastos mejorados

Los pastos mejorados son aquellas especies cultivadas que presentan mayor aceptación por los rumiantes como vacunos, ovinos y camélidos. Estos pastos destacan por su alta digestibilidad, mayor producción de forraje por metro cuadrado y una calidad nutricional superior en comparación con los pastos naturales de la zona altoandina. En los suelos altoandinos de la región centro se han introducido diversas especies de pastos mejorados con el objetivo de optimizar la alimentación del ganado. Entre estas se encuentran *Dactylis*, rye grass perennes, rye grass anuales o bianuales, festucas, avenas, cebadas, tréboles, alfalfas, vicias y otras variedades (Figura 8). Estas plantas corresponden a dos familias: Poaceae y Fabaceae.



**Figura 8.** Pastos mejorados introducidos en suelos altoandinos de la región centro (*Avena sativa* y *Vicia sativa*)

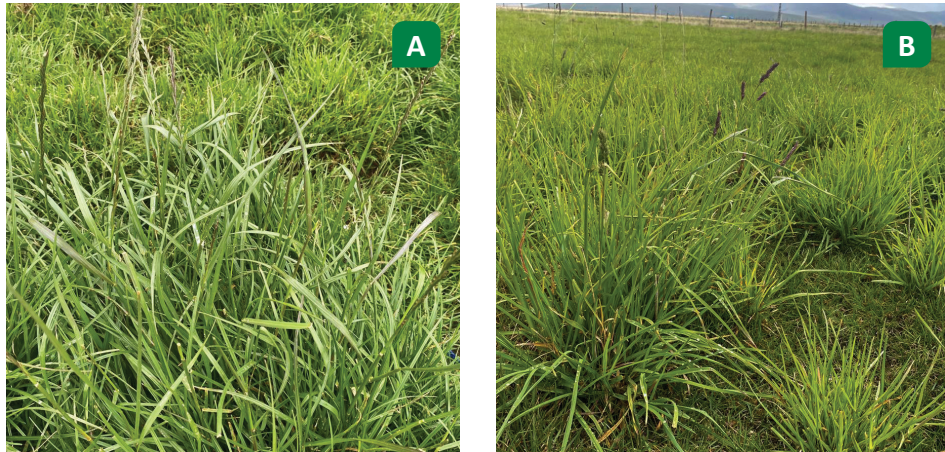
### 3.1. Gramíneas

Las gramíneas hacen referencia a las plantas de la familia Poaceae. Se caracterizan por presentar hojas alargadas y angostas, espigas y espiguillas, con tallos en forma de cilindros y vacíos (Figura 9). Las especies de pastos mejorados de este grupo se adaptan muy bien a diferentes pisos ecológicos, condiciones climáticas y características edáficas (Terrones, 1999). Las gramíneas son también conocidas como hierbas por los productores altoandinos.



**Figura 9.** *Dactylis glomerata* Potomac mostrando características morfológicas representativas de las gramíneas

Las poáceas, como el rye grass italiano, rye grass inglés, *Dactylis*, avena y cebada (Figuras 10 y 11), constituyen una importante fuente nutricional para el ganado. Su alto contenido de carbohidratos proporciona energía, mientras que su aporte de proteínas, minerales y vitaminas, aunque en menor proporción, favorece procesos fisiológicos importantes como la reproducción, alimentación (Figura 12), movilización y otros (Flores Mariazza, 2022).



**Figura 10.** Especies de pastos mejorados permanentes utilizadas en la alimentación de animales en la sierra altoandina. A) Rye grass inglés y B) *Dactylis*



**Figura 11.** Avena, especie predominante en sistemas ganaderos de la sierra altoandina peruana



**Figura 12.** *Dactylis glomerata* utilizada para la alimentación de ovinos

Las semillas de gramíneas más utilizadas para la siembra en suelos altoandinos por su facilidad de adaptabilidad a diferentes climas y suelos, para la alimentación de los ganados son las siguientes (Tabla 1 y 2).

**Tabla 1.** Especies de gramíneas perennes de pastos mejorados

Nombre común	Nombre científico	Varietades	Altitud (m s. n. m.)	pH	Características
Rye grass italiano	<i>Lolium multiflorum</i>	Cajamarquino, Magnum, Concord, Aubade, Archie, Florida, Tetilia, entre otros.	0 a 4 400	5.5 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especie de vida productiva corta de 2 a 3 años.</li> <li>• Requiere suelos con buen contenido de materia orgánica y suelos con contenidos medios y altos en macronutrientes</li> <li>• Es exigente en agua, no soporta largos periodos de sequía.</li> <li>• Se asocia principalmente con el trébol rojo.</li> </ul>
Rye grass ingles	<i>Lolium perenne</i>	Nui, Marathon, Aries, Lactal, Acrobat, Bandito, Boxer, Greenstone, Ohau, Shogun, Tetraelite, Max leche, entre otros.	2 000 a 4 500	5.5 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta perenne que tiene una duración de 10 años a más, condicionado por prácticas de manejo.</li> <li>• Esta especie no soporta la sequía, requiere de abundante humedad.</li> <li>• Tolerante a temperaturas bajas.</li> <li>• Excelente para el pastoreo.</li> </ul>
<i>Dactylis</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	Amaba americano, chileno, Currie, Potomac, entre otros.	3 000 a 4 500	5.1 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una planta perenne, que puede durar de 10 años a más, condicionado por prácticas de manejo.</li> <li>• Soporta a la sequía y las bajas temperaturas.</li> <li>• Es buena para el pastoreo.</li> </ul>

Adaptado de Noli Hinostrza (2004a), Velásquez Castellanos (2009), Noli et al. (2012) y Bojórquez Reyes et al. (2015).

**Tabla 2.** Especies de gramíneas anuales de pastos mejorados

Nombre común	Nombre científico	Varietades	Altitud (m s. n. m.)	pH	Características
Avena	<i>Avena sativa</i>	INA 901, Mantaro 15 mejorado, INIA 902 africana, INIA 903 Tayko Andenes, INIA 904 Vilcanota, INIA 905 La Cajamarquina, Negra nativa, Strigosa, Cayuse entre otros.	3 000 a 4 500	5 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una especie anual, pero puede regenerarse hasta 2 cortes de acuerdo al manejo y el riego.</li> <li>• Tolerante a las bajas temperaturas.</li> <li>• Alta producción de forraje, mayor a 20 toneladas por campaña.</li> </ul>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	UNA80, Centenario 2, Milagrosa, Puka Puncho, C420 y C423, entre otros.	2 800 a 4 200	5.6 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolera temperaturas menores a -1°C.</li> <li>• Prefieren tierras fértiles y suelos profundos.</li> <li>• Resistente a sequía y heladas severas, aun durante el rebrote.</li> <li>• Adaptada a pastoreo intensivo, tolerante al pisoteo y al arrancado de plantas y posee un excelente rebrote.</li> <li>• Excelente valor nutritivo.</li> </ul>

Adaptado de Noli Hinostrza et al. (2004a) y Noli Hinostrza et al. (2004b).

## 3.2. Leguminosas

Las leguminosas son plantas que se caracterizan por tener una raíz principal que se profundiza en la tierra, presentan hojas anchas y pequeñas en forma circular, ovoide entre otras y sus frutos son vainas (Terrones, 1999). Además, su simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium* y otras relacionadas, les permite fijar nitrógeno en el suelo (Fernández Canigia, 2020).

La instalación de leguminosas en suelos altoandinos del centro del Perú viene adquiriendo importancia debido a sus altos contenidos nutricionales de proteína, minerales y vitaminas.

Las variedades de semillas de leguminosas más utilizadas para la siembra en suelos altoandinos para la producción pecuaria se muestran en la Tabla 3 y la Figura 13.



**Figura 13.** Especies de leguminosas usadas para forrajes en suelos altoandinos.

A) Alfalfa, B) trébol blanco y c) *Vicia sativa*

**Tabla 3.** Especies de leguminosas permanentes y anuales de pastos mejorados

Nombre común	Nombre científico	Variedades	Altitud (m s. n. m.)	pH	Características
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Alta sierra, Cuf 101, Moapa, WL8210, WL 350, California, Beacon, Ranger entre otros.	0 a 4 200	5 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Especie perenne que tiene una vida productiva de 4 a 10 años.</li> <li>● Requiere de suelos húmedos y profundos.</li> <li>● Se recomienda su uso mediante corte.</li> <li>● Poseen dormancia.</li> </ul>
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	Huía y La California.	2 000 a 4 400	5.8 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Su vida productiva es de 10 años a más.</li> <li>● Soporta bien las heladas, pero no a la sequía.</li> <li>● Requiere de suelos húmedos y profundos.</li> <li>● Excelente para el pastoreo intensivo.</li> </ul>
Trébol rojo	<i>Trifolium pratense</i>	Queñiqueli, Redqueli, Kendland y Gigante Médium.	2 000 a 4 400	5.8 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Su vida es de 2 a 3 años.</li> <li>● Produce un forraje elevado, valor nutritivo con contenidos proteicos ligeramente inferiores a la alfalfa, pero con mejor digestibilidad.</li> <li>● Tolerancia a las temperaturas bajas.</li> <li>● Requiere de suelos húmedos y profundos.</li> </ul>
Vicia	<i>Vicia sativa</i>	Vicia	2 000 a 4 400	5.5 a 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Es una leguminosa anual.</li> <li>● Soporta climas templados y frío.</li> </ul>

Adaptado de Arias et al. (2021), Bojórquez Reyes et al. (2015) y Arias et al., (2024).



## 4. Manejo de suelos altoandinos para pastos mejorados

### 4.1. Selección del terreno

Se sugiere elegir un suelo con las siguientes características:

- Textura franco-arcillosa con buen contenido de materia orgánica (Figura 14).
- Con fuentes cercanas de agua apta para riego.
- Profundidad de 0.5 m para el buen establecimiento de las raíces de las plantas.
- Terrenos planos o con ligera pendiente (de hasta 30°) (Figura 15).
- pH no menor de 5.5.
- De fácil acceso para los trabajos mecanizados.



**Figura 14.** Suelo con alto contenido de materia orgánica



**Figura 15.** Terreno apto para la siembra de pastos

## 4.2. Análisis del suelo

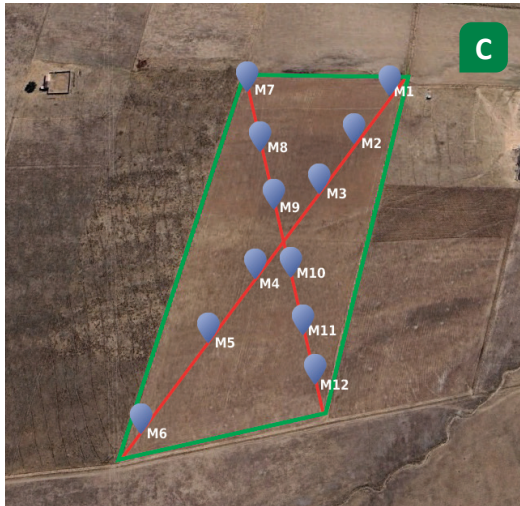
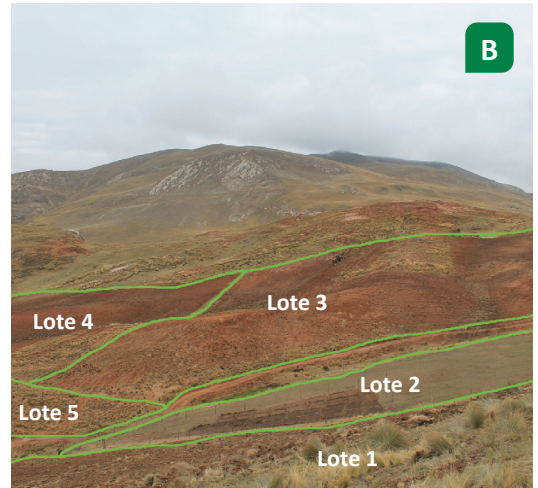
Es una actividad esencial que permite orientar al productor sobre la suficiencia o deficiencia de nutrientes del suelo, lo cual determinará el plan de fertilización. Los datos de este análisis son necesarios para la recomendación de fertilizantes y/o enmiendas en la producción agrícola.

### a. Muestreo del suelo

para su posterior análisis en un laboratorio. Esta muestra debe representar las condiciones de un área particular. Para ello, se emplean metodologías que maximizan la eficiencia del muestreo y estimen con precisión las propiedades del área total (Reynaldo et al., 2017).

Para realizar el muestreo del suelo, primero se deben seleccionar áreas del terreno agrícola con características homogéneas, a partir de las cuales se extraerá una muestra compuesta. Los materiales recomendados para esta labor son una pala recta, bolsas plásticas y ficha de datos. Asimismo, se recomienda georreferenciar las áreas de muestreo y los puntos de muestreo.

El muestreo se realiza recorriendo la zona seleccionada en forma de zigzag o aspa. Durante el recorrido, se toman entre 15 y 20 muestras simples de suelo. Estas muestras se homogeneizan en un balde, del cual se extrae una porción representativa de aproximadamente 500 g (Figura 16). Esta muestra compuesta reflejará las propiedades del área muestreada y debe enviarse al laboratorio para su análisis (Sales-Dávila et al., 2024).





**Figura 16.** Secuencia del muestreo del suelo. A) Georeferenciación de la parcela, B) ubicación de las parcelas y/o lotes, C) recorrido de la toma de muestras en X, D) toma de submuestras a una profundidad de 20 a 30 cm, E) mezcla de las submuestras, F) identificación de las muestras de suelo y G) recepción de la muestra de suelo en el laboratorio

## b. Resultados de análisis de suelo

El análisis de fertilidad proporciona información sobre la conductividad eléctrica (CE), el pH, la materia orgánica (MO), el fósforo disponible (P), el potasio disponible (K) y la clase textural del suelo (Tabla 4). La interpretación de estos resultados se realiza según los valores propuestos por Sales-Dávila et al. (2024).

**Tabla 4.** Ejemplo de resultados del análisis de ensayos de suelos

INFORME DE ENSAYO			
N° 051621-23/SU/LABSAF - SANTA ANA			
ITEM		Datos	
Código de laboratorio		SU1625-SA-23	
Matriz analizada		Suelo agrícola	
Fecha de muestreo		07/04/2023	
Condición de la muestra		Conservada	
Código/identificación de la muestra por el cliente		CAVI-S-JUN	

Ensayo	Unidad	Resultados	Interpretación
pH	-	5.1	Fuertemente ácido
Conductividad eléctrica	mS/m	3.6	Peligro de sales
Materia orgánica	%	10.4	Alto
Nitrógeno	%	0.52	Alto
Fósforo disponible	ppm	9.7	Medio
Potasio disponible	ppm	154.9	Medio
Arena	%	62	-
Limo	%	31	-
Arcilla	%	7	-
Clase textural	-	Franco arenoso	-

INIA, resultados no publicados.

## 4.3. Preparación del suelo

### a. Arado

Esta labor consiste en voltear la capa de suelo con la finalidad de oxigenar el suelo, eliminar las malezas existentes y ofrecer condiciones físicas apropiadas para el desarrollo radicular del cultivo (Figura 17). Una de las formas de realizar esta labor en la zona altoandina es mediante un tractor agrícola equipado con un arado.

En la sierra, el arado se lleva a cabo durante los meses de abril, mayo, junio y julio, posterior a la temporada de lluvias. Durante este periodo, se realiza esta labor para incorporar al suelo los rastrojos o restos vegetales de los cultivos anteriores que, al descomponerse, contribuyen a mejorar las características físicas y químicas del suelo. Se debe considerar que esta labor precede al encalado, fertilización e incorporación de materia orgánica.



**Figura 17.** Arado con tractor agrícola en el distrito de Marcapomacocha, provincia de Yauli, departamento de Junín

## b. Rastrado

Se realiza después del arado, utilizando un tractor agrícola equipado con una rastra. El rastrado consiste en desmenuzar los terrones de tierra, que son fragmentos grandes de suelo, formados durante el arado. Este procedimiento permitirá la obtención de una superficie adecuada para la siembra (Figura 18), favorecerá el establecimiento y crecimiento adecuado de las raíces de los pastos y promoverá la conservación de la humedad.



**Figura 18.** Rastra con tractor agrícola en el distrito de Suitucancha, provincia de Yauli, departamento de Junín

### c. Nivelado

Esta actividad consiste en acondicionar la superficie del suelo dejándola plana y nivelada. El suelo nivelado permitirá una mejor distribución de las semillas, establecimiento de sus raíces luego de su germinación y la distribución uniforme del agua de riego. Además, durante esta labor se pueden elaborar melgas, surcos de separación y otros para tener mejor distribución a la hora de los riegos por gravedad o inundación. Cuanto más cortas sean las melgas mejor será la distribución del agua durante el riego.

## 4.4. Enmiendas, abonamiento y fertilización

La incorporación de enmiendas en el suelo tiene como objetivo corregir una condición adversa. Asimismo, la aplicación de fertilizantes tiene como objetivo suplir las necesidades nutricionales de los pastos. El uso de estos insumos se debe planificar en base a los resultados del análisis de suelos y a los requerimientos específicos de los pastos.

Una gran proporción de los suelos altoandinos presenta valores de pH por debajo del óptimo. Por otro lado, los contenidos de materia orgánica y macronutrientes son variables desde niveles bajos a altos. Por esta razón, en esta sección se hace énfasis en la aplicación de enmiendas para la corrección de pH y a la aplicación de fertilizantes.

Para la aplicación de enmiendas, abonos y fertilizantes, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Fuentes de corrección de pH.
- Fuentes de abonamiento y fertilización.
- Requerimiento de abonamiento y fertilización.
- Determinación de la dosis de abonamiento y/o fertilización.

### a. Fuentes de corrección de pH

Es importante reiterar que, en general, los suelos altoandinos presentan un pH ácido. Sin embargo, también existen suelos con otros rangos de pH, algunos de los cuales pueden llegar a considerarse alcalinos. Por ello, la aplicación de enmiendas debe realizarse de acuerdo con los resultados del análisis del suelo.

Para corregir los suelos ácidos se recomienda el uso de la cal agrícola, yeso, carbonato de calcio y la roca fosfórica (Figura 19). Por el contrario, si el suelo es de pH alcalino se sugiere el uso de sulfato de hierro, sulfato de amonio y materia orgánica.



**Figura 19.** Incorporación de cal agrícola en suelos ácidos en distrito de Ondores, provincia de Junin, departamento de Junin

## b. Fuentes de abonamiento y fertilización

Los abonos y fertilizantes aportan nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo vegetal. Entre estos, los macronutrientes, requeridos en mayor cantidad, son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Según su origen, los fertilizantes se clasifican en dos tipos: sintéticos y orgánicos.

Los principales fertilizantes sintéticos son:

- Urea (46 % de nitrógeno).
- Nitrato de calcio (15 % de nitrógeno, 26 % de CaO).
- Sulfato de amonio (21 % de nitrógeno, 24 % de azufre).
- Superfosfato triple (46 % de  $P_2O_5$ ).
- Fosfato diamónico (46 % de  $P_2O_5$  y 18 % de nitrógeno).
- Cloruro de potasio (60 % de  $K_2O$ ).
- Sulfato de potasio (50 % de  $K_2O$ , 17 % de azufre).

Los fertilizantes sintéticos normalmente vienen en presentación de sacos de 50 kg con sus correspondientes características técnicas y recomendaciones. Por otro lado, los fertilizantes orgánicos más usados son:

- Compost
- Estiércol de animales
- Guano de isla

La Tabla 5 muestra las concentraciones de nutrientes que contienen los estiércoles de los animales que más se crían en la zona altoandina, los cuales son utilizados como fertilizantes orgánicos como complemento a la fertilización de los cultivos (INIA, datos no publicados):

**Tabla 5.** Características de los principales tipos de estiércol

Tipo de estiércol	C.E. mm.	pH	M.O %	N %	$P_2O_3$ %	$K_2O$ %	CaO %	MgO %	Hd %	C/N
Estiércol de alpaca	11.65	7.96	71.33	1.98	1.09	2.07	5.29	1.92	8.45	20.59
Estiércol de cuy	4.9	7.96	84.25	1.9	0.98	2.51	1.18	0.5	8.75	25.71
Estiércol de ovino	9.9	8.44	68.42	1.51	1.41	2.93	4.73	2.24	8.12	25.71

### c. Requerimiento de abonamiento y fertilización

Los principales nutrientes que requieren los pastos para su crecimiento y producción son el nitrógeno, fósforo y potasio. Asimismo, la cantidad de fertilizantes que se requiere aplicar se determina con el análisis del suelo y los requerimientos del cultivo. Por ende, para conocer el requerimiento de nutrientes de cada cultivo se utilizan las fórmulas de fertilización (Tabla 6).

**Tabla 6.** Requerimiento de pH, N, P y K de gramíneas y leguminosas

Especie de pastos	pH	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Gramíneas</b>				
Avena	5-7	80-100	46-100	60
Cebada	5.6-7	40	70	0
<i>Dactylis</i>	5.1-7	40	70	0
Rye grass inglés	5.5-7	40	70	0
Rye grass italiano	5.5-7	40	70	0
<b>Leguminosas</b>				
Trébol blanco	5.8-7	0	80 - 150	30-60
Trébol rojo	5.8-7	0	80-150	30-60
Alfalfa	6-7	0	150	60
<b>Asociaciones Gramíneas y leguminosas</b>				
Avena + vicia	5.8-7	15-30	80-150	30-60
Rye grass ingles + trébol blanco	5.8-7	15-30	80-150	30-60
Rye grass italiano + trébol rojo	5.8-7	15-30	80-150	30-60
<i>Dactylis</i> + trebol rojo	5.8-7	50	80	0

Choque (2005), Puma-Lima (2022), Noli-Hinostroza (2024a) y Noli-Hinostroza (2004b).

La fertilización puede aplicarse al suelo o mediante el agua de riego, dependiendo del tipo de sistema de riego y la fuente de fertilizante. Adicionalmente, se pueden aplicar fertilizantes foliares para complementar la fertilización de suelo.

## 4.5. Determinación de la dosis de abonamiento y/o fertilización

El momento de la aplicación de fertilizantes puede ser antes, durante o después de la siembra. Las formas de aplicación pueden ser al voleo, cubriendo toda el área sembrada, o mediante una mochila y/o riego por aspersión en forma líquida.

Se realizará un ejemplo para el cálculo de la dosis de enclado y fertilización para una siembra de pasto mejorado asociado de *Dactylis* con trébol rojo, en la región altoandina, siguiendo la metodología de Campos Amansifuén (2017). Se considerarán los datos indicados en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Resultados del análisis de suelo de Junín

ENSAYO	Unidad	Resultados
pH	-	5.1
Materia orgánica	%	10.4
Fósforo disponible	ppm	9.7
Potasio disponible	ppm	154.9

### a. Cálculo de la Densidad aparente (Da)

La densidad aparente del suelo permite el cálculo del peso de la capa arable, es decir, el peso del suelo en el que las raíces de los cultivos crecerán en una hectárea. De forma práctica, la densidad aparente se puede estimar a partir de la clase textural del suelo, considerando su grado de compactación y su cantidad de materia orgánica. Sin embargo, un valor más preciso se puede obtener por el método del cilindro según se especifica en la Norma ISO 11272:201 (International Standard Organization, 2017).

El método del cilindro consiste en la colecta de una porción de suelo de volumen conocido con un muestreador cilíndrico. Se debe ubicar el cilindro sobre una superficie horizontal o vertical, y presionar lo suficiente hasta llenar el muestreador. A continuación, se extrae el cilindro cuidadosamente de modo que se preserve su estructura natural y no perder contenido. Luego, se limpia el suelo excedente del borde con un cuchillo o espátula. El cilindro es llevado a laboratorio, donde se debe secar a 105 °C y pesar, para determinar el peso de suelo seco. Finalmente, con el volumen conocido del cilindro, se calcula la densidad aparente con la siguiente fórmula.

$$Da = \frac{\text{Peso de la muestra seca (g)}}{\text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

Por ejemplo, se conocen los siguientes datos:

- Peso de la muestra seca: 329.175 g
- Volumen del cilindro: 275 cm<sup>3</sup>

Para calcular la Da, se reemplazan los datos en la fórmula:

$$Da = \frac{329.175 \text{ g}}{275 \text{ cm}^3}$$

$$Da = 1.197 \text{ g/cm}^3$$

Ahora, se convierten a t/ha

$$Da = 1.197 \text{ t/ha}$$

Considerando que las raíces de los pastos llegan a 20 cm de profundidad, se calcula el peso de la capa arable usando siguiente fórmula:

Peso de la capa arable = Da x Volumen de la capa arable

Peso de la capa arable = Da x (profundidad x ancho x largo)

Peso de la capa arable = 1.197  $\frac{\text{t}}{\text{ha}}$  x 0.2 m x 100 m x 100 m

Peso de la cara arable = 2394 t

## b. Cálculo del contenido de nitrógeno en el suelo

El resultado de análisis de suelo indica que el porcentaje de MO es de 10.4 % (ver Tabla 7). Entonces, para calcular su contenido en una hectárea se usa la siguiente fórmula:

$$\text{MO en 1 ha} = \text{Peso de la capa arable} \times \text{Porcentaje de MO}$$

$$\text{MO en 1 ha} = 2394 \times (10.4/100)$$

$$\text{MO en 1 ha} = 248.98 \text{ t}$$

Una manera práctica de estimar el contenido de N del suelo es considerando el 5 % del peso de MO. Por ende, se reemplaza en la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrógeno en 1 ha} = \text{Peso de MO} \times 5 \%$$

$$\text{Nitrógeno en 1 ha} = 248.98 \times (5/100)$$

$$\text{Nitrógeno en 1 ha} = 12.449 \text{ t de N} = 12\,449 \text{ kg de N}$$

Solo una fracción del total del nitrógeno del suelo pasa por el proceso de mineralización, es decir, se transforma en compuestos disponibles y aprovechables por la planta. Por ello, se debe multiplicar el contenido total de N por la tasa de mineralización. La cual varía de 1 a 3 %, según las condiciones ambientales y edafológicas. Para condiciones de sierra altoandina, las temperaturas frías y los suelos ácidos ocasionan tasas de mineralización muy bajas, por lo que se puede considerar, para fines de este ejemplo, una tasa de 1 %.

Entonces:

$$12\,449 \text{ kg de N total} \times 0.01 = 124.49 \text{ kg de N liberado al año}$$

### c. Cálculo del contenido de fósforo en el suelo

En el análisis del suelo, el contenido de fósforo está expresado en ppm (ver Tabla 7), por lo que se debe multiplicar por el peso de la capa arable y hacer la conversión:

$$P \text{ en 1 ha} = \text{Peso de la capa arable} \times \text{Concentración de P}$$

$$P \text{ en 1 ha} = 2394 \text{ t} \times 9.7 \text{ ppm} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ t}}$$

$$P \text{ en 1 ha} = 23.22 \text{ kg de fósforo}$$

$$\text{Concentración de P} = 9.7 \text{ ppm}$$

El P se expresa en óxido fosfórico ( $P_2O_5$ ). Para convertir este elemento a  $P_2O_5$  se multiplica por un factor de conversión de 2.3:

$$P_2O_5 \text{ en 1 ha} = 23.22 \text{ kg} \times 2.3$$

$$P_2O_5 \text{ en 1 ha} = 53.41 \text{ kg de } P_2O_5$$

### d. Cálculo del contenido de potasio en el suelo

En el análisis del suelo, el contenido de potasio está expresado en ppm (ver Tabla 7), por lo que se debe multiplicar por el peso de la capa arable y hacer la conversión:

$$K \text{ en 1 ha} = 2394 \text{ t} \times 154.9 \text{ ppm} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ t}}$$

$$K \text{ en 1 ha} = 370.83 \text{ kg de potasio}$$

$$K = 154.9 \text{ ppm}$$

El K se expresa en óxido de potasio ( $K_2O$ ). Para convertir el K a  $K_2O$  se multiplica por un factor de conversión de 1.2:

$$K_2O \text{ en 1 ha} = 370.83 \times 1.2$$

$$K_2O \text{ en 1 ha} = 445 \text{ kg de } K_2O$$

### e. Cálculo del requerimiento de enmiendas para pastos mejorados

Con los datos anteriores, para el presente ejemplo se considera que se sembrará *Dactylis* y trébol rojo. La asociación de ambos pastos tiene los siguientes requerimientos:

- pH: 5.8-7
- N: 50 kg/ha
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 80 kg/ha

Para la corrección de pH, se toma en consideración que, por regla general, se utiliza 1 t/ha de cal agrícola para que el suelo aumente el pH en 0.1 unidad. Teniendo en cuenta que el pH del suelo es 5.1 (ver Tabla 7), se requiere de 7 t/ha de cal agrícola para aumentar el pH a 5.8.

### f. Cálculo del requerimiento de fertilizantes

En la Tabla 8, se indican los requerimientos de fertilizantes para producción, los resultados obtenidos en los cálculos de las secciones precedentes (secciones 4.5 b, c y d) y su diferencia.

**Tabla 8.** Cálculo la cantidad de nutrientes que se requiere aportar al suelo

Descripción	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)
Demanda	50	80	0
Aporte del suelo	12.45	53.41	445
Diferencia	37.55	26.59	-445

De acuerdo con la Tabla 8, se requiere 37.55 kg de nitrógeno, 26.59 kg de fósforo y no se requiere de potasio. Para fines de ejemplo, se considera el empleo de urea y superfosfato triple (STP) como fertilizantes. La concentración de nutrientes en cada fertilizante se indicó en la sección 4.4 b (46 % de N en la urea y 46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en el superfosfato triple). Asimismo, se debe considerar que la urea tiene una eficiencia del 60 % y el STP 42 %, por lo que se debe suplir con una cantidad adicional a la del requerimiento del fertilizante. Con estos datos, se calcula la cantidad de urea a aplicar del siguiente modo:

$$\begin{array}{r} 46 \text{ kg de N} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ kg de urea} \\ 37.55 \text{ kg de N} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

$$X = 37.55 \times \frac{100 \text{ de urea}}{46 \text{ de N}} \div 60 \%$$

$$X = 136.05 \text{ kg de urea}$$

De manera similar, se calcula el requerimiento de superfosfato triple:

$$\begin{array}{r} 46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ kg de STP} \\ 26.59 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

$$X = 26.59 \times \frac{100 \text{ de STP}}{46 \text{ de P}_2\text{O}_5} \div 42 \%$$

$$X = 137.63 \text{ kg de STP}$$

En resumen, se requiere aplicar 136.05 kg de urea y 137.63 kg de superfosfato triple para suplir las necesidades del cultivo asociado de *Dactylis* y trébol rojo.



## 5. Siembra de pastos mejorados

### 5.1. Calidad de semilla

La calidad de semilla se refiere a un patrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra (Arias-Arredondo et al., 2019). Se menciona que la calidad de semilla de pastos mejorados está sujeta a numerosas variables, pero las más importantes son: pureza de semilla y poder germinativo (Besnier Romero, 1989). El procedimiento se ilustra en la Figura 20.



**Figura 20.** Procedimiento para la evaluación de calidad de semilla. A) Muestra de semillas, B) limpieza de impurezas, C) pesado de la muestra limpia, D) semillas seleccionadas para prueba de germinación y E) semillas en germinación

### a. Cálculo de la Densidad aparente (Da)

La pureza se expresa como el porcentaje de semillas libres de sustancias extrañas y de semillas vacías, inmaduras y dañadas. Para el cálculo de este parámetro se usa la siguiente fórmula:

$$\% P = \frac{Pp \times 100}{Pt}$$

Donde:

% P = porcentaje de pureza

Pp = peso de las semillas pura

Pt = peso total de la muestra

La secuencia de pasos para la determinación de la pureza se indica en la Figura 20.

### b. Porcentaje de germinación

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua para la reactivación del metabolismo y la iniciación del desarrollo del embrión de una semilla. Para calcular el porcentaje de germinación se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{Sg}{St}$$

Donde:

% G = porcentaje de germinación.

Sg = semillas germinadas.

St = número total de semillas.

El cálculo de este parámetro tiene por finalidad estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en las condiciones óptimas (Willian, 1991). De esta forma, es posible validar la calidad de semilla que se ha adquirido.

## 5.2. Asociación de pastos mejorados

El uso asociado de gramíneas y leguminosas es recomendable, ya que proporcionan carbohidratos, proteína y otros nutrientes en proporciones balanceadas siendo un alimento de calidad (Flores Mariazza et al., 2022). Asimismo, esta asociación permite incrementar la cantidad de materia verde y materia seca en los forrajes de pastos mejorados, en comparación a la siembra de monocultivos (Valverde-Balabarca, 2011). Las asociaciones de pastos mejorados se recomiendan según su uso (Tabla 9 y Figura 21).



**Figura 21.** Asociaciones de pastos mejorados usados en la región altoandina A) Avena + vicia, B) *Dactylis* + trébol blanco, C) *Dactylis* + alfalfa y D) Rye grass italiano + trébol rojo

Tabla 9. Mezcla de pastos mejorados y su uso

Gramíneas + leguminosas	Uso	Características
Avena + vicia	Conservación (heno-ensilado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de forraje de más de 20 t/ha.</li> <li>• Pastos de temporada (época de lluvia).</li> </ul>
Rye grass ingles + trébol blanco	Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una leguminosa anual.</li> <li>• Soporta climas templados y frio.</li> </ul>
<i>Dactylis</i> + trébol rojo	Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente al pisoteo de los animales.</li> <li>• Pastos permanentes.</li> </ul>
<i>Dactylis</i> + alfalfa WL 350	Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente al pisoteo de los animales.</li> <li>• Pastos permanentes.</li> </ul>
<i>Dactylis</i> + rye grass ingles + trébol blanco	Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente al pisoteo de los animales.</li> <li>• Pastos permanentes.</li> </ul>
Rye grass italiano + trébol rojo	Corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de forraje de más de 3 t/ha por corte.</li> <li>• Pastos permanentes de entre 2 a 4 años.</li> </ul>
Rye grass italiano + alfalfa (WL 440, Brown 6)	Corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de forraje de más de 3 t/ha por corte.</li> <li>• Pastos permanentes de entre 2 a 4 años.</li> </ul>

### 5.3. Siembra

La siembra es una labor importante pues determinará la buena composición y cobertura vegetal en el área cultivada. El método de siembra más utilizado en la zona altoandina es el voleo. Este consiste en esparcir manualmente las semillas de forma uniforme en toda el área del terreno (Figura 22).



**Figura 22.** Siembra al voleo de semilla de *Dactylis* y alfalfa WL 350 en suelos altoandinos Ondores, Junín, Junín



## 6. Conservación de pastos

### 6.1. Cosecha

#### a. Momento óptimo de cosecha

El momento óptimo para la cosecha del forraje de avena es el estado de grano acuoso o lechoso. En esta etapa fenológica el contenido de proteínas y fibras son adecuados, debido a que se encuentran en equilibrio y la biomasa forrajera presenta un adecuado volumen. Para hierbas permanentes de pastoreo o de corte se recomienda realizar la cosecha a inicios de formación de espigas (Figura 23). Por otro lado, se sugiere cosechar las leguminosas, como la vicia, alfalfa o tréboles, cuando se presenten las primeras flores en las plantas.



**Figura 23.** Avena en estado de grano lechoso instalado en suelos altoandinos, distrito de Ninacaca, departamento de Pasco. A) Campo de avena y B) verificación del estado de maduración del grano de avena

## b. Estimación de la producción forrajera

La producción de forraje se refiere a la proporción de materia vegetal de los pastos en un determinado espacio. La materia verde (MV) se refiere a los pastos en estado fresco expresada en kg/ha. Para estimar el rendimiento de forraje en materia verde, se procede a seleccionar de 10 a 15 lugares al azar en el área sembrada. Luego, con ayuda de un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, se corta el forraje dentro del área, se pesa con una balanza y se calcula el peso total en una hectárea por regla de tres. El procedimiento para la estimación de la producción se ilustra en la Figura 24.





**Figura 24.** Determinación de la producción de forraje. A) Selección al azar del cuadrante, B) corte del metro cuadrado, C) área del cuadrante cortada, D) recojo del forraje y E) pesado de la muestra del cuadrante

## 6.2. Elaboración de heno

Es una de las formas de conservar los forrajes. Su elaboración consiste en deshidratar el material ya sea por medios artificiales o de forma natural, hasta alcanzar un nivel de humedad inferior al 20 %. Esta labor tiene como objetivo paralizar toda la actividad celular y la de los microorganismos existentes. Asimismo, la elaboración del heno permite estabilizar el material y prolongar su vida útil por mayor tiempo en comparación al forraje fresco.

Consta de los siguientes pasos (Figura 25):

- **Corte del forraje:** puede realizarse de forma manual o mecánica, con ayuda de una hoz, moto guadañas o segadora. El cultivo de avena forrajera debe estar en estado de grano acuoso o lechoso.
- **Secado del forraje:** se puede realizar al medio ambiente durante 2 a 5 días. También, se puede hacer bajo sombra durante 8 a 12 días.
- **Empacado:** una vez el forraje esté seco, se puede empacar de forma mecánica o manual. Los paquetes de heno son conocidos como pacas y su peso ideal es de 16 a 20 kg.
- **Almacenamiento:** las pacas deben ser almacenadas en un lugar ventilado y bajo techo para protegerlas del sol y de la lluvia.





**Figura 25.** Secuencia de elaboración de heno. A) Corte manual de forraje, B) corte mecánico del forraje, C) secado, D) empacado manual del forraje, E) empacado mecánico del forraje y F) paca de heno

El heno correctamente elaborado se caracteriza por:

- Coloración verde.
- Alto contenido de hojas.
- Tallos flexibles y blandos.
- No deben tener malezas ni rastrojo.
- Debe tener un olor agradable.

### 6.3. Ensilado

El ensilaje es un alimento que resulta de la fermentación anaeróbica de un material vegetal verde mediante la formación de ácido láctico. Este tipo de forraje es usado para suplementar la alimentación del ganado durante períodos de sequía.

La elaboración del ensilado consta de los siguientes pasos (Figura 26):

- **Corte y oreo:** se realiza días antes de la elaboración del silo, utilizando una hoz, motoguadaña o segadora.
- **Picado:** consiste en reducir el forraje a medidas de entre 2 a 10 cm, para evitar la formación de bolsas de aire, facilitar el apisonado y favorecer a la fermentación.
- **Acondicionamiento del silo:** se debe forrar el silo con plásticos y/o algún material local (por ejemplo, pajas secas). Una vez forrado, se debe perforar un orificio para facilitar la salida del agua.
- **Llenado y apisonado del silo:** se debe apisonar cada 20 a 40 cm quitando todo el aire posible, para favorecer a la fermentación. Asimismo, se agregan aditivos como sal y melaza.
- **Tapado de silo:** se tapa con tierra para evitar la entrada de aire. Esta actividad debe realizarse lo más pronto posible, una vez se haya completado la fase anterior de llenado y apisonado.

El ensilado correctamente elaborado se caracteriza por:

- Color verde amarillo.
- Olor agradable no muy fuerte.
- Sabor agradable y ácido.
- Textura suave y uniforme.





**Figura 26.** Secuencia de la elaboración del ensilado. A) Corte del forraje, B) oreado, C) picado, D) acondicionamiento y relleno del silo con el forraje, E) aditivos en el ensilado, F) tapado del silo y G) uso del ensilado





## 7. Referencias bibliográficas

- Arias, A. A., Cruz, L. J., Pantoja, A. C., Lopez, R. M., Bermúdez, A. W., y Morales, S. E. (2021). Estudio comparativo de la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), en la puna húmeda y seca del Perú. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, 11(2), 7-12. <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2021.11.02.7>
- Arias Arredondo, A. G., Armas Cerrón, G., Chipana León, A., Cruz Luis, J., Lopez Rodríguez, M., Rodas Romero, J., De Dios León, V. J., Poma Canchumani, E., y Chalco Meza, L. (2024). Características edáficas y composición florística de praderas altoandinas en cuatro microcuencas de la puna del centro del Perú. *Revista de Investigación Universitaria Universidad Nacional de Ucayali*, 14(1), 1075–1092. <https://doi.org/10.53470/riu.v14i1.130>
- Arias Arredondo, A. G., Cruz Luis, J. A., Pantoja Aliaga, C. E., Yali Rupay, F., Bermúdez Alvarado, W. S., y Morales Sebastin, E. R. (2021). Rendimiento forrajero y valor nutritivo de dos variedades de Avena sativa (Criolla y Mantaro-15), en la sierra central del Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 54-60 <https://doi.org/10.53287/pccm3923xs47i>
- Arias-Arredondo, A., Cruz-Luis, J., Pantoja-Aliaga, C. E., Morales-Sebastian, E. R., Bermúdez-Alvarado, W. S., Yali-Rupay, F., Arzapalo-Alderete, I., Ponce-Atencio, R., Paucar-Mendoza, I., y Ludeña-J, D. (2019). Calidad de semilla y rendimiento forrajero en dos variedades de avena (*Avena sativa*) Criolla y Mantaro-15 en la sierra central del Perú. *Revista Praxis*, 10(1), 44-51. <http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1453/1/Revista%20Praxis%20Vol.%2010%20Nro.%201.pdf>
- Besnier Romero, F. (1989). *Semillas. Biología y Tecnología* (1era ed). Ediciones Mundi-Prensa. <https://www.agapea.com/libros/SEMILLAS-BIOLOGIA-Y-TECNOLOGIA-9788471142566-i.htm>
- Bojórquez Reyes, C. L., Rojas Egoavil, J.D., y Hordóñez Flores, J.H. (2015). *Pastos cultivados en el Valle del Mantaro* (1ra ed.). Ediciones Fondo Editorial UNMSM.

- Brack Egg, A., y Mendiola Vargas, C. (2004). *Ecología del Perú* (2da ed.). Editorial Bruño.
- Calvache, M. (2002). Manejo de aguas: Principios fundamentales. *VIII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*. [https://www.researchgate.net/publication/303691521\\_MANEJO\\_DEL\\_AGUA\\_PRINCIPIOS\\_FUNDAMENTALES](https://www.researchgate.net/publication/303691521_MANEJO_DEL_AGUA_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES)
- Campos Amasifuén, H. M. (2017). *Cálculo de requerimientos nutricionales para el cultivo de maíz amarillo duro en suelos de restinga*. Instituto de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/965>
- Choque, J. (2005). *Producción y manejo de especies forrajeras*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Fernández Canigia, M. V. (2020). *Factores determinantes de la Nodulación*. Nitragin. [https://images.engormix.com/externalFiles/6\\_factores\\_determinantes\\_de\\_la\\_nodulacion.pdf](https://images.engormix.com/externalFiles/6_factores_determinantes_de_la_nodulacion.pdf)
- Flores Mariazza, E., Ruiz Chamorro, J., Zárate Díaz, R., y Sono A, B. (2022). *Manual de siembra de pastos cultivados para mejorar el manejo nutricional del ganado*. FONTAGRO.
- Huamán-Carrión, M. L., Espinoza-Montes, F., Barrial-Lujan, A. I., Ponce-Atencio, Y. (2021). Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 83-90. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.010>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2013). *Resultados definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/906>
- Kirkby, E. (2012). Introduction, Definition and Classification of Nutrients. En P. Marschner (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Elsevier.
- Ministerio de Agricultura. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017—2027*. Ministerio de Agricultura y Riego. República del Perú. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/330>
- Noli Hinostroza, E. C. (2004). *Instalación y establecimiento de pasturas cultivadas en la sierra central del Perú* (1era ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/759>

- Noli Hinostroza, E. C., Asto Hinojosa, R., y Canto Sanabria, A. (2004). *Evaluación de variedades de avena forrajera tolerantes a sequías y heladas para producción de forraje verde*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/594>
- Noli Hinostroza, E. C., Canto Sanabria, A., y Segura Zúñiga, J. J. (2004). La Avena Forrajera INIA Mantaro 15 mejorado una alternativa de forraje para la zona altoandina. *XXIX Reunión Científica Anual de La Asociación Peruana de Producción Animal*. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/590>
- Noli Hinostroza, C., Olivera, E., Nestares, A., y Portocarrero, M. (2012). Caracterización Agronómica al Establecimiento de Pastos Cultivados en las comunidades de los Chopccas en la región Huancavelica. *XXXV Reunión Anual de Producción Animal*.
- International Standard Organization. (2017). *Soil quality-determination of dry bulk density*. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/68255/69c2822dc8e549e998917fad3f110a2a/ISO-11272-2017.pdf>
- Porta Casanellas, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (3era ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Puma Lima, F. D. (2022). Producción de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con fertilización nitrogenada en el centro experimental—ILLPA [Tesis para optar el grado de ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Altiplano]. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP\\_9274dabff342c5b946182c545941c803](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_9274dabff342c5b946182c545941c803)
- Reynaldo, B., Mendoza, y Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos* (1era ed.). Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS). <http://crs.org/nicaragua/>
- Sales-Dávila, B., Samaniego-Vivanco, T. D., Durand-Pasco, K. A., Norabuena-Segovia, Á. A., Calderón-Espinoza, R. J., Ortega-Vega, J. M., y Munayco-Peralta, K. E. (2024). *Manual para el análisis de suelos agrícolas y agua para riego* (1era ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/items/579d9e8f-663e-47f9-828d-a816b511a50f>
- Sánchez, S., Hernández, M., y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.

- Terrones, H. J. N. (1999). *Tecnologías para la producción de semillas forrajeras en la zona andina del Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Valverde-Balabarca, H. (2011). *Cultivando Pastos Asociado: Sistematización de la experiencia*. (1ra ed.). CARE Perú. [https://www.researchgate.net/publication/327280973\\_Cultivando\\_Pastos\\_asociados\\_Sistematizacion\\_de\\_la\\_experiencia](https://www.researchgate.net/publication/327280973_Cultivando_Pastos_asociados_Sistematizacion_de_la_experiencia)
- Velásquez Castellanos, P. A. (2009). *Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de rye grass bianual (*Lolium multiflorum*) en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha* [Tesis para optar el grado de ingeniero agroindustrial]. Escuela Politécnica Nacional.
- Weil, R. R., y Brady, N. C. (2017). *The nature and properties of soils. (15th ed.)*. Pearson Education Limited.
- Willan, R. L. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/5164>
- Zamora-Jimeno, C. (1972). *Regiones edáficas del Perú*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1059>







*Instituto Nacional de Innovación Agraria*





D. : Av. La Molina 1981, La Molina  
T. : (511) 240-2400  
[www.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

ISBN: 978-9972-44-184-4



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



*Instituto Nacional de Innovación Agraria*

