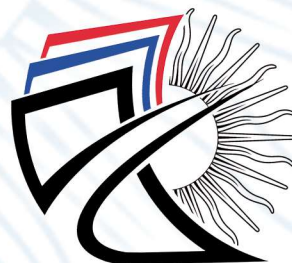


MANEJO DE PASTIZALES

Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán Luis Samuel
Condo Plaza Luis Alfonso
Rojas Oviedo Luis Abdón
Huebla Concha Víctor Hugo



PUERTO MADERO
EDITORIAL

1era Edición
2023



puertomaderoeditorial.com.ar



La Plata - Argentina

**MANEJO DE PASTIZALES
PARA LA PRODUCCIÓN
FORRAJERA EN CLIMAS
TROPICALES**



MANEJO DE PASTIZALES PARA LA PRODUCCIÓN FORRAJERA EN CLIMAS TROPICALES

AUTORES:

Arias Alemán Luis Samuel
Condo Plaza Luis Alfonso
Rojas Oviedo Luis Abdón
Huebla Concha Víctor Hugo



Manejo de pastizales para la producción forrajera en climas tropicales / Luis Samuel Arias Alemán ... [et al.] ; editado por Juan Carlos Santillán Lima ; Daniela Margoth Caichug Rivera. - 1a ed revisada. - La Plata : Puerto Madero Editorial Académica, 2023.

Libro digital, PDF/A

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-82816-4-3

1. Pastizales. I. Arias Alemán, Luis Samuel. II. Santillán Lima, Juan Carlos, ed. III. Caichug Rivera, Daniela Margoth, ed.

CDD 633.208



Licencia Creative Commons:

Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)



Primera Edición, Enero 2023

MANEJO DE PASTIZALES PARA LA PRODUCCIÓN FORRAJERA EN CLIMAS TROPICALES

ISBN: 978-987-82816-4-3

Editado por:

Sello editorial: ©Puerto Madero Editorial Académica
Nº de Alta: 933832

Editorial: © Puerto Madero Editorial Académica

CUIL: 20630333971

Calle 45 N491 entre 4 y 5

Dirección de Publicaciones Científicas Puerto Madero Editorial

Académica

La Plata, Buenos Aires, Argentina

Teléfono: +54 9 221 314 5902

+54 9 221 531 5142

Código Postal: AR1900

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego (peer review)

Corrección y diseño:

Puerto Madero Editorial Académica

Diseñador Gráfico: José Luis Santillán Lima

Diseño, Montaje y Producción Editorial:

Puerto Madero Editorial Académica

Diseñador Gráfico: Santillán Lima, José Luis

Director del equipo editorial: Santillán Lima, Juan Carlos

Editor:

Santillán Lima Juan Carlos

Caichug Rivera Daniela Margoth

Hecho en Argentina

Made in Argentina

AUTORES:

Luis Samuel Arias Alemán

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Carrera de Zootecnia,
Don Bosco y José Félix Pintado, (ECU. 140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

luis.arias@espoch.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-8262-8157>

Luis Alfonso Condo Plaza

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Carrera de Zootecnia,
Don Bosco y José Félix Pintado, (ECU. 140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

luis.condop@espoch.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-9625-9620>

Luis Abdón Rojas Oviedo

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Carrera de Zootecnia,
Don Bosco y José Félix Pintado, (ECU. 140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

Luis.rojaso@espoch.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-6424-1642>

Víctor Hugo Huebla Concha

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Carrera de Zootecnia,
Don Bosco y José Félix Pintado, (ECU. 140101), Macas, Morona Santiago, Ecuador.

victor.huebla@espoch.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-3597-5890>

ÍNDICE

CAPITULO 1:	1
GENERALIDADES A CONSIDERAR EN EL MANEJO DE PASTIZALES Y PRODUCCIÓN DE FORRAJES	1
Resumen.....	2
Abstract	2
Introducción	3
1.1. Terminología.....	5
1.1.1 Utilizadas en pastos.....	5
1.1.2 Utilizada en Pasturas	7
1.1.3 Terminología utilizada en suelos.....	7
1.1.4 Terminología utilizada en botánica	8
1.1.5 Terminología utilizada en riego y drenaje de pasturas	9
1.2. Conceptos generales e importantes en producción de pastos.	9
1.2.1. ¿Qué es un pasto?	9
1.2.2. ¿Qué es una Semilla sexual?	10
1.2.3. ¿Qué es una Semilla asexual?	11
1.2.4. ¿Qué es la germinación de la semilla?	12
1.2.5. ¿Qué es una brotación de la semilla?	13
1.2.6. ¿Qué es forraje?	13
1.2.7. ¿Qué es una gramínea forrajera?.....	14
1.2.8. ¿Qué es una leguminosa forrajera?	15
1.2.9. ¿Qué es el método de laboreo total?.....	16
1.2.10. ¿Qué es el método de la labranza mínima?	17
1.2.11. ¿Qué es el método de labranza cero?.....	19
1.2.12. ¿Que son mezclas forrajeras?	20
1.2.13. ¿Qué es la Madurez fisiológica?.....	21
1.2.14. ¿Qué es una proteína en el pasto?.....	21
1.2.15. ¿Qué es un carbohidrato?	22
1.2.16. ¿Qué es una celulosa?	23
1.2.17. ¿Qué es una hemicelulosa?.....	23
1.2.18. ¿Qué es la lignina?.....	24
1.2.19. ¿Qué es un mineral en un pasto?.....	25
1.2.20. ¿Qué es un ensilado?	25
1.2.21. ¿Qué es un henelado?	26
1.2.22. ¿Qué es un henificado?	27
Conclusiones	29
CAPÍTULO 2:	31
CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTOS EN LOS TRÓPICOS	31
Resumen.....	32
Abstract	32
Introducción	33
2.1. Factores que afectan la producción de pastos en climas cálidos.....	35
2.1.1. Factores bióticos	36
2.1.2. Factores abióticos	38

2.2. Limitaciones para la producción de pastos en los trópicos.....	44
2.2.1. Estrés hídrico.....	45
2.2.2. Inundaciones.....	46
2.2.3. Suelos ácidos.....	47
2.2.4. Suelos afectados por sales.....	49
2.3. El cambio climático y su impacto sobre la distribución de los pastos tropicales.....	50
2.4. Distribución de pastizales en las principales zonas agroecológicas del Ecuador.....	51
2.4.1. Pastizales de región litoral.....	51
2.4.2. Pastizales en la región de la Sierra.....	52
2.5. Producción de semillas de Gramíneas.....	52
2.5.1. Calidad de semilla.....	52
2.5.2. Prueba de germinación.....	52
2.6. Producción de leguminosas.....	54
2.6.1. Escarificación de las semillas.....	54
2.7. Inoculación de semillas.....	56
2.8. Producción de semillas de otras forrajeras.....	57
2.8.1. Métodos para la producción de semillas.....	57
2.8.2. Siembra.....	58
2.8.3. Cosecha.....	58
2.8.4. Selección y limpieza.....	58
2.8.5. Secado.....	58
2.8.6. Almacenamiento.....	58
2.9. Características agro-productivas de las principales gramíneas y leguminosas tropicales..	59
2.9.1. Gramíneas.....	59
2.9.2. Leguminosas anuales.....	74
2.9.3. Leguminosas arbustivas.....	80
2.9.4. Otros.....	84
Conclusiones.....	89
CAPÍTULO 3.....	91
ESTABLECIMIENTO DE PASTIZALES.....	91
Resumen.....	92
Abstract.....	92
Introducción.....	93
3.1 Caracterización de tipos de pasturas.....	95
3.2 Descripción de los biomas relevantes que existen sobre la tierra.....	96
3.3 Zonas agroecológicas de pastizales en el Ecuador.....	98
3.3.1 Pastizales en la región litoral.....	98
3.3.2 Pastizales de región Sierra.....	99
3.3.3 Pastizales de región Amazonia.....	100
3.4 Tipos de pasturas basadas en la Estación de uso.....	100
3.4.1 Pasturas estación seca.....	101
3.4.2 Pastos en zonas inundables.....	102
3.5 Tipos de Pastizales según la comunidad de plantas.....	103
3.5.1 Pasturas mixtas.....	105
3.6 Practica: Reconocimiento de los tipos de pastizales.....	105
3.6.1 Aspectos cuantitativos.....	105
3.6.1.1 Medidas cualitativas.....	106
3.6.2 Escala de condición del pastizal.....	107
3.7 Labores pre culturales.....	107
3.7.1 Análisis del suelo.....	108

3.7.2	Fertilización	109
3.7.3	Reproducción	110
3.7.3.1	Sexual	110
3.7.3.2	Calidad de semillas de pastos.....	110
3.7.3.3	Asexual	111
3.7.4	Siembra	111
3.8	Labores culturales	113
3.8.1	Resiembra.....	113
3.8.2	Limpieza.....	114
3.8.3	Cosecha	114
	Conclusiones	117
	CAPÍTULO 4	119
	MANEJO DE PASTIZALES EN ZONAS TROPICALES.....	119
	Resumen.....	120
	Abstract	120
	Introducción	121
4.1.	Sistemas alternativos de producción forrajera en clima cálido	123
4.2.	Alternativas de producción	123
4.2.1.	Bancos de proteína.....	123
4.2.2.	Bancos de energéticos.	125
4.2.3.	Silvopastoril.....	126
4.2.4.	Cercas vivas.	128
4.2.5.	Hidroponía.....	129
4.3.	Manejo de la fertilización de las pasturas.....	130
4.3.1.	Composición química del suelo.....	130
4.3.2.	Nivel de fertilidad de los suelos según el contenido N- P- K y MO.	131
4.3.3.	Métodos de aplicación del fertilizante.....	133
4.3.4.	Causas de la reducción de la efectividad de los fertilizantes.	135
4.3.5.	La Ley del Mínimo y la ley de los rendimientos.	136
4.3.6.	Fertilización a base de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre.	138
4.3.7.	La Cal y el pH. Su importancia y aplicación.	139
4.3.8.	Abonos orgánicos	141
4.3.9.	Cálculos de fertilización de un pastizal	142
4.4.	Manejo integral de plagas y enfermedades en pasturas	142
4.4.1.	Principales plagas en gramíneas y leguminosas forrajeras: Ciclo biológico y control	143
4.4.2.	Principales enfermedades fungosas, bacterianas y víricas en gramíneas y leguminosas forrajeras: Ciclo biológico y control.	145
	Conclusiones	156
	CAPÍTULO 5	157
	CARACTERIZACIÓN DE PASTIZALES	157
	Resumen.....	158
	Abstract	158
	Introducción	159
5.1.	Relaciones nutritivas de los pastos y forrajes de clima cálido	161
5.1.1.	Proteína (Leguminosas).....	162
5.1.2.	Vitaminas (Vitaminas, Caroteno, Clorofila)	163
5.1.3.	Minerales.....	164
5.1.4.	Carbohidratos (Gramíneas).....	165
5.2.	Métodos para la determinación ecológico de pasturas.....	167

5.2.1.	Modelos de ecosistemas de pastizales.	167
5.2.2.	Flujo de energía en los pastizales.	168
5.2.3.	Sitio de pastizales.	169
5.2.4.	Condición de la pastura.	170
5.2.5.	Tendencia de la pastura.	170
5.2.6.	Inventario de pastura.	171
5.3.	Métodos para determinar condición y tendencias de pastizales.	171
5.3.1.	Método del potencial del sitio.	172
5.3.2.	Método del Clímax cuantitativo.	173
5.3.3.	Método de tres etapas.	174
5.3.4.	Método de dos fases:	175
5.4.	Métodos para determinar la evaluación de los pastizales.	176
5.4.1.	Métodos de intersección lineal:	176
5.4.2.	Métodos de cuadrantes:	178
	Conclusiones.	180
	CAPÍTULO 6.	181
	EVALUACIÓN DE CALIDAD DE PASTOS DE CLIMA CÁLIDO.	181
	Resumen.	182
	Abstract.	182
	Introducción.	183
6.1.	Aforo.	185
6.1.1.1.	<i>Altura de los pastos</i>	186
6.1.1.2.	<i>Peso del pasto</i>	186
6.1.1.3.	<i>Grosor del tallo</i>	188
6.1.1.4.	<i>Largo de la hoja</i>	188
6.1.1.5.	<i>Ancho de la hoja</i>	189
6.1.1.6.	<i>Número de plantas por m²</i>	189
6.1.1.7.	<i>Cobertura basal</i>	189
6.1.1.8.	<i>Cobertura aérea</i>	190
6.1.1.9.	<i>Numero de macollos</i>	191
6.1.1.10.	<i>Profundidad de las raíces</i>	192
6.1.1.11.	<i>Porcentaje de floración</i>	192
6.1.1.12.	<i>Incidencia de plagas</i>	193
6.1.1.13.	<i>Incidencia de enfermedades</i>	193
6.1.1.14.	<i>Incidencia de malezas</i>	194
6.2.	Método para la determinación el valor nutritivo de los pastos.	196
6.3.	El muestreo de la calidad del forraje.	197
	Conclusiones.	204
	CAPÍTULO 7.	205
	UTILIZACIÓN DE PASTIZALES DE ZONAS TROPICALES.	205
	Resumen.	206
	Abstract.	206
	Introducción.	207
7.1.	Sistemas de utilización de la pastura.	208
7.1.1.	Sistemas de cercas.	209
7.1.1.1.	Cercas para la división de potreros:	209
7.1.1.2.	Cercas vivas: setos, macizos, chumberas.	211
7.1.1.3.	Cercas mixtas: árboles, alambre.	213
7.1.1.4.	Cercas eléctricas: Portátiles y móviles.	213
7.2.	Sistema de pastoreo.	214

7.2.1.	Pastoreo continuo.....	215
7.2.2.	Pastoreo rotativo y periódico.....	216
7.2.3.	Pastoreo rotativo diario.....	217
7.2.4.	Pastoreo diferido.....	218
7.3.	Sistemas de conservación y uso.....	218
7.3.1.	Henolaje.....	219
7.3.2.	Ensilado.....	220
7.3.3.	Henificación.....	221
7.3.4.	Hidroponía.....	222
7.3.5.	Bloques multinutricionales.....	223
7.4.	Sistemas agroforestales.....	225
7.5.	Sistemas silvopastoriles.....	226
	Conclusiones.....	227
	BIBLIOGRAFÍA.....	229
	DE LOS AUTORES.....	254
	ARIAS ALEMÁN LUIS SAMUEL.....	254
	CONDO PLAZA LUIS ALFONSO.....	255
	ROJAS OVIEDO LUIS ABDÓN.....	256
	HUEBLA CONCHA VÍCTOR HUGO.....	257

CAPITULO 1:

**GENERALIDADES A CONSIDERAR EN EL MANEJO
DE PASTIZALES Y PRODUCCIÓN DE FORRAJES**

RESUMEN

La clave para una producción pecuaria sostenible es el manejo de pastizales y la producción de forrajes, no solo para suministrar los nutrientes necesarios a los animales y garantizar una adecuada producción de leche o carne, sino para producir un mínimo impacto sobre el deterioro de los recursos naturales, particularmente al suelo y las áreas aledañas a cuencas hidrográficas. El manejo de los pastizales involucra una serie de actividades agronómicas como fertilización, riego y la conservación de forrajes, para lo cual los profesionales en el área de la agronomía, zootecnia y carreras afines deben manejar una terminología básica que les permita comprender los procesos que son llevados a cabo en el manejo de pastizales y la producción de forrajes, en este sentido en el Capítulo 1 se abordarán las generalidades para un adecuado manejo de pastizales, así como la producción y conservación de forrajes bien sean gramíneas o leguminosas, con el fin de promover sistemas pecuarios sostenibles.

- **Palabras claves:** ensilajes, forrajes, ganadería, henificación, pastizales.

ABSTRACT

The key to sustainable livestock production is pasture management and fodder production, not only to supply the necessary nutrients to the animals and guarantee adequate milk or meat production, but also to produce a minimum impact on the deterioration of natural resources. The management of pastures involves a series of agronomic activities such as fertilization, irrigation and forage conservation, for which professionals in the area of agronomy, zootechnics and related careers are required, in this sense, Chapter 1 will deal with the generalities for an adequate pasture management, as well as the production and conservation of forages, either grasses or legumes, with the purpose of promoting sustainable livestock systems.

Key words: silage, forages, livestock, haymaking, pastures.

INTRODUCCIÓN

El mundo demanda cada día más alimentos, entre ellos proteína de alta calidad, para ello es necesario mejorar los niveles de producción de carne bovina, ovina y caprina, lo que implica además de un adecuado manejo zootécnico para seleccionar las especies que mejor se adapten a las diferentes condiciones agroecológicas, requiere de la adopción de prácticas de manejo agronómico que aumenten la producción de forrajes y que suministren los nutrientes necesarios a los animales.

La producción de pastos debe ser concebida considerando los modelos de producción sostenibles, se estima que una gran parte de las emisiones de gases de efectos invernadero como el metano son producidas por la actividad pecuaria **(Tigmasa, 2022)**, así como la sustitución de bosques por pasturas ha contribuido al aumento de la emisión de CO₂ **(Soto-Pinto & Jiménez-Ferrer, 2018)**, sin embargo diversas investigaciones han reportado que un pastizal manejado adecuadamente, mejora la estructura del suelo, reduce la erosión y promueve el secuestro del carbono **(Pérez y otros, 2019)**.

Aunque en las regiones tropicales dentro de la cual se incluye el Ecuador posee condiciones de temperatura y precipitación óptimas para la producción de la mayoría de los pastos y mantener una producción pecuaria sostenible, reduciendo considerablemente el uso de insumos externos, los indicadores productivo no son los más favorables **(Alvarado y otros, 2018)**, lo que se pueden deber a un manejo inadecuado de los pastizales desde el punto de vista agronómico (fertilización y riego), así como la conservación y manejo de los forrajes, lo cual es fundamental dado los marcados periodos de sequía que se presentan, los cuales se ven incrementados por las amenazas que significa el calentamiento global, que ha conllevado a un proceso de cambio climático

reduciendo las precipitaciones y aumentando la duración de las mismas **(Palacios-Estrada y otros, 2018)**.

Debido a la importancia estratégica del manejo de pastizales, tanto desde el punto de vista de la producción agropecuaria, como para el mantenimiento y recuperación de ecosistemas, considerando el secuestro del carbono **(Ruiz y otros, 2020)** y la reducción de la erosión **(Ramírez-Iglesias y otros, 2020)** como eje transversales de este proceso, la mayoría de las mallas curriculares de los programas de ingeniería agronómica, contemplan el manejo de pastizales, lo cual involucra aspectos de reproducción, siembra, fertilización, riesgo y cosecha, que serán considerandos en este texto, el cual inicia con un capítulo introductorio para adentrar a los estudiantes en la terminología usada para el manejo de pastizales y para la producción de forrajes.

1.1. Terminología

1.1.1 Utilizadas en pastos

Calidad: grado en el que el forraje satisface los requerimientos nutricionales de los animales.

Conservación: reservar forraje para su empleo a futuro.

Cosecha: Defoliación del forraje por efecto de pastoreo o corte.

Cultivo forrajero: fuente de alimento de buena calidad para el ganado, el cual lo consume en pastoreo directo o suministrado. Pastos sembrados en una rotación.

Defoliación: remoción del tejido vegetal por los animales en pastoreo o maquinaria.

Digestibilidad: proporción de materia seca, orgánica o nutrientes absorbidos durante su paso por el tracto digestivo.

Fibra: Entidad nutricional que es relativamente resistente a la digestión, es lenta y solo parcialmente degradada por los herbívoros

Forraje: materia verde (vegetativa) o pasto seco conservado que se da como alimento al ganado.

Macollo: unidad estructural de la mayoría de gramíneas formadas a partir de las yemas axilares o secundarias.

Pacer: Consumo in situ de forraje por parte de los animales

Palatabilidad: característica del pasto que estimula su consumo selectivo por parte del animal en pastoreo. Cualidad que hace que alimento sea agradable al paladar.

Pastar: llevar o conducir al ganado al pasto

Pastizal: terreno conformado por pastos naturales el cual puede o no ser sometido a pastoreo por animales.

Pasto: cualquier recurso vegetal (gramíneas y leguminosas) que sirve de alimento al ganado.

Pastoreo: método de alimentación por parte del ganado el cual se alimenta o cosecha pasto directamente en campo. Llevar el ganado al campo y cuidar del mismo mientras paze.

Plantas Forrajeras: plantas herbáceas que se emplean en la nutrición y alimentación de ganado.

Potrero: área limitada y cercada conformada por especies forrajeras en las cuales pasta el ganado

Pradera: ecosistema conformado por animales, suelo, planta y factores externos como clima (macro y micro) y el hombre, destinado al manejo del pasto.

Pradera Nativa: ecosistema en el que predominan especies nativas.

Pradera Mejorada: ecosistema en el que predominan especies nativas, que ha sido objeto de algún tipo de intervención.

Pradera Naturalizada: ecosistema conformado por especies que sin ser autóctonas del nicho ecológico (introducidas) se adaptan bien a las condiciones de la misma.

Rastrojo: resto de cosecha (vegetal) que queda en el campo.

Tiempo de Pastoreo: Período de tiempo dedicado al pastoreo durante un lapso determinado.

1.1.2 *Utilizada en Pasturas*

Carga Animal: número de unidades animales por unidad de superficie.

Descanso: período de tiempo en el cual se interrumpe el pastoreo en un área específica.

Pastura: campo forrajero donde pastorea el ganado normalmente intervenidas por el hombre.

Sistema de Pastoreo: prácticas de manejo en los que el hombre administra los recursos disponibles y manipulan al ganado para controlar los períodos de pastoreo.

1.1.3 *Terminología utilizada en suelos*

Análisis de suelo: método para determinar la suficiencia o deficiencia de nutrientes presentes en el suelo, así como las condiciones adversas que pudieran tener efecto negativo en el cultivo, permitiendo determinar la fertilidad del suelo.

Densidad Aparente: relación entre masa de las partículas del suelo y el volumen total. Sirve de indicador del grado de compactación o reducción del espacio poroso.

Encalado (Enmiendas calcáreas): aplicación de sales básicas capaces de neutralizar la acidez

Estructura: arreglo de las fracciones primarias del suelo en agregados más grandes de tamaño y forma claramente definidas, que se ven afectadas por pérdida de materia orgánica y mal manejo.

Fertilidad: capacidad del suelo de proporcionar nutrientes de manera adecuada que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Materia Orgánica: fracción compuesta por material que tuvo vida, actualmente inerte (desechos de plantas y animales, células y tejidos de organismos del suelo, micro organismos).

Permeabilidad: velocidad con que se mueve el agua desde la superficie del suelo al interior del mismo.

pH: potencial hidrógeno o reacción del suelo, referente a la medida relativa de iones de hidrógeno e iones hidroxilos presentes en solución. Refleja el grado de acidez o alcalinidad del suelo.

Porosidad: porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos.

Profundidad: factor determinante en la respuesta de los cultivos, referido al volumen de tierra capaz de ser explorado fácilmente por las raíces. Limitación física más relevante para el desarrollo de las raíces.

Textura: propiedad física que indica la proporción de arcilla, limo y arena presente en el suelo, utilizada como criterio para establecer la permeabilidad, capacidad de retención de humedad, aireación, plasticidad, fertilidad, y capacidad de intercambio catiónico, entre otros. Término referido a la distribución de las partículas en la fracción mineral del suelo según el tamaño.

1.1.4 Terminología utilizada en botánica

Cultivar: grupo de plantas con características agronómicas particulares que la diferencian de otras de su especie. Término de uso internacional derivado de “variedad cultivada”, equivalente a la variedad botánica.

Plasticidad: capacidad de ajuste morfológico y fisiológico de las plantas para afrontar los efectos heterogéneos ambientales en condiciones naturales.

Propágulo: estructura de una planta que se puede desarrollar de forma separada formando un organismo idéntico del cual se originó.

Variedad: individuos o plantas fértiles que difieren de otros de la misma especie en caracteres botánicos visibles.

1.1.5 Terminología utilizada en riego y drenaje de pasturas

Riego por gravedad: aplicación de lámina de agua por un tiempo determinado permitiendo que el suelo se humedezca hasta la profundidad requerida. Suele conllevar pérdidas de agua y des uniformidad en el riego.

Riego por aspersión: inyección de agua a través de boquillas, de fácil adaptación a diversos tipos de suelos y condiciones topográficas. Se ve afectado por el viento.

Riego por goteo: método de riego a partir de orificios hechos en tuberías, permite ahorro de agua.

1.2. Conceptos generales e importantes en producción de pastos.

1.2.1. ¿Qué es un pasto?

Diversidad de plantas que crecen en los pastizales y que son consumidas de manera directa por los animales, haciendo referencia por tanto al material o alimento vegetal que crece y se desarrolla en el suelo de los campos y que se emplea en la alimentación de los animales (**Ferrer y otros, 2011**), siendo fundamental en las actividades ganaderas.

El pasto representa juntamente con los forrajes la principal fuente nutricional para la alimentación de ganado, siendo además la más económica, proporcionando proteínas, energía, minerales, vitaminas y fibra (**Estrada y otros, 2019**). Pueden clasificarse según su uso (pastoreo, corte o acarreo), su hábito de crecimiento (erecto, semi-erecto, rastrero), su ciclo vegetativo (perenne o anual)

1.2.2. ¿Qué es una Semilla sexual?

La semilla sexual es la estructura propagativa que forma parte del fruto y que da origen a una nueva planta siendo su función por tanto la de multiplicar y perpetuar la especie (**Londoño y otros, 2019**). Esta estructura es producto de la maduración del óvulo que contiene el embrión el cual bajo las condiciones idóneas puede desarrollarse y dar origen a una nueva planta (figura 1). De manera simple, el proceso de formación de la semilla implica la fecundación del óvulo el cual se transforma en semilla y el ovario en fruto. El desarrollo de la semilla atraviesa las fases de polinización y germinación de la misma, requiriendo la formación de gametos por meiosis.



Figura 1. Semilla sexual de pastos.

Fuente: <https://argeo.cl/semilla-de-pasto/>

Las semillas sexuales han favorecido y propiciado la independización de las plantas en cuanto al transporte de gametos para fines reproductivos. Además, las semillas sexuales sirven de mecanismo de protección para las estructuras reproductoras (**Carrodegua-Gonzalez, 2021**), en donde el proceso de polinización favorece la diversidad genética presentando alta tasa de multiplicación, siendo fáciles de transportar y almacenar (**Cortes y otros, 2019**).

1.2.3. ¿Qué es una Semilla asexual?

La semilla asexual se encuentra relacionada con la reproducción vegetativa, en donde se considera a la misma como una célula o parte de la planta, desarrollando un individuo completo e idéntico genéticamente a la planta que le dio origen (**Carrodegua-Gonzalez, 2021**), sin la intervención de gametos, comúnmente relacionada a las plantas no vasculares. Dentro de las semillas asexuales se tienen las raíces o tubérculos, esquejes, rizomas, bulbos y acodos (figura 2).



Figura 2. Semilla asexual de pastos (rizoma).

Fuente: <https://www.guiadejardineria.com/wp-content/uploads/2012/09/reproduccion-por-division-de-matas-o-rizomas-1.jpg>

El empleo de semillas asexuales en la reproducción vegetativa (mitosis) constituye un procedimiento rápido y sencillo de reproducción, que en determinadas especies representan la única posibilidad viable de propagación (**Rivera-Herrera y otros, 2021**). Se destaca el hecho de que las semillas asexuales derivan en descendencia sin variabilidad genética, con individuos con características iguales entre sí y con sus padres (clones), permitiendo fijar o establecer características de interés agronómico dentro de los cultivos (**Gómez y otros, 2020**).

1.2.4. ¿Qué es la germinación de la semilla?

La germinación de la semilla es el proceso en el cual se reanuda el crecimiento embrionario, hecho que se produce en el momento en que la semilla es transportada a un medio favorable, presentándose casos en los cuales las semillas requieren estar en un período de dormancia para iniciar el proceso de germinación. Por tanto, este proceso hace mención al proceso fisiológico a partir del cual se produce la emergencia y posterior desarrollo de las estructuras fundamentales que conforman la planta, todo ello a partir del embrión (figura 3).

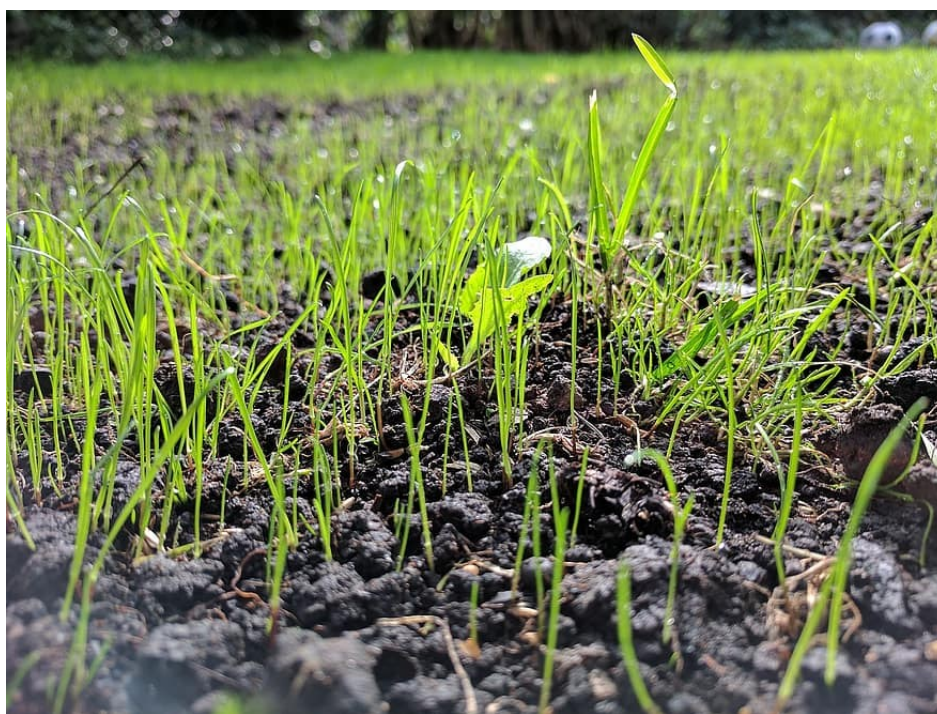


Figura 3. Germinación de semillas de pastos.

Fuente: <https://www.pikist.com/free-photo-vgids/es>

La germinación implica que se lleven a cabo una serie de etapas: imbibición o absorción de agua por parte de la semilla, aceleración del metabolismo donde se activan los procesos de respiración, síntesis de proteínas y se produce la movilización de reservas nutricionales, y el desarrollo del embrión ocasionando la emergencia de la radícula, donde factores externos como la temperatura, agua, luz y disponibilidad de oxígeno tienen incidencia en este proceso. (Abril-Saltos y otros, 2022)

1.2.5. ¿Qué es una brotación de la semilla?

La brotación (emergencia) de la semilla representa la señal inconfundible, visible y patente de que el proceso de germinación ha concluido, siendo palpable visualmente la emergencia de la radícula embrionaria (figura 4). Este proceso depende entre otros factores de las características tanto fisiológicas como bioquímicas de las semillas, de la forma en cómo reacciona a las diversas condiciones presentes en el entorno y de la eficiencia que tenga en el uso de las reservas durante el proceso de germinación (**Cruz Tejeda y otros, 2017**).



Figura 4. Emergencia de semillas.

Fuente: https://www.clarin.com/buena-vida/como-germinar-semillas-logra-tu-propia-huerta-n0t4l0n4t41l_0_V5HWcQaLQ.html

1.2.6. ¿Qué es forraje?

Material vegetal o parte comestible y no dañina de una planta que tiene valor nutritivo y que se encuentra disponible para el consumo de animales en pastoreo o bien pueden ser cosechadas para su uso como comida, cumpliendo funciones alimenticias para éstos (**Bueno, 2012**). Entre los requisitos que debe cumplir una planta, o parte de la misma, para ser considerada como forraje se tiene la aceptabilidad por parte del animal, la disponibilidad de la especie forrajera y el valor nutritivo de la misma (aporte de nutrientes).

El forraje puede ser consumido directamente por el ganado una vez cortado o segado, o bien puede ser conservada para su posterior consumo mediante procesos de henificación o ensilado.

1.2.7. ¿Qué es una gramínea forrajera?

Conocidas comúnmente como pastos, las gramíneas o poaceas conforman una familia compuesta por plantas herbáceas que representan alrededor del 60-70% de la dieta de los rumiantes por su alto contenido de fibra lo que favorece el funcionamiento del rumen (**Velázquez y otros, 2015**). Presentan altos contenidos de carbohidratos por lo que son ricas en energía, pobres en proteína con promedio del 7%, y de fácil adaptación a diversos tipos de clima y suelo.

Las gramíneas forrajeras (figura 5) se caracterizan por su capacidad de producción de biomasa de buena calidad fundamentada en la disponibilidad de agua y radiación solar lo que propicia la fotosíntesis, aportando mayor volumen de forraje para el consumo animal sin provocar meteorismo. Su potencial productivo se ve influenciado por la disponibilidad de nitrógeno, de ahí que suelen asociarse con leguminosas. Factores como la edad de la planta y época del año tienen incidencia en la calidad nutricional, la cual se ve drásticamente disminuida en la fase reproductiva por efecto de la floración.



Figura 5. Gramínea forrajera.

Fuente. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/gramineas-forrajeras-manual-especies-t46467.htm>

1.2.8. ¿Qué es una leguminosa forrajera?

Las leguminosas forrajeras (figura 6) son plantas o especies de plantas pertenecientes a la familia de las fabáceas, de distribución cosmopolita empleadas para el aumento del contenido proteico y mineral de la dieta animal y humana (**Martínez & Leyva Galán, 2014**). Las leguminosas forrajeras se caracterizan por tener el fruto en forma de vaina y presentan la capacidad de establecer una relación simbiótica con bacterias, del género *Rhizobium* (**García-Blaquez & Soto, 2019**), fijadoras de nitrógeno atmosférico a partir de los nódulos que se desarrollan en sus raíces, con los beneficios que ello implica en la fertilidad de los suelos.



Figura 6. Leguminosa forrajera

Fuente: <https://agroactivocol.com/wp-content/uploads/2020/10/Alfalfa-8210.jpg>

Estas plantas se caracterizan adicionalmente por ser un alimento de excelente calidad por sus altos contenidos proteicos los cuales oscilan entre el 14-30% en hojas siendo superior al 30% en semillas, presentan alta digestibilidad por su bajo contenido de fibras, alto contenido de minerales (Ca y P), por lo que se les considera una fuente suplementaria altamente energética y proteica (Ordoñez-Flores y otros, 2019).

No obstante, a estas características favorables, las leguminosas son más proclives a los impactos causados por plagas y enfermedades (Rincón Á. y otros, 2020), y su capacidad para el aprovechamiento de luz y nutrientes presentes en el suelo es menor a la que presentan las gramíneas, y en determinados casos pueden provocar meteorismo en los animales.

1.2.9. *¿Qué es el método de laboreo total?*

Es un método de labranza que incluye labores de labranza primaria empleando arados y labranza secundaria utilizando rastras (Noguera y otros, 2018), presentándose casos en los que incluso se realizan labores de pre-labranza utilizando implementos como subsoladores. El proceso de preparación del suelo, altamente mecanizado, hacen que éste quede totalmente desnudo sin aparente presencia de residuos en su superficie.

Esta práctica ha sido definida como un sistema que, mediante el empleo de maquinaria e implementos, con la inclusión de varios pases de las mismas por el terreno, en el cual no se dejan residuos de cosechas anteriores, o muy pocos, a fin de que la siembra posterior se haga en un terreno que no presenta obstáculos a nivel de material vegetal.

Las evidencias demuestran que esta práctica reduce y degrada la materia orgánica del suelo, tiene efectos negativos en la estructura del suelo particularmente en su capa superficial afectando el espacio poroso, acelera la

mineralización, tiene efectos negativos en la conductividad hidráulica, la aireación del suelo y su capacidad de infiltración (**Sarmiento-Sarmiento y otros, 2022**). Además, contribuye de manera notable con la emisión del carbono presente en el suelo, que al oxidarse y formar bióxido de carbono que como gas invernadero tiene efecto en el calentamiento global (**Aguirre y otros, 2022**).

Esta práctica presenta beneficios a nivel fitosanitario y de control de plagas a raíz de la eliminación de restos de cosecha y de malezas, y no requiere de grandes inversiones en maquinarias de alto costo como las requeridas en la labranza cero.

1.2.10. ¿Qué es el método de la labranza mínima?

Método o práctica en la cual la labranza del suelo se reduce o limita al mínimo posible para efectuar el establecimiento del cultivo (**Olivet y otros, 2019**), realizar el control de malezas o proceder a la fertilización. Esta práctica suele vincularse a medio camino entre la labranza total o convencional y la labranza cero, haciendo hincapié en la cantidad de residuos que han de permanecer en el suelo (figura 7).



Figura 7. Comparación de sistemas de labranza

Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/glosario/sistema-de-minima-labranza/>

Al igual que la labranza cero, esta práctica es eficiente en el secuestro de carbono (**Fonseca-Vargas y otros, 2019**), recuperación de materia orgánica del suelo, mejora de la estructura incrementando la fertilidad del suelo contribuyendo en la conservación de humedad (**Alonso Báez, 2011**), siendo considerada conjuntamente con la labranza cero como prácticas conservacionistas que en el caso de los trópicos resultan importantes en la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

1.2.11. ¿Qué es el método de labranza cero?

La labranza cero es entendida como el método en el cual la siembra se efectúa de forma directa en suelos que no han sido removidos ni labrados para formar la cama de semillas, ni han sido eliminados los rastrojos que lo recubren, tan solo eliminando las malezas (**Arias y otros, 2020**). En ciertas regiones del mundo suele utilizarse indistintamente con el termino de siembra directa (figura 8).



Figura 8. Ejemplo de sistema bajo siembra directa

Fuente: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/siembra-directa/>.

Este método se caracteriza primordialmente por el hecho de que la superficie del suelo se mantiene cubierta con los residuos del último cultivo por el mayor tiempo posible, no siendo tan relevante la cantidad de residuos que reposan en el suelo como el hecho de que el suelo no sea perturbado.

La labranza cero fortalece y favorece la calidad del suelo y es factor que contribuye a la sostenibilidad de la agricultura en el largo plazo (**García y otros, 2018**). Adicionalmente presenta beneficios asociados al ahorro de combustible, tiempo y mano de obra, incrementa el contenido de materia orgánica y nitrógeno del suelo, preservando la estructura del mismo (**Domínguez-Vento y otros, 2019**), proporcionando una mejor aireación, infiltración, siendo favorable en la

prevención de la erosión y en la conservación de la humedad del suelo, entre otras (**Arias y otros, 2020**).

En contraparte, este método presenta como posibles desventajas resaltantes la necesidad de maquinarias idóneas, desnivelación de campos de cultivo, dificultades en la incorporación de fertilizantes y pesticidas, susceptibilidad a plagas y enfermedades (**Díaz y otros, 2018**), posibles cambios en especies de malezas presentes y riesgo de reducción de rendimientos.

1.2.12. ¿Que son mezclas forrajeras?

Las mezclas forrajeras son poblaciones artificiales de plantas de varias especies con diversas características a nivel morfológico y fisiológico, en las que se asocian gramíneas y leguminosas con el propósito, bien sea de mejorar o estabilizar el rendimiento de las diversas especies que conforman la mezcla (**Portillo-López y otros, 2021**), favoreciendo de esa manera las actividades agrícolas y ganaderas a partir de la mejora producida en la calidad del forraje producto de la interacción de las especies forrajeras.

El establecimiento de mezclas forrajeras conlleva el considerar ciertos criterios o factores como el suelo (adaptación edáfica), climatología, zona geográfica, fin productivo de la asociación, elección adecuada de las especies, necesidades nutricionales, etc., todo ello con el objeto de minimizar las interferencias.

Las mezclas forrajeras gramíneas-leguminosas presenta una serie de ventajas tales como la producción dilatada y sostenida a través del tiempo con disponibilidad de forraje más uniforme, en donde las especies compensan su desarrollo y crecimiento a partir de una mejor y mayor explotación del ambiente; fungen como controladores de malezas al reducir la posibilidad de

enmalezamiento; y presentan un mejor balance en el valor nutritivo favoreciendo un mayor consumo animal.

1.2.13. ¿Qué es la Madurez fisiológica?

Utilizar los pastos y los forrajes en su momento adecuado es una de las tareas que deben cumplir con rigor los ganaderos actuales para obtener buenas producciones, tanto en los animales, como en sus áreas explotadas. Ese conocimiento, como todos los demás que se puedan considerar acerca de los forrajes, contribuirá a un uso más eficiente de este importante recurso de los sistemas de producción animal. Este momento se conoce como madurez fisiológica, cuando el forraje se hace más maduro se incrementan los contenidos de los nutrientes menos digeribles, que son aquellos constituyentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina), lo cual reduce el valor nutricional del mismo.

1.2.14. ¿Qué es una proteína en el pasto?

La proteína representa un parámetro esencial para determinar la calidad del pasto en función de la capacidad que tiene éste de aportar este compuesto. La proteína es un nutriente fundamental de los pastos conformado por cadenas sucesivas de aminoácidos, conformado en promedio por un 16% de nitrógeno (**Hernández y otros, 2021**), por lo que determinando el contenido de este último se puede estimar el contenido proteico del pasto.

Las gramíneas presentan menos proteínas que las leguminosas (**Villamar y otros, 2022**), en tanto que las hojas tienen mayor cantidad de proteínas que los tallos. Similar a lo que ocurre con los aminoácidos, el contenido proteico se ve reducido en la medida que la planta envejece, siendo menor esta reducción en leguminosas que en gramíneas.

1.2.15. ¿Qué es un carbohidrato?

Los carbohidratos (hidratos de carbono) son moléculas en cuya composición están principalmente carbono, hidrógeno y oxígeno, presentes en las plantas y que sirven como fuente y almacén de energía (**Hernández y otros, 2021**), la cual es liberada una vez que se produce la oxidación de la molécula. Son productos de la fotosíntesis, mediante la cual se sintetiza glucosa, la cual es energía química que se genera a partir de CO₂, agua y la energía proveniente del sol, siendo componentes básicos presentes en azúcares, fibras y almidones, constituyendo el 75% del peso seco de las plantas.

Si bien tienen funciones vitales en todos los seres vivos, en el caso de las plantas forman parte estructural en las paredes celulares, siendo almacén de energía en forma de polisacáridos (**Tapia & Ruiz, 2019**). La ribosa y desoxirribosa forman parte de la estructura del ARN y ADN, siendo por tanto relevantes a nivel de transmisión de información genética, y fungen como intermediarios metabólicos.

Se clasifican de manera general en monosacáridos (azúcares simples), oligosacáridos (grupo reducido de monosacáridos) y polisacáridos (grupo conformado por grandes cantidades de monosacáridos). A nivel nutricional de las plantas se tienen los carbohidratos disponibles, carbohidratos no estructurales (fibrosos), carbohidratos no estructurales (no fibrosos) carbohidratos solubles.

El contenido de carbohidratos se incrementa con la madurez de los pastos, derivando en la digestión incompleta de la celulosa y hemicelulosa, lo que representa la principal limitante para la digestibilidad de estos.

1.2.16. ¿Qué es una celulosa?

La celulosa representa el mayor componente de los materiales lignocelulósicos, siendo el compuesto natural más relevante por su abundancia y sus posibilidades de aprovechamiento (Montes & González, 2018), siendo a su vez la base fundamental de las células vegetales. Es un homopolímero lineal constituido por unidades de glucosa que se encuentran unidas entre sí por enlaces 1-4, conformando cadenas (lineales) altamente estables y que presentan dentro de sus propiedades físico-químicas un alto grado de polimerización, cristalinidad y porosidad (figura 9).

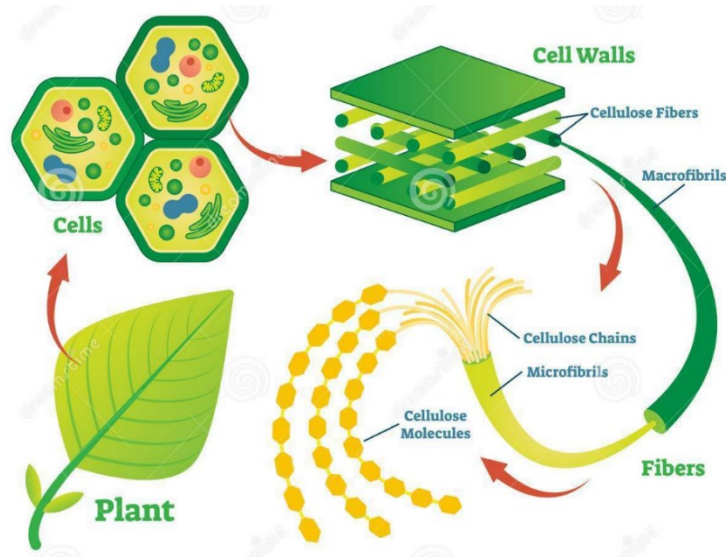


Figura 9. Molécula de celulosa

Fuente: <https://es.dreamstime.com/illustration/celulosa.html>

La celulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas, encontrándose en forma combinada con otros compuestos como la lignina, y hemicelulosa.

1.2.17. ¿Qué es una hemicelulosa?

La hemicelulosa es un conjunto heterogéneo de polisacáridos conformados a su vez por un solo tipo de monosacáridos en los que destacan la glucosa, galactosa o fructosa, siendo por tanto heteropolisacáridos formados por diversas cadenas corta y ramificadas de azúcares (Grilli y otros, 2015).

Este compuesto forma parte de las paredes celulares de las plantas envolviendo la superficie de las fibras de celulosa, representando entre un cuarto a un tercio de la masa vegetal sin formar parte de estructuras superiores (**Trejo-Márquez y otros, 2017**). La hemicelulosa es una molécula ramificada a manera de red (lo que la diferencia de la celulosa) que mediante enlaces puede unirse a otras moléculas que forman parte de la pared celular de las plantas que protege a la célula. La función primordial de la hemicelulosa es por tanto servir de interfase entre la celulosa y la lignina.

1.2.18. ¿Qué es la lignina?

La lignina constituye uno de los biopolímeros de mayor abundancia en las plantas, incluidos los pastos, que juntamente con la celulosa y hemicelulosa forman parte de la pared celular de éstas (**Chávez-Sifontes & Domine, 2013**), y cuya disposición a nivel estructural derivan en complejas redes de hidratos de carbono-lignina

Este elemento es un polímero natural que presenta una estructura compleja que se ve modificada en función de la fuente de biomasa y los diferentes procesos de extracción o aislamiento que se emplean (**Trejo-Márquez y otros, 2017**), lo que ha conllevado a que su aislamiento, análisis y caracterización no sea tan clara como la de otros polímeros naturales como la celulosa o proteínas.

La lignina está formada por unidades orgánica aromáticas, que le permite actuar a manera de “pegamento”, por su rigidez, con la celulosa y hemicelulosa

proporcionando a las plantas su integridad estructural y reforzar la pared celular (figura 10).

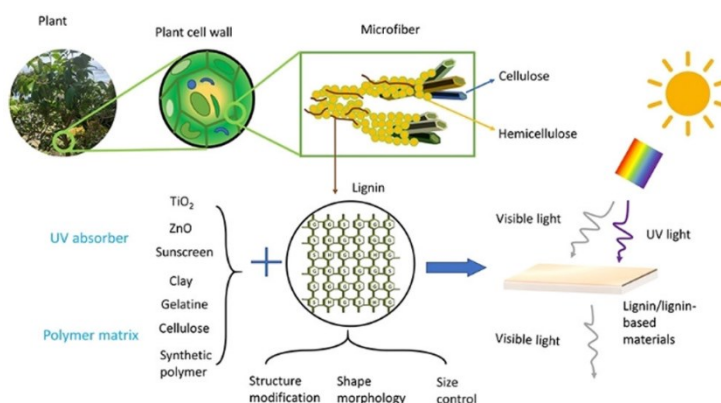


Figura 10. Molécula de lignina.

Fuente: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.0c06998>

1.2.19. ¿Qué es un mineral en un pasto?

Los minerales son compuestos inorgánicos que se encuentran en el pasto y que son requeridos para llevar a cabo los procesos metabólicos en los animales (Rosero & Posada, 2016). Dentro de los minerales requeridos por los pastos se destacan por su esencialidad el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, cobre, zinc, hierro, boro, manganeso, así como el carbono y los componentes del agua. Otros elementos minerales como el sodio, selenio, cobalto y silicio han sido determinados como esenciales para un conjunto de pastos.

Cuyo contenido es variable por ser este dependiente, entre otros factores, a la variedad de pasto cultivado, características edafoclimáticas de la zona de cultivo (tipo de suelo y propiedades del mismo, precipitaciones, radiación solar, etc.) e incluso de las prácticas de manejo implementadas.

1.2.20. ¿Qué es un ensilado?

Proceso químico-biológico que permite la conservación de pastos y forrajes con porcentajes de humedad entre 65-70% y 30-35% de materia seca, a partir de la acumulación y acondicionamiento de las plantas cortadas y picadas

a fin de facilitar la fermentación logrando un grado de acidez que impida el desarrollo de vida microbiana (**Espinoza y otros, 2017**), resultando en un producto final denominado silaje, de consistencia húmeda y vida prolongada (figura 11).



Figura 11. Ensilaje de pasto

Fuente: <https://inta.gob.ar/noticias/concurso-provincial-de-calidad-de-silaje>

El principio de conservación basado en la fermentación de azúcares a ácidos orgánicos se realiza por la presencia de bacterias, contemplando tres fases: aeróbica o de respiración, anaeróbica o de fermentación y la fase de estabilización.

Las etapas o fases que comprende el proceso de ensilado se resumen en la elección de la especie vegetal con características como alto valor nutritivo, alta digestibilidad y bajo poder tampón (**Valencia, 2016**), momento óptimo de corte donde se presente la máxima cantidad de materia seca digestible por hectárea, picado del material vegetal, llenado considerando temperatura y pH, compactación con idónea eliminación del aire y sellado del silo a fin de excluir el aire y evitar efectos de la precipitación.

1.2.21. ¿Qué es un henelado?

Método de conservación de pastos y forrajes considerado como un proceso intermedio entre los de ensilado y henificado en el cual la humedad del material

vegetal a ser conservado oscila entre el 40-50%, siendo embolsado para que se lleve a cabo un proceso de fermentación de forma más restringido y controlado (Müller C. E., 2018).

El producto final del proceso de henolado presenta consistencia semihúmeda el cual puede conservarse por tiempo amplio tiempo. Las etapas de este proceso implican la elección de la especie vegetal, momento adecuado de corte, enrollado en paquetes (rollos) de 500-700 kg de peso, empaquetado (silopac o siloline) y almacenado y estabilización de la fermentación realizada en lugares secos y bien protegidos.

Este método hace factible la conservación de forrajes en períodos en los que el clima (secado al aire libre) no favorecen o imposibilitan la henificación (Müller & Johansen, 2020), con el añadido de dar un uso más eficiente de la maquinaria y durante mayores períodos de tiempo.

1.2.22. ¿Qué es un henificado?

Proceso físico mediante el cual se reduce el contenido de humedad del forraje verde y pencedero a porcentajes inferiores al 20%, impidiendo la respiración de las plantas y la acción perjudicial de microorganismos (FAO, 2011), permitiendo la conservación y almacenamiento de forma segura del producto final denominado heno (figura 12), limitándose de esta manera la pérdida de materia seca y nutrientes.



Figura 12. Henificación de pasto

Fuente: <https://www.fao.org/3/x7660s/x7660s06.htm>

El proceso incluye: la elección del cultivo, por lo general pastos con alta relación hoja-tallo para facilitar el proceso de deshidratación; corte del material, manual o por medio de segadoras, considerando el momento óptimo de corte en función de la especie; secado del material, realizado de forma natural al sol estimándose suficiente 6-8 horas bajo las condiciones de trópico (Callejo & Diaz, 2004), o de forma artificial mediante el uso de deshidratadoras para la elaboración de pellets o harina molida; enfardado, enrollado o empacado; y el almacenado bajo condiciones ideales.

CONCLUSIONES

La producción agropecuaria depende, además del manejo genético de los animales, y de los cuidados sanitarios, de un manejo óptimo de los pastizales de tal manera de poder suplir los requerimientos nutricionales que garanticen una adecuada producción de leche o carne en el caso descrito bajo condiciones tropicales.

Para un adecuado manejo de pastizales, además de los conocimientos agronómicos en labores culturales a cualquier cultivo, se requiere de algunos conocimientos básicos, en el manejo de términos y prácticas en la producción forrajera que son necesarios para la adquisición de competencias y destrezas en este ámbito.

Uno de los elementos claves en la producción forrajera es garantizar una semilla de calidad para la reducción de las pérdidas, igualmente que el enfoque en las prácticas de manejo sea concebido desde la sostenibilidad, de forma que el manejo de pastizales no contribuya al deterioro del suelo acrecentando problemas como la compactación, erosión y aumento de emisiones de carbono.

Dadas condiciones extremas, el manejo de pastizales se limita su uso para pastoreo porque dentro de las competencias previstas en la malla curricular se presta atención a la conservación de los pastos, en especial en países tropicales donde existen condiciones extremas de lluvia o sequía, que obligan a un adecuado almacenamiento de los recursos forrajeros, cuyos términos generales fueron desarrollados en este capítulo.

MANEJO DE PASTIZALES Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán, L. S., Condo Plaza, L. A., Rojas Oviedo, L. A., Huebla Concha, V. H.

ISBN: 978-987-82816-4-3

CAPÍTULO 2:

CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTOS EN LOS TRÓPICOS

RESUMEN

El éxito de la producción de pastos en términos de cantidad y calidad depende tanto del manejo agronómico que se les dé a los pastos como de las condiciones agroecológicas que permitan la adaptación del mismo, especialmente las referidas a las condiciones edafológicas y climáticas. Si bien las condiciones agroecológicas de las zona tropicales son óptimas para el desarrollo de la mayoría de los pastos existe una alta variabilidad natural producida por gradientes de altitud, como de las condiciones de suelo, textura y el pH, lo cual pueden limitar o potenciar la producción del mismo, de ahí la necesidad de seleccionar la especie que mejor se adapte a esas condiciones, adicionalmente la variabilidad intrínseca de los ecosistemas, el factor antrópico, entre ellos la degradación de suelos y el cambio climático han conducido a una variación de las condiciones agroecológicas, por lo que se debe revisar la adaptabilidad de la mayoría de los pastos en especial en condiciones extremas, como suelos inundados o con sequías extremas.

Palabras claves: adaptabilidad, climas, rendimiento, suelos, variabilidad.

ABSTRACT

The success of pasture production in terms of quantity and quality depends both on the agronomic management of the pastures and the agroecological conditions that allow their adaptation, especially those related to soil and climatic conditions. Although the agroecological conditions of tropical zones are optimal for the development of most pastures, there is a high natural variability produced by altitude gradients, such as soil conditions, texture and pH, which can limit or enhance their production, hence the need to select the species best adapted to these conditions, In addition, the intrinsic variability of ecosystems, the anthropic factor, including soil degradation and climate change have led to a variation in agroecological conditions, so the adaptability of most pastures should be reviewed, especially in extreme conditions such as flooded soils or extreme droughts.

Key words: adaptability, climates, yield, soils, variability.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones agroecológicas se refieren a los requisitos que debe ofrecer la unidad de tierra que satisfaga los requerimientos de los pastos, para que el potencial genético del mismo sea expresado al máximo. El trópico a diferencia de las zonas templadas presenta una alta variabilidad de suelo y clima (**Gardi y otros, 2014**), existiendo zonas como es el caso particular del Ecuador donde predominan suelos salinos, en otras suelos ácidos (**Espinosa y otros, 2022**), así como en referencia al clima, zonas de temperaturas elevadas como en la Amazonía y en zonas de climas templado como en la región de la sierra, así mismo existen áreas con riesgos de inundación, que requieren la siembra de especies tolerantes y regiones con marcado estrés hídrico que requieren especies que soporten estas condiciones.

Para poder garantizar una producción pecuaria sostenible el primer paso, previo al diseño del manejo agronómico y el mejoramiento genético tanto de las especies de pastos como de animales, es la selección de las zonas que mejor se adecuen al propósito de sistema de producción que se deba instalar, en término de las condiciones edafológicas y climáticas que predominan en las mismas, considerando así mismo que dentro de una misma zona puede existir una variabilidad espacial elevada que obliga a la combinación de más de una especie vegetal.

La zonificación agroecológica es una acción que se ha venido realizando de manera sistemática en la mayoría de los países, muchas veces siguiendo directrices de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, o por sus siglas en inglés, FAO (**1997**) y usando elementos de zonificación basados en las condiciones de suelo como la utilizada en Estados Unidos, y propuesta por su Departamento de Agricultura, conocido como USDA,

aunque es necesario hacer una revisión de la zonificación de la mayoría de los pastos, debido a las variaciones producidas por la acción antrópica.

Para una adecuada zonificación agroecológica los futuros profesionales deben poseer una serie de herramientas que les permita la identificación de las unidades de suelo y sus potencialidades, así como la caracterización climática, de tal manera que partir de una adecuada descripción del agroecosistema el mismo esté en la capacidad de seleccionar las mejores especies que faciliten una producción forrajera sostenible, lo cual constituye el objetivo fundamental del Capítulo 2, el cual es referido a la identificación de las condiciones agroecológicas idóneas para el establecimiento de la mayoría de los pastos que se producen en el Ecuador.

2.1. Factores que afectan la producción de pastos en climas cálidos

Diversos autores (**León y otros, 2018**) han señalado los factores que tienen influencia en la producción de pastos, agrupándolos básicamente en bióticos y abióticos que en su conjunto conforman el ecosistema del pastizal (figura 13). Los primeros hacen referencia a los seres vivos tales como los microorganismos y el ser humano a través del manejo realizado y decisiones adoptadas, los cuales pueden ser controlados de manera racional para incrementar la eficiencia en la producción.

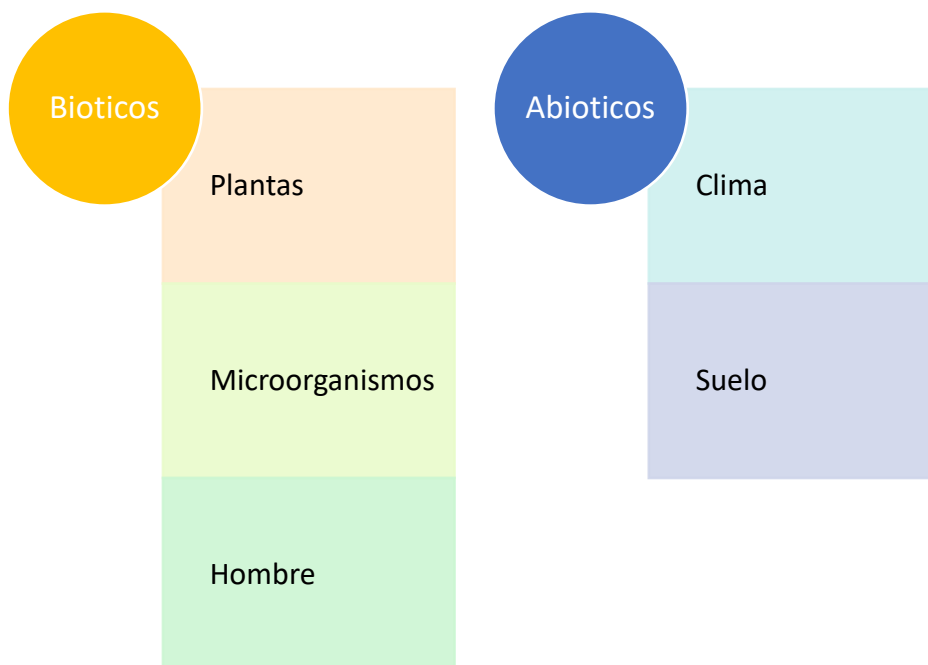


Figura 13. Factores que influyen la producción de pastos

Los factores abióticos contemplan aquellos sobre los cuales el ser humano tiene poco control, y están relacionados con componentes climáticos como temperatura, humedad, luz o radiación solar y el suelo. Los componentes climáticos son los de mayor impacto en la vida y desarrollo vegetal, y los procesos que ocurren sobre el suelo y dentro de él, teniendo efecto directo en la producción de pastos en las zonas de clima cálido.

2.1.1. Factores bióticos

- **Microorganismos**

Los microorganismos son organismos microscópicos que proveen distintos servicios ecosistémicos, entre los que destacan la descomposición y mineralización de materia orgánica (**Vega y otros, 2015**), regulación de ciclos biogeoquímicos, recuperación de suelos degradados y contribuyen a la nutrición de plantas. Se agrupan en dos categorías, los procariotos (bacterias y archaeas) y los eucariotos (hongos, algas y protozoarios). Por su contribución en los procesos ecosistémicos, y específicamente por ser factores que inciden en la producción de pastos han sido identificados microorganismos benéficos y perjudiciales.

Los microorganismos benéficos incluyen bacterias y hongos capaces de transformar la materia orgánica presente en el suelo, mineralizándola y produciendo humus (**Pedraza y otros, 2010**). Las bacterias fijadoras de nitrógeno son comunes en la mayor parte de especies leguminosas, las cuales sacan provecho de las sustancias azucaradas secretadas por las raíces producidas de manera abundante por fotosíntesis formando sustancias ricas en proteínas que son utilizadas por la planta, presentándose una relación simbiótica. Considerando la velocidad de crecimiento, y la acidez o alcalinidad que producen en el medio de cultivo, se tienen los *Rhizobium*, de veloz crecimiento y que producen acidez, y los *Bradyrhizobium*, de lento crecimiento y que producen alcalinidad (**Cuadrado y otros, 2009**).

Las asociaciones a nivel simbiótico entre hongos benéficos y las raíces de los pastos (micorrizas) permiten a la planta fijar nitrógeno, obtener nutrientes del suelo incluso los poco móviles (**Pérez y otros, 2016**)), reducir ataques de patógenos del suelo, proporcionan tolerancia a sequía y favorecen el desarrollo

radical. Adicionalmente, esta simbiosis tiene impacto positivo en la estructura del suelo. En esta relación el hongo se beneficia de los carbohidratos que la planta le proporciona.

Los estudios desarrollados han permitido llevar a cabo la inoculación de hongos en beneficio de la producción de pastos y forrajes, tales como *Trichoderma harzianum* que favorecen el crecimiento radicular y sirven de mecanismo protector contra hongos fitopatógenos (*Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*), *Pseudomonas fluorescens* que actúan como inhibidores de patógenos y solubilizadores de fósforo, hongos endófitos los cuales brindan protección a gramíneas forrajeras (**Kumar y otros, 2019**).

En contraparte, existen microorganismos perjudiciales para la producción de los pastos por ser causantes de enfermedades, tanto en pre como en post emergencia entre los cuales se destacan *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*, causando pudrición de semillas y tallos de plantas en sus primeras etapas de desarrollo.

- **El ser humano**

El hombre es un factor relevante en la producción de pastos tropicales, al ser el responsable de ejecutar las actividades de manejo del cultivo de pastos con el propósito de obtener una mayor rentabilidad productiva de pastos de alta calidad, lo que involucra sistemas de pastoreo, elección de especies, forma de empleo del forraje, etc.

Lo anterior implica factores culturales vinculados con el nivel de capacitación a nivel técnico del personal involucrado en producción y la tecnología aplicada en el manejo del pastizal, a fin de obtener una alta productividad al menor costo.

2.1.2. Factores abióticos

- **Suelo**

El suelo es el factor abiótico que proporciona sostén y soporte a las plantas, sirviendo a su vez de fuente de provisión de agua y nutrientes a éstas, y de resguardo a los microorganismos que hacen vida en el mismo (**Damm y otros, 2018**). La disponibilidad de nutrientes y la capacidad de crecimiento y desarrollo de los pastos está determinada en gran medida por el adecuado balance de la materia sólida, agua y aire que conforman el suelo, y cuya distribución y proporción establece las diferentes propiedades físicas que muestra dicho suelo, con incidencia en la capacidad para retener y conducir tanto el agua como el aire, su resistencia a la compactación y facilitar el desarrollo radicular.

Las propiedades físicas más importantes en un suelo son:

Textura: determinada por la cantidad relativa de las partículas de diferentes tamaños del suelo (figura 14). Si bien los suelos francos son considerados los mejores a nivel agrícola, algunos pastos y diversas variedades se adaptan mejor a determinados tipos de suelos, en tanto que a otros les resulta indiferente. En términos generales los suelos arcillosos y de textura fina poseen una capacidad de retención de agua y de nutrientes más elevada, que aquellos de textura arenosa o gruesa. Los suelos fértiles y con alta capacidad de retención de agua suelen presentar a su vez un elevado contenido de materia orgánica (**Olorunfemi y otros, 2018**).



Estructura: hace referencia a la manera en que se disponen las distintas partículas del suelo, y que es considerada la más importante por su efecto en el desarrollo radicular de las plantas y su capacidad de enraizamiento. Esta propiedad es influida por el efecto que tienen los componentes climáticos, el uso del suelo y el manejo del mismo, y puede ser mejorada mediante enmiendas o incrementando el contenido de materia orgánica.

En relación con las propiedades químicas, las más resaltantes son (**Batis y otros, 2020**):

Fertilidad: factor de relevancia en la productividad de pastos siendo considerado el segundo en importancia después del clima y que afecta la persistencia de especies y la calidad de los pastos. A nivel de pastos, algunos son exigentes en cuanto a la fertilidad del suelo, mientras otros son altamente adaptables a suelos pobres. Este factor puede ser modificado a partir del uso y manejo del suelo.

pH: representa el potencial de hidrógenos, por lo tanto, es indicador de la acidez o alcalinidad del suelo (figura 15). Según la variedad, el pasto presenta

adaptabilidad a condiciones de pH ideales que favorecen su crecimiento, desarrollo y productividad.

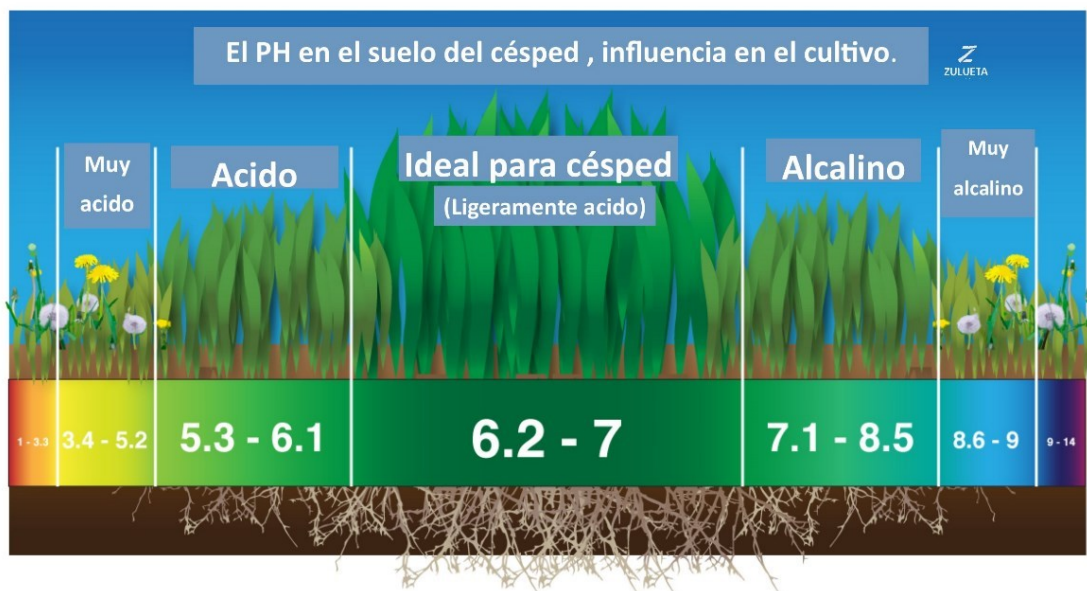


Figura 15. pH del suelo

Fuente: <https://comohow.net/bajar-el-ph-del-suelo/>

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): es la medición de la cantidad de cargas negativas existentes sobre las superficies de los diferentes minerales y de la fracción orgánica del suelo (arcillas, materia orgánica o las sustancias húmicas) y esta muestra el total de cationes que las superficies de estas partículas pueden mantener retenidos, entre los que se tienen Ca, Mg, Na, K, NH_4 . Esta propiedad está influenciada por la naturaleza y características de la arcilla, contenido de material orgánico y pH del suelo. Suelos fértiles, de tipos arcillosos y con contenidos de materia orgánica elevados poseen igualmente una alta CIC, lo que implica buena retención de agua y no son proclives a pérdidas por lixiviación, hecho que no ocurre con suelos arenosos, cuya CIC es baja.

- **Agua**

El agua representa un factor condicionante en la productividad de pastos, dado que es parte integral del organismo, desde las células, los tejidos y diversos órganos que conforman la planta, siendo además el medio para el transporte de los nutrientes disponibles en el suelo hacia las hojas y demás órganos de la planta (**Milera-Rodríguez, Funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos en Cuba, 2021**).

Por su importancia, es conveniente tener conocimiento de la cantidad de agua disponible por lluvia, su régimen de distribución y los requerimientos de las especies cultivadas. Igualmente, es relevante conocer la disponibilidad de agua de riego para los casos en que aplique.

El agua retenida en el suelo o que fluye por el mismo es el factor primordial que satisface la demanda hídrica de las plantas, teniendo además efecto en la formación, estructura y estabilidad del suelo, y siendo factor erosivo del mismo. A lo mencionado, se debe añadir que la carencia de lluvias limita la producción de pastos entre 4-6 meses al año en el 42% del trópico.

- **Humedad**

Para la producción de pastos se necesita el adecuado conocimiento de los diferentes niveles de humedad del suelo, los cuales se emplean para la selección de las especies que se adapte a esas condiciones para la preparación del suelo y para el manejo del riego (**Guerra & Alberti, 2021**)), parámetros como lo son el contenido de agua al cual el suelo se satura o nivel de saturación, así como la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y la relación entre ellos, es decir, humedad aprovechable (figura 16).

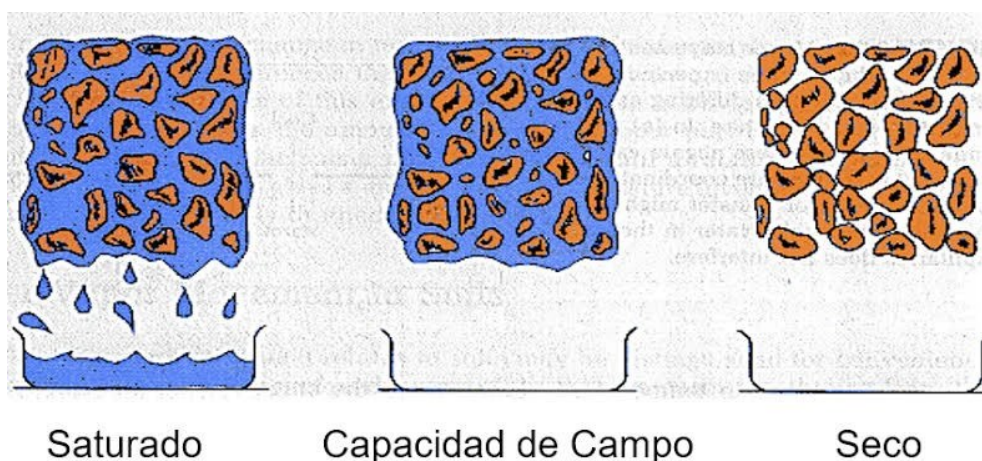


Figura 16. Parámetros de humedad del suelo.

Fuente: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html>

Punto de saturación (PS): se acepta este término como el contenido de agua máximo que puede ser retenido por el suelo, y este está determinado principalmente por el tipo de arcilla presente, así como por su contenido, y la proporción de la materia orgánica existente. Este parámetro puede variar desde menos del 10% en el caso de las arenas gruesas y alcanzar valores de 150% en suelos arcillosos o en suelos histosoles en los cuales los contenidos de materia orgánica son muy altos (**Patiño y otros, 2018**).

Capacidad de campo (CC): este parámetro indica en qué medida el suelo puede retener agua en contra de la fuerza de gravedad, esto ocurre luego de la aplicación del riego abundante o de una lluvia copiosa. Según (**Mariani y otros, 2021**) este contenido en suelos de textura arenosa puede variar entre 5 a 16% para alcanzar la capacidad de campo; en los suelos de texturas menos arenosas como franco arenosa, el nivel oscila entre 10 a 20%; en los de textura franca de se pueden encontrar niveles de 15 a 30%; el contenido de humedad es de 25 a 35% con las texturas franco arcillosas y alcanza entre 30 a 70% en los suelos de textura arcillosa, en función del contenido y tipo de arcilla.

Punto de marchitamiento permanente (PMP): el punto en el cual las plantas no pueden absorber agua, y en estas se produce un proceso de marchitez irreversible aun cuando se les aplique agua y se eleve de manera importante el contenido de humedad del suelo, es conocido como es el punto de marchitez permanente.

Humedad aprovechable (HA): la cantidad de agua en el suelo que puede ser utilizada por las plantas, se corresponde con la diferencia entre la CC y PMP.

- **Luz**

La luz (radiación solar) a nivel de trópico utilizada y aprovechable para la fotosíntesis es mayor que en las zonas templadas. Las plantas en general, y los pastos en particular, llevan a cabo una mayor fotosíntesis cuando son expuestas a todo el espectro visible, lo cual ocurre estando a nivel mar (**León y otros, 2018**). En la medida en que se incrementa la altitud, se ve reducido el espectro visible teniendo efecto negativo en la fotosíntesis, siendo menos intensa, por lo que las plantas presentan mayor rusticidad.

Este factor se relaciona con el fotoperiodismo o heliofanía que hace referencia al número de horas de luz solar diarias. Las necesidades que tienen las plantas y pastos de energía solar para utilizar carbono atmosférico a través del proceso de fotosíntesis están directamente relacionadas con los niveles productivos de las pasturas, donde una alta radiación solar juntamente con un apropiado fotoperíodo favorece la productividad de los pastos.

A nivel de pastos, hay especies que presentan plasticidad en sus hábitos, lo que permite su adaptación a climas soleados-secos y climas húmedos. En el caso ecuatoriano las estaciones no presentan grandes diferencias, y las variaciones estacionales se dan en función de los regímenes de lluvias y la

nubosidad, presentándose mucho parecido entre la longitud de los periodos del día y la noche. En condiciones donde no se presenten otros factores limitantes, se ha comprobado que las regiones tropicales presentan el doble de potencial de producción por hectárea/año que las regiones de clima templado.

- **Temperatura**

Factor influenciado por la diferencia de altura con respecto al nivel del mar en que se ubique una determinada zona productora, y que incide en las distintas reacciones bioquímicas de las especies, su crecimiento, desarrollo y procesos metabólicos, destacando su impacto en el proceso de fotosíntesis (**Calzada-Marín y otros, 2014**). Los pastos tropicales presentan un óptimo de adaptación a temperaturas entre los 25-30° C.

Se debe tomar en cuenta que climáticamente, el trópico hace referencia a la región del mundo en la que la variación promedio de la temperatura mensual es máximo de 5° C entre los tres meses más calientes y los tres meses más fríos, lo cual es aplicable incluso en tierras altas tropicales. De forma general la temperatura en el trópico desciende 0,6 °C por cada 100 metros de incremento en la altitud.

2.2. Limitaciones para la producción de pastos en los trópicos

Las limitantes más importantes en el cultivo de pastos en condiciones tropicales se vinculan con la calidad del suelo y la distribución no regular de lluvias durante el año, lo que representa la presencia de meses de sequía y períodos de abundante y excesiva pluviosidad.

Un alto porcentaje (alrededor del 70%) de las tierras agrícolas del trópico americano del sur se encuentran degradadas, estimándose que el 47% de los suelos han perdido su fertilidad (figura 17).

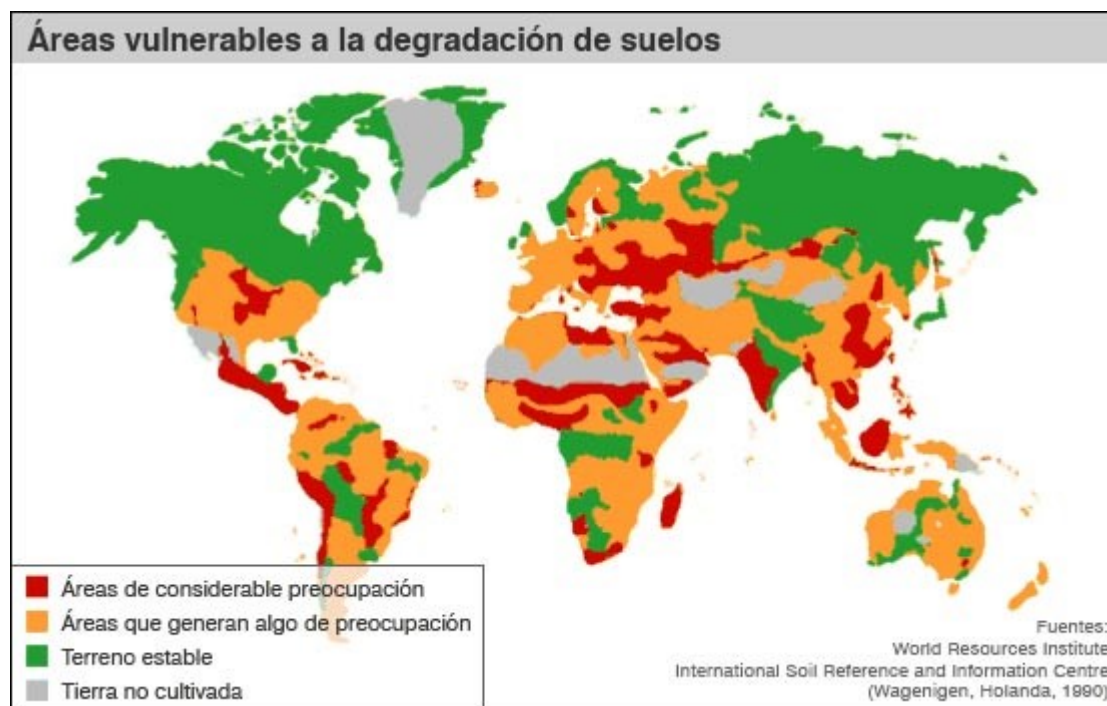


Figura 17. Tierras degradadas a nivel mundial.

Fuente:

http://www.bbc.co.uk/spanish/specials/images/169_tierra_degradada/4171531_sp_mapa_desertification.jpg

2.2.1. Estrés hídrico

El estrés hídrico es la respuesta que muestran las plantas, a nivel fisiológico, considerando en esta ocasión los pastos, ante la escasa disponibilidad de agua en el perfil lo que produce un desequilibrio en donde la transpiración es mayor que la cantidad de agua absorbida, por medio del sistema radical (**Martín & Cañizares, Respuesta del pasto Cayman (Brachiaria híbrido cv. CIAT BRO2/1752) al déficit hídrico, 2018**), produciendo un efecto importante sobre el desarrollo y la producción de los pastos, y en donde el potencial hídrico suele ser el parámetro empleado para su estimación.

Si bien la baja cantidad de agua disponible es de agua es el parámetro más influyente en la ocurrencia del estrés hídrico, la temperatura que muestre el suelo, su salinidad y baja presión atmosférica son otros factores que favorecen la

ocurrencia del estrés hídrico, cuya frecuencia y duración tiene efectos en las plantas y en la tolerancia que tienen a esta situación.

Ante condiciones de estrés por el agua, se produce la respuesta inmediata de la planta, con efecto sobre el crecimiento presentan menor altura en general, disminución en el área y en el peso de las hojas y en la biomasa que la planta muestra. Las consecuencias del estrés por agua sobre el crecimiento en las plantas obedecen a la pérdida de turgencia, con los efectos que ello conlleva en la disminución del volumen celular, y este fenómeno tiene especial efecto en las etapas de germinación y establecimiento de plántulas (**Valverde-Otárola & Arias, 2020**).

2.2.2. Inundaciones

Las pasturas pueden ser expuestas a eventos climáticos extremos, donde el exceso de precipitación puede derivar en inundaciones, ante las cuales las respuestas de las plantas son diversas, bien sea intentando escapar de la situación evitando quedar sumergida completamente y por tanto disponer de oxígeno y luz, o bien entrar en dormancia hasta que cese la situación limitante (inundación) economizando las reservas disponibles que son empleadas para el posterior rebrote (**Mamédio y otros, 2000**).

Las especies de gramíneas y leguminosas presentan diferentes grados de tolerancia a las inundaciones, especialmente en sus etapas iniciales, y su respuesta ante las inundaciones también difiere. Las gramíneas intentan evadir la limitación generada por las inundaciones emergiendo del agua, debido a que generalmente no disponen de grandes reservas, y en los casos en que no pueden emerger, mueren. Las leguminosas generalmente tienen la capacidad de tolerar de mejor manera las inundaciones, por disponer de estructuras de reservas.

Las inundaciones en términos generales, incluso luego de que el suelo deja de permanecer saturado, tiene efectos sobre los pastos, incluyendo aquellos tolerantes a excesos hídricos, ya que, ante la falta de oxígeno disponible en el suelo, los diversos mecanismos fisiológicos que se activan en la planta para oponer resistencia ante esta situación siguen operando, y se debe producir todo un conjunto de pasos que permitan recuperar las reservas y la restauración radicular.

Las inundaciones ralentizan la producción foliar y el rebrote de pastos, hacen más susceptibles a enfermedades a las plantas que son expuestas a estrés por exceso de agua y además de que propician el enmalezamiento. En el caso de las leguminosas las inundaciones conllevan la pérdida de nódulos o el cese de la actividad de estos, lo que implica no recibir los aportes de nitrógeno por fijación biológica (**Mamédio y otros, 2000**).

A nivel edáfico el exceso de agua produce un lavado de nutrientes, afectando la disponibilidad de estos especialmente aquellos móviles, y en el caso de suelos con problemas de compactación se hace mucho más lento el secado profundo debido a que sobre el mismo se crea superficialmente una capa, además de impedir el flujo de agua hacia perfiles inferiores.

2.2.3. Suelos ácidos

Son suelos ácidos los que tienen valores de pH inferiores a 5,5 por casi todo el año, y se asocian a la presencia de toxicidades a causa mayormente de la solubilidad de aluminio y manganeso y deficiencias, que son factores que desfavorecen el crecimiento y desarrollo de los pastos, al verse reducida la capacidad de absorción por parte de los pastos de nutrientes como fósforo, calcio y magnesio (**Casas, 2012**).

La acidez del suelo puede ser producto de varios factores tales como el proceso natural en la formación del mismo (pedogénesis), los efectos de la lluvia en el lavado de componentes químicos (típico de los trópicos húmedos), el tipo de cultivo establecido en donde las plantas remueven nutrientes y con ello cationes básicos (K^+ , Na^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2}) liberando hidrógeno (Casas, 2012), y por el manejo que por parte del hombre se da al cultivo y sus efectos en el suelo, donde la excesiva fertilización nitrogenada formadora de amonio, ya que durante el proceso de nitrificación llevada a cabo por microorganismos se libera H^+ .

Los efectos de la acidez del suelo son evidentes al verse disminuida la fertilidad, con su impacto en la reducción de rendimientos y productividad, reducción en la fijación de nitrógeno (biológica) y afecta tanto a la microflora como microfauna presente en el suelo.

El trópico se caracteriza por presentar suelos ácidos, principalmente de los órdenes oxisoles y ultisoles así como inceptisoles, y entisoles, entre otros, que presentan deficiencia de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio, estas deficiencias suelen ser corregidas mediante prácticas de encalado (figura 18)



Figura 18. Practica de encalado del suelo

Fuente: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>

2.2.4. Suelos afectados por sales

La salinidad de los suelos es una limitante que se ve propiciada en zonas donde la evaporación del agua desde el suelo es mayor que el agua recibida a través de las lluvias, por lo que se produce la acumulación de sales como carbonato de calcio, cloruro de sodio y magnesio, sulfatos de magnesio, carbonatos magnesio y sodio (**Mata-Fernández y otros, 2014**). La calidad del agua de riego es otro factor que tiene influencia en la salinidad de los suelos.

La mayor parte de los suelos afectados por sales presentan una conductividad eléctrica (CE) mayor a 4 dS m⁻¹, pH alcalino superior a 7,0 y éstos son frecuentemente asociados a las zonas áridas y semiáridas del trópico donde la pluviosidad es escasa.

La salinidad en los suelos tiene efectos en la productividad y rendimiento de pastos influenciada por la alta presión osmótica que se origina en la solución del suelo, disminuyendo la capacidad de asimilación de elementos nutritivos desde el suelo por las plantas, así como la actividad microbiana en el perfil y minimizando el empleo eficiente del agua, presentando problemas que afectan la infiltración e incrementan el escurrimiento (**Sánchez-Bernal y otros, 2020**).

El método mayormente empleado para la remoción de sales y recuperación del suelo es el lavado, lo cual requiere previamente conocer la composición y concentración de sales presentes, procediendo a drenar las sales del área radicular mediante la anegación (riego continuo o intermitente) a fin de reducir la salinidad del suelo.

2.3. El cambio climático y su impacto sobre la distribución de los pastos tropicales

El factor abiótico de mayor incidencia en el establecimiento y desarrollo de los pastos tropicales es el clima, sobre el cual el ser humano tiene escaso control, hecho que se ve más afectado por el cambio climático, lo que dificulta el disponer de predicciones climáticas más certeras.

La variabilidad climática y su efecto en los cambios que en el largo plazo se producen en los indicadores ambientales, en los más diversos escenarios, por lo que el impacto de esta variabilidad en los pastizales es elevada, dadas las grandes extensiones de terreno dedicadas al cultivo de pastos tropicales y su escasa resiliencia en referencia a las consecuencias que las variaciones en el clima tales como la sequía y la desertificación (**Bravo y otros, 2021**), incrementando la presión sobre los pastizales en donde las praderas a nivel mundial están siendo fruto de degradación, particularmente en zonas tropicales cuyos suelos ya presentan problemas de fertilidad.

Enfrentar el cambio climático a nivel de pastos tropicales y en sistemas de pastoreo asociados a los mismos, implica adoptar sistemas silvopastoriles basados en principios agroecológicos que permitan la sustentabilidad de estos.

La variabilidad y el cambio climático ha conllevado a que la distribución de los pastos tropicales sufra alteraciones, en donde las especies con mejor y mayor adaptación a las condiciones cambiantes (precipitación, sequía, etc.) son implantadas, considerando la identificación e incluso la generación de genotipos idóneos en función de los factores limitantes de cada zona.

2.4. Distribución de pastizales en las principales zonas agroecológicas del Ecuador

Únicamente dos regiones del Ecuador presentan pastos nativos, estas son la región de humedales ubicada en Guayaquil, así como los páramos. (figura 19). Los pastos de la zona de humedales son pastos que deben estar adaptados a condiciones de exceso de humedad y por lo tanto deben ser adaptados a condiciones de anaerobiosis, mientras que los pastos de los páramos deben estar adaptados al frío y al viento propio de estas zonas.



Figura 19. Ecosistemas de humedales y paramos en el Ecuador

2.4.1. Pastizales de región litoral

Estas zonas son conocidas también como praderas y sabanas tropicales. Se consideran óptimas para ser cultivadas cuando tienen las condiciones adecuadas para el riego. En algunos lugares con pocas precipitaciones son utilizados como áreas para que pastoree el ganado. Las provincias en que están ubicadas principalmente son las de Los Ríos, Guayas, El Oro, y así como en algunas zonas de Manabí y Esmeraldas, aunque estos pastizales son objeto de algunos procesos de tipo antrópico tales como la deforestación y la erosión, y más aún también sufren de una sobreexplotación de sus suelos.

2.4.2. *Pastizales en la región de la Sierra*

Los pastizales bajos son predominantes en la región de la Sierra en el Ecuador, siendo abundantes, debido a la presencia de una alta humedad. Estos se conocen también como páramos. Las tierras son aptas para cultivarlas. Los pajonales constituyen la vegetación predominante en los páramos andinos, las cuales están formados por diversos tipos de gramíneas. También pueden encontrarse cultivos como: yuca, papaya, cítricos, palma africana, al igual que pastizales para alimentación del ganado, etc. La vegetación es exuberante, como resultado de un clima que tiene lluvias abundantes.

2.5. Producción de semillas de Gramíneas

Al momento de sembrar, deben realizarse los cálculos necesarios para obtener una adecuada cantidad de plantas por superficie. El número de semillas necesarias es variable, ya que depende de su calidad y de la especie que se planea establecer; en lotes de multiplicación.

2.5.1. *Calidad de semilla*

En semillas, su calidad se fundamenta principalmente en la pureza y germinación, es decir, los porcentajes de ambos. En el caso de la pureza, esta indica la fracción de semillas en el peso de una muestra determinada; esto significa que la fracción restante está compuesta de tierra, trozos de hojas, tallos, malas hierbas, así como algunas otras impurezas. La determinación de la germinación se realiza por el porcentaje de semillas viables de una muestra conocida, generalmente de 100 a 400 semillas.

2.5.2. *Prueba de germinación*

Para asegurar el éxito en el establecimiento del lote de multiplicación, se verifica la capacidad de germinación de la semilla a utilizar en condiciones

controladas de laboratorio. A continuación, se describen los procedimientos para lograr una información veraz sobre la calidad de la semilla que se adquiere para la siembra.

- De cada costal se seleccionan 100 semillas; se palpan, para asegurarse que se sientan llenas. es decir que tengan cariósido, y de ser posible utilizar cuatro muestras (repeticiones) La prueba de emergencia es una prueba de campo, donde se controla la humedad, pero no otros factores como la temperatura y luz; por lo tanto, tiene más similitud con una siembra de campo que con una prueba de germinación, esta última es una prueba de laboratorio que se realiza bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad.
- Sembrar en macetas, charolas o en bandejas para su germinación, y pueden utilizarse diferentes materiales como sustrato, o una combinación de ellos. Estos materiales pueden ser suelo, arena o diferentes combinaciones de ambos, mayormente se usa una proporción de una parte de suelo por dos de arena.
- Una vez colocadas las semillas, cubrirlas ligeramente con el sustrato y regarlas, procurando mantener la humedad del suelo constante durante todo el periodo de la evaluación, sin olvidar exponer las semillas a iluminación con luz solar, evitando que las lluvias las afecten.
- Hacer de tres a cuatro conteos con intervalos de una semana y anotar la cantidad de plantas germinadas, después de realizar todos los conteos, el número de plantas que germinaron se suma y la sumatoria mostrará la germinación porcentual, por ejemplo, si se tomaron 100 semillas y solo 70 geminaron, la germinación fue de un 70 por ciento.

2.6. Producción de leguminosas

En estas especies, con frecuencia es necesario someter las semillas, previo a su siembra, a un tratamiento que permita que se acelere su germinación, además de aumentar la infección con bacterias de tipo nitrificantes. En general las leguminosas utilizadas como forrajeras tienen la semilla recubierta con capas impermeables que dificultan el proceso de imbibición y por ende, su germinación una vez sembradas, ocasionando un periodo de latencia hasta que desaparezca la impermeabilidad, por lo que les conoce como semillas duras, condición deseable cuando se siembran en zonas con precipitaciones muy variables, pero indeseable cuando se requiere una rápida germinación y el establecimiento pronto de una pradera con las densidades de siembra deseadas.

Por lo explicado anteriormente en cuanto a la condición de dureza, las semillas deben someterse a tratamientos de escarificación, y considerar que las leguminosas producirán adecuadamente solo cuando pueden obtener nitrógeno a través de la simbiosis con las bacterias nitrificantes adecuadas del género *Rhizobium*, por lo cual es necesario su inoculación con la bacteria específica cuando se introduce su cultivo en una tierra nueva.

2.6.1. Escarificación de las semillas

Permitir que el agua entre en la semilla es la principal razón para realizar un escarificado, con lo cual se rompe la capa impermeable, y mejora la rapidez del proceso de germinación. Sin embargo, esta dureza se limita a ciertas especies, las cuales al ser cosechadas mecánicamente sufren algún tipo de proceso de escarificación, que rompe la capa impermeable, no sucediendo lo mismo cuando la cosecha es manual, en la cual se escarifica una cantidad de semillas mucho menor. En general son usados tres métodos para la escarificación, estos son: mecánico, utilización de ácidos y aplicación de agua caliente, es importante

acotar que para la aplicación en extenso de este proceso solo se recomienda la mecánica, a menos que se tenga el apoyo de un técnico con las calificaciones necesarias en estos procesos, a efectos de no generar daños en las semillas durante la escarificación y siembra.

El método mecánico se puede realizar en diferentes escalas, consistiendo en producir una abrasión o el golpeado de las semillas. Sin embargo, a nivel de laboratorio y con volúmenes muy pequeños se usa una caja recubierta con papel de lija en el fondo, sobre la cual se frotan las semillas. También puede utilizarse una superficie de concreto, sobre la cual y mediante zapatos con suela de goma se froten cantidades más grandes de semillas. Para muestras de mayor volumen pueden utilizarse máquinas para descascarar arroz, al igual que las máquinas mezcladoras de cemento con arena, o las máquinas diseñadas específicamente con ese fin.

El método mecánico en general es bastante simple además de económico, y la semilla luego de tratada puede almacenarse por algunas semanas, pudiéndose inocular luego la semilla después de tratada, con la ventaja que esto no induce la germinación. Es poco frecuente cometer errores, excepto cuando se aplica el tratamiento con excesiva dureza.

Cuando se usa el método del agua caliente, pueden manejarse lotes pequeños o medianos. El proceso consiste en sumergir las semillas en agua caliente, y hasta hirviendo según la especie, y mantenerlas allí por un determinado periodo. Es un método sencillo, pero amerita una rigurosa supervisión, teniendo por esto algunas desventajas, como errores del operador, y la inducción a la germinación, por lo que el almacenamiento después del proceso es muy limitado, con alta mortalidad si no llueve después de sembrada. Cuando no se puede sembrar a causa de algún inconveniente como excesivas

lluvias, puede producirse un proceso de fermentación, si no se ventila adecuadamente. Adicionalmente, se dificulta la inoculación, e incluso en algunas especies se produce un exudado de un mucilago pegajoso que hace que las semillas se agrupen y formen grumos.

El método de escarificar mediante ácido consiste igualmente colocar sumergidas las semillas dentro de una solución de ácido con la debida concentración, durante un lapso de tiempo específico, dependiendo de cada especie, siendo usado generalmente el ácido sulfúrico (H_2SO_4). Se adecua esta técnica para usarse en semillas que se quieren analizar, pero en cantidades pequeñas, no recomendándose que se utilice en campo.

2.7. Inoculación de semillas

Se inocula para incentivar el crecimiento de *Rhizobium* en las raíces de las leguminosas, y para ello se recubren las semillas con este microorganismo vivo, usando una cantidad alta para propiciar una adecuada y rápida modulación en campo. Aunque actualmente existen varios tipos de inoculantes, los hechos utilizando turba como base son los más recomendados en campo. Es necesario el ser cuidadosos con el manejo de los inoculantes, protegiéndolos de altas temperaturas, así como de la luz directa del sol, y por supuesto, de bactericidas. Se debe tomar en cuenta que a pesar de ser un proceso sencillo el de inoculación, este es altamente susceptible a una gran cantidad de errores.

Para su uso, el polvo inoculante se mezcla con una solución con un adherente, disuelto en agua, y generalmente se utiliza como adherente la goma arábica, con una concentración del 15%. Este es un material que se encuentra normalmente en el mercado en zonas tropicales y subtropicales. La mezcla de la turba con el adherente debe realizarse justo antes de ser utilizada; la semilla se coloca en una superficie de cemento y se mezcla utilizando una pala limpia o una

mezcladora de cemento, no usadas antes para aplicar otros revestimientos, y las semillas se cubren totalmente y con cuidado, pero con la menor cantidad de agua, según indique la experiencia. Luego las semillas se colocarán sobre esta superficie, en capas delgadas, y a la sombra para que se sequen, y una vez que estén secas se procederá a sembrarlas en la brevedad posible.

2.8. Producción de semillas de otras forrajeras

Además de las semillas de gramíneas y leguminosas existen otras plantas que tienen un alto valor forrajero como el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) planta que se caracteriza por su consistencia herbácea, ampliamente ramificada, con alturas que pueden llegar a los 5 metros, es fácil de reconocer debido a sus flores amarillas de gran tamaño, con un característico aroma intenso a miel, además de por tener hojas simples y alternas, las cuales cuentan con tres a cinco lóbulos, siendo el lóbulo central el de mayor tamaño, y requiriendo obviamente de producción de semillas para su propagación (Cardona y otros, 2020).

2.8.1. Métodos para la producción de semillas

La producción de semillas requiere el conocimiento de los métodos apropiados para este proceso, y como aplicarlos según cada especie particular. Además, es necesario poder determinar las condiciones requeridas en cada caso para su almacenamiento adecuado que permite mantener una elevada calidad. Con la ejecución de las labores correspondiente en forma adecuada, es posible garantizar hasta un 70% de éxito en el desarrollo de la empresa agrícola. Las siguientes son las etapas que se encuentran dentro de la producción de semillas en forma tradicional:

2.8.2. Siembra

Esta consiste básicamente en colocar las semillas esparcidas sobre un terreno sano y sin enfermedades. Entonces, es de suma importancia un adecuado tratamiento de la tierra y su acondicionamiento antes de la siembra. La pasteurización es uno de los procesos usados con más frecuencia, al igual que la esterilización.

2.8.3. Cosecha

La semilla está madura cuando puede ser separada de la planta sin causar daños a su potencial de germinación. Para proceder a separar la semilla y el fruto, se presentan varios procedimientos.

2.8.4. Selección y limpieza

Al realizar la cosecha, no es posible recoger solo las semillas, en cambio se recogen durante el mismo proceso pedazos de otros órganos de la misma planta, de otras plantas e incluso partículas del mismo suelo. Es necesario conocer las características de estas para conseguir separarlos y conseguir una adecuada limpieza durante la operación.

2.8.5. Secado

Para mantener la calidad de la semilla y disminuir el riesgo de pudrición, es necesario secarla antes de su almacenamiento.

2.8.6. Almacenamiento

Posterior a su extracción y secado, es necesario mantener las semillas en las mejores condiciones, para mantener su capacidad germinativa, al igual que otras características que definen su calidad. Es conveniente tener claro que el

periodo entre la cosecha y la siembra de esas semillas, puede ser desde muy corto hasta prolongado, es decir, varios años.

2.9. Características agro-productivas de las principales gramíneas y leguminosas tropicales

2.9.1. Gramíneas

Guinea (*Panicum maximum* Jacquin)

Es originario de las regiones tropical y subtropical de África. Este pasto se introdujo, y fue traído a América durante el siglo XVII al continente americano en el siglo XVII, dentro de barcos que transportaban esclavos provenientes de África, que usaban esta planta para hacer sus “camas”. Se adaptó enormemente a las condiciones existentes en el país. Puede llegar hasta los dos metros de altura e incluso más. Tiene hojas de forma lanceolada, con longitud entre 15 y 100 centímetros y un ancho de 3.5 centímetros, los tallos son erectos, con tres a 15 nudos, que pueden ser glabros o con alta pilosidad, la inflorescencia es de tipo panícula con un largo de entre 15 y 60 centímetros y alrededor de 25 centímetros de ancho (figura 20). Las semillas en general son fértiles y tienen forma de elipse y unos 2 milímetros de largo. (Quero y otros, 2007).



Figura 20. Guinea (*Panicum maximum*)

Fuente: <https://agroseval.com/producto/panicum-maximum-mombaza/>

Pasto Carimagua (*Andropogon gayanus*)

Gramínea perenne, originaria de África tropical, su crecimiento es erecto y forma macollas hasta de 1 metro de diámetro y pueden tener unos 3 de alto; con hojas de un verde claro, y a veces durante el invierno toman tonos violáceos; con formas lineo-lanceoladas, y llegan a tener un largo de 100 centímetros con un ancho de entre 4 y 30 milímetros. La inflorescencia es una panícula semi compacta, con glumas y lemas aristadas (figura 21). La adaptación a suelos superficiales que se ubican en la ladera constituye su ventaja principal, resistiendo largos periodos de sequía, que pueden llegar a siete meses. **(Rossiter-Rachor y otros, 2009)**



Figura 21. Pasto Carimagua (*Andropogon gayanus*)

Fuente: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/103737/secme-6081_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pasto Brachiaria (*Brachiaria decumbens*) Stapf.

Al igual que el anterior es originario del este del África tropical, es una gramínea perenne, de gran vigor, con un crecimiento sub erecto, logrando cubrir de manera muy densa el suelo, alcanzando alturas de 0.60 a 1.0 metro, con hojas verdes de un tono brillante, de forma lanceolada, muy pubescentes, miden de 15 a 25 centímetros de largo y un ancho de 0.8 a 2.0 centímetros; los tallos son de tipo decumbente, verdes, y pueden enraizar hasta cuarto nudo; la raíz es de naturaleza fibrosa y puede penetrar hasta los 2 metros de profundidad, produciendo una panícula que contiene de tres a ocho racimos cada cual, y tiene

entre 30 y 47 semillas fértiles, que sin embargo poseen latencia que puede prolongarse hasta siete a nueve meses posterior a la cosecha (figura 22).

Este pasto puede adaptarse a una alta variedad de suelos, en un rango que comprende desde fértiles, incluyendo aquellos con baja fertilidad y ácidos, siempre que no tengan limitaciones de drenaje, que le permitan conservar la humedad, o en zonas con una pluviosidad por encima de los 1000 mm anuales. (Mutimura & Ghimire, 2021)



Figura 22. Pasto Brachiaria (*Brachiaria decumbens*)

Fuente: <https://identify.plantnet.org/es/the-plant-list/species/Brachiaria%20decumbens%20Stapf/data>

Pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) Hochst

Esta especie tiene su centro de origen genético en las regiones tropicales de África Oriental; es una gramínea de tipo perenne que crece en macollas, con alturas típicas de entre 1.0 a 3 metros y tiene hojas de forma lineal lanceolada de hasta 50 centímetros de longitud y un ancho de 2.5 centímetros, en la base se presenta los tallos postrados, tiene los nudos glabros y bastante prominentes, mostrando un color verde con tendencia a amarillo, con un enraizamiento escaso; los rizomas son cortos pero muy numerosos, como inflorescencia presenta una panícula con aproximadamente 40 centímetros de longitud (figura 23). Es un pasto altamente susceptible a condiciones de inundación o a excesos de humedad. **(Risso-Pascotto y otros, 2003)**



Figura 23. Pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*)

Fuente: <https://ve.all.biz/material-aterrizaje-brachiaria-brizantha-g8838>

Pasto dulce (*Brachlaria humidicola*) Rendle

Es una gramínea de tipo perenne, que se originó en África su crecimiento es estolonífero formando macollas de habito erecto y estos forman un conjunto similar a un colchón, el cual alcanza alturas de 40 a 90 centímetros y cuando florece puede medir más de 1 metro. Tiene una amplia variedad en la forma y tamaño de sus hojas, en función de la época de crecimiento; con forma de lanza

y lineales, erectas, glabras, con un tono de color verde intenso que incluye manchas púrpuras y pueden alcanzar hasta los 40 centímetros de longitud y un ancho de 1.5 centímetros; presentando uno de los bordes ligeramente aserrado. Los estolones son alargados, con un color púrpura, con vellosidades blancas; muestra el mayor desarrollo en el periodo de establecimiento o posterior a un corte a la altura del suelo, con los nudos enraizando abundantemente, sobre todo al crecer en un suelo desnudo. Como inflorescencia presenta una panícula que tiene de tres a cinco racimos, con longitudes entre 4 y 8 centímetros (figura 24). Esta planta puede adaptarse a condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad, así como a suelos de mediana y alta fertilidad; puede tolerar suelos con exceso de humedad intermitente por períodos cortos (**Arroyave y otros, 2011**).

Figura 24. Pasto dulce (*Brachiaria humidicola*) Rendle



Fuente: https://www.wikiwand.com/es/Brachiaria_humidicola

Pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) Lamark

Se originó en el Sahel africano, siendo una especie de tipo perenne, con crecimiento en forma de macollas; con frecuencia tiene plantas que crecen en conjuntos muy densos, con muchos tallos cortos, de hasta 15 a 120 centímetros de altitud, e incluso, algunos cultivares crecen hasta 170 centímetros; sus hojas son de 3 a 23 milímetros de ancho y su inflorescencia es una panícula compacta de forma cilíndrica, con buen rendimiento de semilla, con latencia que puede

durar entre 9 y 12 meses después de cosechadas (figura 25). Crece con preferencia sobre suelos ligeros, bien drenados, con texturas franco -arenosas a franco – arcillosas, entre ellos resultan mejores los levemente alcalinos que los levemente ácidos. (Jorge y otros, 2008)



Figura 25. Pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*)

Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/654007177118584904/>

Gramalote (*Axonopus scoparius*) Hitch

Gramínea perenne también conocido como pasto imperial, cuyo origen se remonta a América Tropical del Sur (Ecuador y Colombia). Presenta crecimiento erecto, con tallos achatados, frondosos y succulentos; sus hojas son largas, entre 40-60 cm, y lanceoladas (figura 26). En el extremo del tallo aparece la inflorescencia en forma de panícula (20-30 cm de largo). Este pasto se adapta bien a cualquier tipo de suelo, incluso pobres con buen drenaje, prefiriendo los franco y franco-arcillosos y fértiles. Crece favorablemente en zonas entre los 600-2200 msnm, con precipitaciones de 1000-3500 mm/año. Su establecimiento es generalmente a partir de material vegetativo, y se puede asociar con otras plantas

forrajeras, y en el manejo suele ser empleado como pasto de sogueo cuando la inflorescencia comienza a aparecer. (León y otros, 2018)



Figura 26. Gramalote (*Axonopus scoparius*)

<https://infopastosyforraj.es.com/pasto-de-corte/ficha-tecnica-del-pasto-imperial-axonopus-scoparius-hitchc/>

Clon51 (*Paspalum dilatatum*)

Pasto de corte de alto rendimiento y calidad nutritiva. Por la inflorescencia que presenta y ancho de sus hojas (5-6 cm) en ciertas regiones se le conoce como “caña maíz” (figura 27). Presenta un crecimiento erecto, superior a los 2,5 metros, y su nivel proteico (entre 18-22%) puede variar dependiendo de las condiciones edáficas y de fertilización, donde además la producción de forraje por hectárea también varía en función del manejo, presentando producciones de 50-70 toneladas/ha/corte si se cuenta con riego y de la frecuencia de corte. Su propagación es vegetativa empleando las cañas del pasto, pudiendo establecerse en suelos de mediana fertilidad bien drenados. Algunas evidencias muestran que su crecimiento se ralentiza por encima de los 2000 msnm. (Paredes y otros, 2021).



Figura 27. Clon51 (*Paspalum dilatatum*)

https://www.picturethisai.com/wiki/Paspalum_dilatatum.html

Guatemala (*Tripsacum laxum*) Nash.

El pasto Guatemala es originario de América Tropical, con presencia desde México hasta Paraguay. Esta gramínea perenne puede alcanzar los 2,5 metro de altura, presenta tallos glabros, grueso, con presencia de abundante follaje, siendo sus hojas anchas, alargadas y de color verde oscuro (figura 27). Su relación tallo-hoja es excelente, es capaz de mantener su valor nutritivo en estados de madurez avanzada siendo utilizada en sistemas de corte y acarreo. Se incluye dentro de los forrajes con alto rendimiento por hectárea similar a los Pennisetum, pudiendo alcanzar las 160 toneladas de forraje verde anuales, aunque su valor nutritivo no es excepcional. Se adapta bien a climas cálidos, alturas hasta los 2000 msnm, y precipitaciones 800-2000 mm/año, siendo tolerante a periodos de sequía. Se propaga a través de tallos y materia vegetativo, prefiriendo suelos francos y arcillosos, con buen drenaje y húmedos. (Polo, 2021)



Figura 27. Guatemala (*Tripsacum laxum*)

<https://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/guatemala-1084.html>

Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) Vanderyst

Originario del este de África, este pasto perenne presenta una calidad nutritiva moderada y es un poco exigente en cuanto a fertilidad de suelos y manejo. La planta presente raíces profundas, con estolones, con crecimiento rápido. Sus tallos son finos pudiendo alcanzar los 60-70 cm de altura, las hojas son planas de entre 10-30 cm de largo, y la inflorescencia está formada por espigas (3-20) en arreglo a un eje común, no digitado (figura 28). Presenta buen crecimiento en altitudes hasta los 1800-2000 msnm, siendo productivo bajo condiciones secas (hasta 750 mm anuales) presentando alto crecimiento cuando la precipitación es mayor (800-2500 mm/año). Se adapta a distintos suelos, siendo las mejores condiciones para su desarrollo en suelos de textura ligera, francos y franco-arcillosos, con pH entre 5-8. Se propaga vegetativamente a partir de estolones o cepas, y es un pasto ideal para sistemas silvopastoriles en asociación con otras especies. (Reyes-Pérez y otros, 2018)



Figura 28. Estrella (*Cynodon nlemfuensis*)

<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:126195-3>

Alemán o Janeiro (*Echinochloa polystachya*) Hitch

Nativa de América tropical, esta gramínea perenne presenta tallos decumbentes de entre 1-1,5 cm de diámetro, rojizos y algo acanalados que pueden alcanzar los 2 metros de altura bajo condiciones de vegetación densa, caso contrario suelen acostarse e incluso quebrarse. Hojas de 40-60 cm de largo, con aproximadamente 2 cm de ancho, con lígula cubierta de pelos densos (figura 29). La inflorescencia semeja una espiga conformada de espiguillas aristadas infértiles. Se adapta a climas tropicales o subtropicales, y a suelos bajos e inundables, no tolerando sequía. Crece bien en altitudes entre los 400-1000 msnm, con precipitaciones por encima de los 2500 mm/año, no siendo exigente a cuanto a las condiciones del suelo. (León y otros, 2018)



Figura 29. Alemán o Janeiro (*Echinochloa polystachya*)

https://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/pasto_aleman-1046.html

Elefante (*Pennisetum purpureum*) Schum

Gramínea perenne originaria de África Tropical que ha sido introducida en la región tropical americana, y se caracteriza por su gran desarrollo a nivel vegetativo. La planta presenta rizomas cortos y profundos, raíces medianamente largas, gruesas y rizomatosas, tallos robustos y cilíndricos que superan los 3 metros de altura. Las hojas son lanceoladas, pubescentes de 2*4 cm de ancho y con un largo que oscila entre los 60-100 cm (figura 30).

La inflorescencia presenta forma de espiga cilíndrica que se forma en el ápice de los tallos. Se adapta a climas tropicales y subtropicales, se propaga vegetativamente, tolera las sequías, viéndose afectado su desarrollo cuando la humedad es excesiva. Si bien se adapta a gran variedad de suelos, prefiere los profundos, francos y arenosos, con gran contenido de materia orgánica. Dada su alta capacidad fotosintética es capaz de producir altas cantidades de biomasa, hecho favorecido por las temperaturas tropicales, teniendo un potencial

productivo de 40-50 toneladas de MS/ha/año. (González-Garduño, Torres-Hernández, & Arece-García, 2011)



Figura 30. Elefante (*Pennisetum purpureum*)

<https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-corte/pasto-elefante-schumach/>

Maralfalfa (*Pennisetum* sp; *P.purpureum* x *P. glaucum*)

El Mar alfalfa es un pasto tropical perenne de comprobada productividad en diversos países latinoamericanos dado su potencial como forraje para rumiantes, que se caracteriza por presentar tallos cilíndricos de hasta 3,5 metros de altura, un rendimiento de 60-80 toneladas de MS/ha/año y ser exigente en cuanto al riego. Sus tallos y hojas son más delgados que los del pasto elefante (figura 31). Se adapta a climas tropicales y tropicales subhúmedos pudiendo cultivarse hasta los 2000-25000 msnm.

Prefiere suelos de mediana-alta fertilidad, con buen drenaje, franco arenosos y profundos, sin encharcamientos prolongados y con buen contenido de materia orgánica. Su propagación se realiza a partir de material vegetativo empleando estacas o tallos enteros. Su valor nutritivo varía entre los 8-16% y si bien en condiciones de trópico presenta menor rendimiento y persistencia que el pasto elefante, resulta muy empleado en sistemas para corte y acarreo, por su

alto rendimiento de materia seca, tolerancia a sequía y suelos ácidos. (Mateus, Hernández, Velásquez, & Díaz, 2012)



Figura 31. Maralfalfa (*Pennisetum* sp; *P.purpureum* x *P. glaucum*)

<https://www.invesa.com/product/pasto-maralfalfa/>

Corte Rodas (*Pennisetum* sp)

El pasto de corte rodas (en honor al Ing. Agrónomo Álvaro Rodas) es una planta que crece en matojos, de tallo erecto, perenne, liso, semi redondo a redondo, que pueden alcanzar los 2-3 cm de diámetro y altura incluso de 3 metros. Su sistema radicular puede alcanzar los 35 cm de profundidad. Presenta hojas son de color verde esmeralda, acerradas y lanceoladas; sus últimas hojas apicales son erectas durante el día y tiene gran capacidad de absorción de la radiación solar (figura 32). Es una planta resistente a veranos prolongados (alta tolerancia a sequía) y soporta inundaciones de hasta dos meses (tolera encharcamientos). Presenta buen comportamiento en suelos de media-alta fertilidad y pH bajo, teniendo su mejor desarrollo se obtiene en suelos con gran contenido de materia orgánica y buen drenaje. Se puede establecer hasta altitudes de 2300 msnm, se recomienda propagarlo vegetativamente. Se estima una

producción de 20-30 kg/m², con un porcentaje de proteínas entre 15-20%, y hasta un 35% de materia seca. (Prudencio Velásquez y otros, 2020)



Figura 32. Corte Rodas (*Pennisetum* sp)

<https://pastorodas.com/>

Cuba OM-22 (*P. purpureum* Cuba CT-169 x *P. glaucum* Tiffton late)

El pasto híbrido Cuba OM-22 se caracteriza por su alta producción de follaje y presentar tallos gruesos de muy buena digestibilidad y buen contenido proteico. Sus tallos y hojas son lisos, presenta crecimiento erecto en macollos (figura 33), con altura entre 1,5-1,8 metros, y sus rendimientos varían entre los 70-180 toneladas de forraje verde por hectárea en función de las condiciones asociadas a la zona y época del año, y fertilización, ante la cual responde de manera lineal. Este pasto es considerado un excelente forraje que presenta un rápido crecimiento e incremento de densidad poblacional, siendo tolerante a los cambios climáticos. (Maldonado-Peralta y otros, 2019)



Figura 33. Cuba OM-22 (*P. purpureum* Cuba CT-169 x *P. glaucum* Tiffton late)

<https://pasturastropicales.com/pasto-cuba-22-conoce-sus-caracteristicas/>

Maíz forrajero (*Zea mays* L.)

El maíz forrajero tiene su centro de origen en la América Tropical. Esta gramínea de ciclo anual presenta un sistema radicular fasciculado, con tallos cilíndricos, pudiendo alcanzar hasta los 4 metros de altura. Las hojas son lanceoladas, anchas con nervadura central. Las flores masculinas rematan el extremo superior de la planta en un penacho, en tanto las femeninas se encuentran en las axilas de las hojas, producto de la fecundación se desarrollan las mazorcas (figura 34). Se adapta a variedad de ambientes (tropical a templado), siendo una planta C₄, puede cultivarse hasta los 3000 msnm. Resiste moderadamente la sequía y no tolera las heladas.

Su siembra se recomienda hacerla en suelos sueltos y silíceos, e intercalar su cultivo con leguminosas. Presenta rendimientos elevados (50 t ha⁻¹ en siembra para grano, 80-100 t ha⁻¹ para forraje según riego), y destaca como planta forrajera por su rendimiento de materia seca y alto contenido energético, por lo que es empleado ampliamente como alimento para rumiantes, generalmente en forma de ensilaje. (Silva y otros, 2019)



Figura 34. Maíz forrajero (*Zea mays* L.)

https://mundo-pecuario.com/UserFiles/Image/anuevas2016/Zea_Mays.jpg

2.9.2. Leguminosas anuales

Zapatico de la reina (*Clitoria ternatea* L.)

Villanueva et al. (2004) describen a la especie *Clitoria ternatea*, como una leguminosa que puede ser perenne con una vida corta o bianual, de tipo semi arbustiva con hábito trepador, alcanzando alturas de 60 a 70 centímetros. Tallos delgados con longitud entre 0.5 a 3 m, hojas pinnadas que presentan cinco a siete foliolos con forma oblonga-lanceolada, longitud entre 1.5 y 7.0 centímetros y un ancho de 0.3 a 4.0 centímetros, levemente pubescentes. Las flores son axilares, pudiendo ser simples o pareadas, de color blanco o azulado, con longitud entre 2.5 y 5.0 centímetros, tienen la forma de un embudo invertido. Las vainas son aplanadas y largas, de longitud entre 4 y 12 centímetros y un ancho de 0.7 a 1.2 cm, poco pubescentes y con dehiscencia cuando secas. En cada vaina hay entre 8 y 11 semillas de forma cilíndrica (con tendencia a oblonga) de colores que pueden ser negro, verde olivo, café o moteadas, longitud de 4.7 a 7.0 mm y ancho de 3 a 4 mm, en un kg hay aproximadamente 23.000 semillas (figura 35).



Figura 35. Zapatico de la reina (*Clitoria ternatea*)

<https://pixabay.com/es/images/search/clitoria%20ternatea/>

Las flores de la *Clitoria ternatea* son según (**Jamil y otros, 2018**) de un color azul profundo, pudiendo encontrarse variedades de colores blancas y rosas. Su tamaño varía entre 4 y 5 centímetros de longitud, creciendo en forma solitaria. Tienen 10 estambres, los cuales están unidos en 2 cuerpos, aunque también existen variedades con flores dobles. Crecen sobre suelos de tipos arcillosos y arcillo-arenosos, mas no se desarrollan en suelos arenosos poco fértiles.

Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) Roxburgh

Es una planta perenne, originaria del sureste asiático, puede crecer en forma de enredadera o postrado. Forma fuertes estolones que llegan a alcanzar una longitud de más de 10 metros, con nudos y entrenudos formando muy numerosas raíces al entrar en contacto con la humedad del suelo. Esta planta crece formando una densa cobertura con altura de más de 1 metro, las raíces pueden profundizar hasta 1.5 metros en el suelo, con dos años de establecimiento.

Los tallos son color café, muy pubescentes; las hojas de tipo trifoliadas, triangulares a ovaladas, los foliolos son largos y de 5 a 12 centímetros y un ancho de 10 centímetros, densamente pubescentes, de color verde grisáceo, en la cara interna. Las vainas pueden ser rectas o levemente curvadas, con forma lineal y

cilíndrica de 7 a 9 centímetros de largo y ancho de 3 a 5 milímetros, teniendo pilosidades pequeñas, que toman un color negro al madurar y contienen 10 a 20 semillas café oscuro (figura 36).

El Kudzu prefiere suelos de textura arcillosa y crece poco en suelos arenosos; tolerando pH de 4 a 5 en el suelo, con resistencia a lapsos breves con exceso de humedad, aunque no muestra tolerancia a la salinidad (**Leon y otros, 2022**).



Figura 36. Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) Roxburgh
<https://infopastosyforrajes.com/leguminosas/kudzu/>

Centrosema (*Centrosema pubescens*) Benth

Es una especie nativa de Sudamérica y de México, encontrándose de manera natural en distintos ambientes como los potreros, bordes de los ríos, así como en carreteras y caminos; de tipo perenne que crece en forma rastrera con tallos finos y tomentosos, crecimiento decumbente y pudiendo enredarse sobre plantas arbustivas o en cercos limítrofes. Tiene hojas trifoliadas, oblongas a ovales, presentando un pico en la punta apical en las vainas, las cuales son dehiscentes cuando maduran, conteniendo 20 semillas o más, con un color café de tono rojizo, que tienen vetas con manchas negras de un tamaño pequeño, longitud de 4 a 5 milímetros por un ancho de 3 milímetros y 2 milímetros de

grueso (figura 37). Crece en suelos con fertilidad mediana a alta y sin problemas de drenaje (Murugan y otros, 2020).



Figura 37. Centrosema (*Centrosema pubescens*) Benth

Fuente: <https://www.flickr.com/photos/51463027@N02/10468291454>

Soya forrajera (*Neonotonia wightii*) Wight & Arn.

Especie que se originó en las regiones tropicales y subtropicales de África, en Arabia y la India, la soya forrajera o perenne es una leguminosa de tipo herbáceo, de hábito rastrero, procumbente, que puede enredarse. Las hojas tienen una longitud de entre 1.5 y 15 centímetros de y un ancho de 1 a 12 centímetros; ovaladas a elípticas, lisas y ocasionalmente con vellosidad en las dos caras de las hojas; los folíolos laterales, pueden presentar con frecuencia forma oblicua o lobada. Sus tallos son pilosos, con buena ramificación, pudiendo enraizar en los nudos, produciendo gran cantidad de raíces con pequeños nódulos, al encontrar soporte.

Como inflorescencia tiene racimos que contienen de 20 a 150 flores de pequeño tamaño, blancas a violáceas de entre 4.5 a 11 milímetros de longitud. Las vainas pueden ser desde rectas a levemente arqueadas en la punta, teniendo escasa o abundante pilosidad; en cada vaina se encuentran entre tres y ocho semillas con longitudes de 2 a 4 milímetros, variando tanto en tamaño, forma como color, en función de la variedad (figura 38).

La soya perenne necesita suelos con buena fertilidad, sin problemas de drenaje, con pH de 6.5 a 7.0; prefiriendo los suelos pesados por sobre los livianos y tolera encharcamientos por cortos lapsos de tiempo. No es tolerante a suelos con acidez, o a altas concentraciones de aluminio o de manganeso. (Tang y otros, 1987)



Figura 38. Soya forrajera (*Neonotonia wightii*)

Fuente: https://www.ecured.cu/Soja_forrajera

Maní forrajero (*Arachis pintoi*) Krapovickas & W.C. Gregory.

Especie de tipo herbáceo, perenne, con hábito rastrero, y estolonífera que puede producir una cobertura total en el área donde se desarrolla. Su altura se ubica entre 15 y 25 centímetros si se siembra como monocultivo, y 40 centímetros si tiene que competir con otras especies, las hojas son alternas y compuestas, formadas por cuatro folíolos con forma ovada, y presentando un color verde, que varía desde claro a oscuro.

El tallo presenta ramificaciones, es circular. Aunque levemente aplanado, los entrenudos son cortos, y los estolones alcanzan hasta 1.5 metros de largo. La raíz es de tipo pivotante y profundiza hasta 30 centímetro (figura 39). Puede adaptarse a suelos con acidez, con fertilidad desde baja a alta, y texturas que

varían desde franco- arenosas hasta franco-arcillosas, sin importar la calidad del drenaje del suelo (**Rincón A. y otros, 2011**)



Figura 39. Maní forrajero (*Arachis pintoi*)

Fuente: <https://saenzfety.com/producto/mani-forrajero-arachis-pintoi/>

Desmodium sp.

Este género de plantas leguminosas anuales o perennes originarias de las regiones tropicales y subtropicales de América abarcan unas 200 especies. En términos generales se trata de plantas subarborescentes, erectas o de hábito rastrero, que se encuentran en los climas tropicales y subtropicales, en altitudes de hasta 2500 msnm que requieren para su establecimiento de lluvias por encima de los 1000 mm/anuales, pero posteriormente y a causa de su raíz pivotante toleran la sequía. No es exigente en cuanto requerimientos edáficos, ya que se adapta a diferentes tipos de suelos incluso los de drenaje deficiente, pudiendo establecerse en terrenos con desnivel que tengan suficiente humedad.

Sus hojas son trifoliadas, estipuladas, en muchos casos estriadas. Sus flores presentan simetría bilateral y en racimo, con colores vistosos donde predominan el amarillo, violáceos y rojo-rosado (figura 40), y sus semillas son longitudinales

de forma elíptica. Dentro de las especies más destacadas se tienen la uña de gato (*Desmodium intortum* (Miller)), hoja de plata (*Desmodium uncinatum* (Jacq)) trébol tropical (*Desmodium ovalifolium* (L.)), y otras especies conocidas como pega-pega (*Desmodium barbatum*, *D. canum*, *D. heterocarpum*, *D. discolor*) porque las semillas de las mismas suelen pegarse a la piel de los animales del potrero o a la indumentaria de las personas. (León y otros, 2018)



Figura 40. *Desmodium* sp

Fuente: <https://www.pileje.es/revista-salud/desmodio>

2.9.3. Leguminosas arbustivas

Leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Lamark) De Wit.

Leguminosa nativa de México y Centroamérica, puede ser un arbusto o un árbol, llegando a crecer hasta alturas superiores a los 20 metros en forma silvestre. Las hojas son bipinnadas de entre 15 y 20 centímetros de largo y están compuestas por 20 a 40 folíolos (pequeñas hojas) dispuestos en pares, con longitudes entre 7 a 12 milímetros, y ancho de 3 a 4 milímetros. Las flores tienen forma globosa, blancas, que producen un racimo en el cual las vainas son

aplanadas, con longitud entre 12 y 18 centímetros, así como un ancho de 2 a 5 centímetros; en cada vaina hay 15 a 30 semillas, que pueden ser de color café claro u oscuro al madurar (figura 41). Están recubiertas por una capa de gran dureza y también impermeable que dificulta una uniforme germinación, por lo cual antes de su siembra deben escarificarse. Se desarrolla mejor en suelos neutros o alcalinos con pH de 6.0 a 7.7, con texturas desde arcillosa hasta arenosa. No se recomienda su siembra en suelos con pH menor a 5.5 debido a su raquítico desarrollo en esta condición de acidez.



Figura 41. *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*)

Fuente: <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/white-popinac-lead-tree-scientific-name-2047714019>

Matarratón (*Gliricidia sepium*) Jack

Esta especie de leguminosa es de tipo arbóreo, originaria de las regiones bajas que se ubican en el Pacífico mexicano y de Centro América; las hojas compuestas, imparipinadas, alternas y son deciduas, de ovadas hasta elípticas, y longitud de entre 3 a 7 centímetros, se encuentran opuestas en el raquis y el envés presenta un color gris claro. Tiene flores zigomorfas con forma de guisantes con una longitud de 2 a 2.5 centímetros, los tallos son finos y en densos racimos con longitudes de 5 a 10 centímetros, los pétalos rosado blancuzcos y también pueden estar o matizados con tonos púrpuras (figura 42). Se establece áreas

ubicadas en alturas inferiores a los 600 metros por encima del nivel del mar, prefiriendo los hábitats secos y húmedos, clima seco y caliente. (Francisco & Hernández, 1998)



Figura 42. Matarratón (*Gliricidia sepium*) Jack

<https://www.flickr.com/photos/22012266@N02/8426977889>

Guandúl (*Cajanus cajan*)

Leguminosa arbustiva multipropósito erguida que puede alcanzar los 2,5 metros de altura, empleada frecuentemente como banco de proteínas, siendo empleada también para la conservación de suelos. Presenta hojas trifoliadas, racimos axilares, flores amarillas, vaina rojiza. Su rusticidad la hace tolerante a suelos pobres y sequías, aunque su mejor crecimiento se da en suelos sueltos o francos, con buen drenaje y ligeramente alcalinos, presentes en altitudes de hasta 1800 msnm, con precipitación entre los 700-2000 mm/anuales. Su contenido de proteína bruta en follaje oscila entre el 15-22% y en semilla entre 20-22%, digestibilidad en follaje en torno al 60%, y en la semilla entre 55-70%. Además de la alimentación animal también se emplea en la alimentación humana (Navarro y otros, 2014)



Figura 42. Guandúl (*Cajanus cajan*)

https://www.ecured.cu/Cajanus_Cajan

Poroto (*Erythrina edulis*)

El poroto (pajuro en ciertos países de la región) es originario de Latinoamérica. Esta leguminosa multipropósito es una planta (árbol) frondoso de altura entre 10-15 metros, que presenta hojas color verde oscuro intenso, flores color rojo brillante en racimo, que forman posteriormente vainas alargadas, redondeadas y color verde brillante que contienen los granos de poroto (figura 43).

La especie presenta buena adaptación a diferentes zonas agroecológicas, presentándose producciones hasta en altitudes de 3200 msnm, con precipitaciones que oscilan entre 450 y 2000 mm anuales y temperaturas entre 5 y 25 °C. Prefiere para su crecimiento los suelos franco arenosos de textura suelta, pero se adaptan a suelos arcillosos de textura pesada, es poco tolerante al encharcamiento, , y sus hojas, vainas y semillas presentan un alto valor nutritivo, pudiendo ser propagado sexual y asexualmente, y no requiere demasiados cuidados una vez prende la estaca. (Cárdenas, 2012)



Figura 43. Poroto (*Erythrina edulis*)

<https://foro.infojardin.com/threads/vendo-semillas-de-chachafruto-erythrina-edulis.65548/>

2.9.4. Otros

Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) Hemsl.

Planta herbácea perenne multipropósito originaria de Centroamérica, con amplio rango de adaptación y distribución a nivel tropical. Su altura se encuentra entre 1,5 a 4,0 m; presenta hojas con bordes, inflorescencia de color amarillo (figura 44).

El botón de oro es una especie con capacidad de acumular nitrógeno en sus hojas (tanto como las leguminosas), con habilidad para recuperar escaso nutrientes del suelo, siendo capaz de tolerar la acidez y baja fertilidad del suelo, teniendo gran capacidad de producción de biomasa (30-70 toneladas forraje verde/ha) y alta recuperación después del corte, no siendo exigente en cuanto a insumos y manejo de cultivo. Su valor nutricional varía entre el 15-29% de proteína en hojas en base seca. Se emplea con múltiples fines, tales como cercas vivas, ornamentales, silvopastoriles, forraje de corte, antiparasitario, abono verde, e incluso con fines medicinales en humanos. (Ramírez, 2018)



Figura 44. Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) Hemsl

<https://www.tramil.net/es/plant/tithonia-diversifolia>

Remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L)

La remolacha forrajera es una hortaliza empleada como recurso forrajero, siendo cultivada a gran escala en el norte de Europa. Se adapta a diversos climas, exceptuando los extremadamente fríos ya ante heladas las raíces se ven afectadas y por tanto se pierde su valor forrajero. Su raíz es pivotante, flores poco llamativas y hermafroditas, y las semillas están adheridas al cáliz. La planta es exigente tanto en luminosidad como en humedad, pudiendo ser cultivada en altitudes entre los 500-2800 msnm, tomando en cuenta su preferencia por suelos con alto contenido de materia orgánica, y suficiente cal por ser susceptible a la acidez.

Puede presentar rendimientos de hasta 50 toneladas por hectáreas, siendo sus raíces voluminosas con un contenido de materia seca entre 11-12%, y un 6-8% de proteína, con alta capacidad de duración pos cosecha (hasta seis meses). Si bien las hojas pueden también emplearse como recurso forrajero, conviene hacerlo en combinación con otros forrajes, dado el efecto laxante que pueden tener (**León y otros, 2018**). La remolacha forrajera es un cultivo suplementario que presenta un alto contenido energético, capaz de estimular la producción de

leche, con alta digestibilidad y palatabilidad, cuyo uso permite complementar la dieta en animales que son alimentados a base de forrajes. (Lafaux y otros, 2015)



Figura 46. Remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L)

<https://www.agronewscastillayleon.com/la-remolacha-forrajera-una-alternativa-estudiar>

Yuca (*Manihott esculenta*) Crantz

Considerada un cultivo alternativo forrajero, dado el elevado contenido proteico de sus hojas (22%), similar al que presenta la alfalfa y el elevado valor energético de la raíz por su contenido de almidón que puede emplearse como sustituto del maíz en las zonas tropicales húmedas. Su tolerancia a períodos largos sequía incluso mayor a tres meses, tolerancia a temperaturas elevadas, alta adaptación a condiciones edáficas adversas en suelos de baja fertilidad y su comprobada capacidad para la producción de biomasa, posibilitan sea incorporada como forraje no convencional en sistemas de producción a fin de reducir el déficit de disponibilidad de pastos (o la calidad de los mismos) en períodos climáticos críticos. (Gómez y otros, 2017)



Figura 47. Yuca (*Manihott esculenta*)

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/aprenda-preparar-la-yuca-para-suplementar-sus-bovinos>

Malanga (*Colocasia esculenta* L) Schott

La malanga tiene su centro de origen en el Sudeste Asiático, y es una planta herbácea y suculenta que puede alcanzar hasta los 3 metros de altura, que se adapta bien a las condiciones tropicales húmedas y subhúmedas, con elevadas precipitaciones y unas condiciones edáficas adecuadas. Su uso dentro de la producción agrícola se relaciona con la búsqueda de alimentos con una relación favorable entre valor nutricional y bajos costos.

El tallo central, conocido como cormo es rico en carbohidratos (18-30% base fresca) y vitaminas, bajo en proteínas, cuya pulpa es blanca generalmente y constituye la parte comestible de la planta. Es una planta de rápido desarrollo vegetativo, aprovechable en su totalidad, de fácil propagación y aceptable valor nutricional, que ha sido usada para la alimentación humana, y que en el caso de la alimentación animal sus hojas, tallos y cormos hervidos (mayor palatabilidad) se emplean en cerdos y la harina integral para alimentos de ovinos. (Madrigal-Ambriz y otros, 2018)



Figura 48. Malanga (*Colocasia esculenta* L)
<https://www.cr-agrocorp.com/cultivos.html>

CONCLUSIONES

Ecuador es un país con una gran diversidad de suelos y clima lo que ofrece la oportunidad de adaptación a una gama amplia de especies gramíneas y leguminas forrajeras, que pueden suplir parte de los nutrientes requeridos para la producción caprina, ovina y bovina.

La zonificación agroecológica es clave para seleccionar las especies forrajeras en función de las limitaciones y potencialidades que pueden ofrecer las diferentes regiones agroclimáticas del Ecuador, esta etapa de selección será clave para aprovechar el máximo potencial genético, en especial de aquellas especies introducidas que deben adaptarse a condiciones de suelo y clima que garantice su crecimiento.

Además de la zonificación agroecológica la reproducción de las especies forrajeras previo al establecimiento de la pastura es vital, para lo cual se debe garantizar una adecuada calidad de las semillas, que serán empleadas para el método de reproducción en el caso de aplicar los métodos asexuales adecuados para lograr minimizar las pérdidas durante el proceso de establecimiento de la pastura.

MANEJO DE PASTIZALES Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán, L. S., Condo Plaza, L. A., Rojas Oviedo, L. A., Huebla Concha, V. H.

ISBN: 978-987-82816-4-3

CAPÍTULO 3

ESTABLECIMIENTO DE PASTIZALES

RESUMEN

Para garantizar una adecuada producción de los pastizales se debe, previo a su establecimiento, conocer los diferentes ecosistemas en los cuales se pueden desarrollar y de esa manera seleccionar las condiciones edáficas y climatológicas que requieren los pastos a sembrar, además para el establecimiento se deben desarrollar una serie de procedimientos agronómicos que serán abordados en este capítulo como son el análisis de suelo, la fertilización, el riego, control de maleza, plagas y enfermedades, hasta la cosecha del pasto en caso de que su utilización vaya a ser para ensilaje o henificación, todo el manejo que se lleve a cabo y que es descrito en este capítulo debe ser concebido bajo sistema de producción sustentable.

Palabras claves: agroecosistema, manejo agronómico, productividad sustentabilidad.

ABSTRACT

To guarantee an adequate pasture production, prior to its establishment, it is necessary to know the different ecosystems in which it can develop and thus select the edaphic and climatological conditions required by the pasture to be sowing, in addition, for the establishment, a series of agronomic procedures must be developed, which will be addressed in this chapter, such as soil analysis, fertilization, irrigation, weed control, pests and diseases, up to the harvesting of the pasture in case it is going to be used for silage or haymaking, all the management that is carried out and that is described in this chapter must be conceived under sustainable production systems.

Key words: agroecosystem, agronomic management, productivity, sustainability

INTRODUCCIÓN

Aunque el Ecuador posee zonas agroecológicas que permiten la producción de pastos durante todo el año, tanto en condiciones tropicales de alta temperatura y precipitación, como en zonas de páramos de baja temperatura, es necesaria la caracterización de los elementos que definen cada uno de estos biomas con la finalidad de seleccionar los pastos que mejor se adecúen a cada zona en función de las limitaciones y potencialidades del mismo, y considerando además que los agroecosistemas están sujetos a presiones antrópicas que han conllevado a su deterioro.

El establecimiento de pastizales pasa por la zonificación agroecológica y la reproducción, dos aspectos que ya fueron abordados en el capítulo 2, sin embargo para un correcto establecimiento del pastizal se debe dar un manejo adecuado al mismo, lo que involucra una serie de acciones agronómicas que van desde el análisis del suelo, con fines de elaborar los planes de fertilización, la adopción de sistema de riego que se adecue a las condiciones climáticas imperantes en la zona, el control de las plagas y enfermedades, hasta los métodos de cosecha del pastizal.

El establecimiento y desarrollo de una pastura involucra la interacción hombre, pasto y animal; y dependiendo de su manejo este puede traer beneficios para el ecosistema, debido a que los pastizales pueden contribuir a mejorar las propiedades físicas del suelo, mantener la estructura, reducir la erosión y bien manejado pueden constituirse en un sumidero de carbono que reduzca las emisiones de este, mitigando el efecto invernadero y el calentamiento global. (Delaby y otros, 202)

Lamentablemente el manejo de las pasturas no ha sido el más adecuado y como consecuencia de un manejo agronómico inadecuado, el sobrepastoreo por

cargas de animales que superan la capacidad de soporte del pasto, se han agravado los problemas de degradación del suelo, además de la merma en la productividad de los pastos por la salinización y acidificación de suelo, además de repercutir sobre su calidad, también lo hacen en la capacidad de suplir los nutrientes que necesitan los animales, reduciendo la producción tanto de leche como de carne.

Además de los problemas económicos citados en el párrafo anterior producto del manejo inadecuado de los pastizales, los problemas ambientales se han acentuado, en especial la degradación de los suelos y cambios en el clima, por lo que es necesario desarrollar los criterios que deben tener los profesionales del agro para el manejo sustentable en el establecimiento de los pastizales y los cuales son abordados en este capítulo.

3.1 Caracterización de tipos de pasturas

Las pasturas pueden ser tipificadas en naturales (nativas, silvestres, pastizales) y cultivadas (sembradas, introducidas), lo que determina el origen de estos (Coêlho y otros, 2021). Las pasturas naturales son las conformadas por los pastos nativos, o sea que son propias del lugar y poseen la capacidad de adaptarse a las condiciones ambientales particulares presentes en la zona (figura 49).

Las pasturas cultivadas refieren a tierras en las cuales han sido incorporadas especies forrajeras mejoradas, adaptadas a las condiciones presentes en la zona, destinadas primordialmente al pastoreo, así como a la henificación y silaje, con el fin de incrementar la producción por hectárea/animal.



Figura 49. Pastura natural

Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/pasto-y-forraje-produccion-manejo-tipos-y-uso/>

Las pasturas cultivadas se pueden clasificar por su longevidad en: anuales o temporales, cultivos forrajeros de corte sembrados en rotación de forma anual que permiten mejorar los requerimientos forrajeros; permanentes, tierras dedicadas durante 5 años o más al cultivo de especies, con pocas labores

mecanizadas durante ese tiempo salvo para incrementar la productividad (figura 50).



Figura 50. Pasturas cultivadas

Fuente: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/pastos-forrajes-tropicales-introductos-t30925.htm>

3.2 Descripción de los biomas relevantes que existen sobre la tierra.

El término bioma (paisaje bioclimático, área biótica) hace mención a áreas geográficas que presentan clima, fauna y flora similares, lo que permite su diferenciación entre los diversos tipos de biomas, en los cuales el clima es quien que determina el desarrollo de fauna y flora, y las relaciones existentes entre éstas.

Los biomas indican las condiciones ecológicas de una determinada zona geográfica, y éstos se han clasificado en biomas terrestres y biomas acuáticos. Los más importantes y sus respectivas características se muestran dentro de la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los biomas predominantes en los ecosistemas terrestres

Bioma	Características
Tundra	Bioma Terrestre. Zona Fría. Escasa precipitación, normalmente en forma de nieve. Temperaturas bajas están entre (-15° y 5° C). Terreno congelado en su mayoría. La vegetación está limitada a algunos líquenes, musgos y a algunas hierbas. Característico de zonas árticas y antárticas (10% superficie del globo terrestre)
Taiga (Bosque boreal)	Bioma Terrestre. Zona Fría. Franja del hemisferio norte (América del Norte, Asia y Europa). Ecosistemas muy fríos con temperaturas inferiores a -40°C en invierno. Poca disponibilidad de agua, heladas, vegetación primordial de coníferas (pinos y abetos). Lobos, alces, renos, ardillas y osos conforman su fauna.
Bosque Mediterráneo (Chaparral)	Bioma Terrestre. Zona Templada. Escasas precipitaciones y marcado período seco. Característicos del sur de Europa, costa sur de Australia, California, Chile y México nor-occidental. Vegetación dominada por robles, encinas, alcornoques, eucaliptos. La fauna europea incluye liebres, zorros, ciervos, reptiles, jabalíes. La fauna norteamericana contempla osos, pumas, reptiles, ardillas y alces.
Bosque caducifolio	Bioma Terrestre. Zona Templada. Bosque adaptado a las cuatro estaciones (verano, otoño, primavera, invierno). Conformado por capas vegetales definidas (árboles maduros, arbustos y herbáceas). Temperaturas moderadas y precipitaciones variables, bien distribuidas en estaciones. Suelos poco lixiviados, profundos y fértiles.
Praderas (Pampas, estepas, velt)	Bioma Terrestre. Zona Templada. Amplias zonas de Norteamérica, Sudamérica, Eurasia y Sudáfrica. Temperatura entre 5 y 29° C, precipitaciones entre 300-1500 mm/año, suelos alcalinos inundables, vegetación predominante pastizales y herbáceas (gramíneas).
Desierto	Bioma Terrestre. Zona Templada. Escasez de agua y lluvias irregulares, alta evaporación. Temperaturas variadas, desde -47°C hasta 40° C. Desiertos cálidos o fríos. Suelos altamente erosionados. Vegetación y fauna escasa y adaptada a las condiciones.
Selva Tropical (Fluvial, húmeda)	Bioma Terrestre. Zona Tropical. Ubicadas en América, África y Oceanía, cercanas al Ecuador. Clima caluroso y húmedo. Precipitaciones abundantes y continuas. Temperaturas diurnas y nocturnas sin grandes variaciones. Gran biodiversidad. Vegetación exuberante y estratificada. Árboles y plantas trepadoras.

	Vertebrados e invertebrados. La selva amazónica es la de mayor extensión (Selva tropical lluviosa).
Sabana Tropical	Bioma Terrestre. Zona Tropical. Praderas tropicales presentes en grandes zonas de Sudamérica, África, India, Australia Septentrional y Sudeste Asiático. Clima semiárido. Presentan formaciones de planicies, vegetación herbácea y arbustiva, clima cálido con estaciones secas y lluviosas marcadas. Fauna predominante herbívoros, carnívoros.
Manglar	Bioma Acuático. Zonas tropicales y subtropicales. Presentes en desembocaduras de ríos, costas y marismas. Vegetación árboles de mangle tolerantes a aguas saladas.
Marinos	Bioma Acuático. Océanos y litorales. Más extenso de los biomas. Profundidad variable de aguas. Presencia de organismos adaptados a la salinidad de aguas. Divididos en base a profundidad y distancia de las costas, lo que determina a su vez la diversidad de especies en cada una.
Dulceacuícolas	Bioma Acuático. Lagos, lagunas, ríos, humedales. Baja concentración de sal (menor al 1%). Vegetación mayormente conformada por angiospermas. Fauna conformada por peces, reptiles, anfibios, insectos, mamíferos y aves.

Fuente: (Roldan, 2022)

3.3 Zonas agroecológicas de pastizales en el Ecuador.

3.3.1 Pastizales en la región litoral

También se conoce como sabana tropical o pradera. Son zonas óptimas para ser cultivadas, sí poseen riego en óptimas condiciones. En algunos en los cuales son escasas las lluvias, son utilizados como campos de pastoreo de ganado. Están ubicados en las provincias de Los Ríos, Guayas, El Oro, y también en regiones de Manabí y Esmeraldas (figura 51). Aun cuando, algunos de estos biomas son objeto de algunas situaciones antrópicas como la deforestación, erosión y sobreexplotación del suelo. (León et al. 2018)



Figura 51. Región costa de Ecuador

Fuente: <https://proyectpr3.wixsite.com/proyect5pr/region-costa>

3.3.2 Pastizales de región Sierra

En la zona de la Sierra del Ecuador son predominantes principalmente los pastizales bajos, abundantes, debido a la existencia dese de mayor humedad. Estas zonas también reciben el nombre de páramos. Son tierras adecuadas para su cultivo. En los páramos andinos la vegetación que predomina son los pajonales, los cuales están conformados por diferentes tipos de plantas gramíneas. En estas zonas se pueden cultivar otras plantas tales como: yuca, papaya, cítricos, palma africana, pastizales para la ganadería, etc. Las abundantes lluvias, características del clima de esta región, influyen en la vegetación, la cual es exuberante (figura 52).



Figura 52. Región sierra de Ecuador

Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/749990144180851170/>

3.3.3 Pastizales de región Amazonia

Las condiciones de la región amazónica del Ecuador caracterizada por el exceso de precipitaciones y mayoría de suelos que presentan complejo de infertilidad limitan el potencial forrajero de los pastos, incluso condicionando el crecimiento y desarrollo de ciertas especies, hecho que no ha impedido introducir y evaluar forrajes mejorados. Por las características de la región, las especies herbáceas recomendadas y predominantes son del género *Brachiaria*, el pasto gramalote, pastos de género *Pennisetum*, pasto guinea, y pasto alemán. En cuanto a las leguminosas se deben mencionar especies del género *Centrosema*, *Desmodium*, el maní forrajero, la alfalfa, entre los más representativos (**León y otros, 2018**).

3.4 Tipos de pasturas basadas en la Estación de uso.

Las características de crecimiento de gramíneas y leguminosas forrajeras propias de cada estación varían en función de la especie considerada, así como del morfotipo y genotipo de planta y, similarmente del clima prevaleciente en la región. En una gran cantidad de los países ubicados en las zonas tropicales, la

velocidad de crecimiento de las especies forrajeras presentes está muy relacionada con la distribución de la precipitación en cada estación y con las temperaturas que ocurren durante todo el año

3.4.1 Pasturas estación seca

La sequía es una situación climática caracterizada por lluvias por debajo del promedio durante un período de tiempo considerable. A corto plazo, esta falta de lluvia tiene un impacto negativo en el establecimiento de pastos y casi siempre influye en su crecimiento de las plantas, incluidos los pastos, y por ende afecta la producción animal. Dependiendo de la magnitud de la sequía y de las medidas adoptadas, los impactos pueden extenderse, generando efectos a largo plazo, como exposición del suelo, presencia de malezas, mayor dependencia de los alimentos concentrados o conservados, reducción de la condición corporal de los animales, reducción de la fertilidad de las vacas, causando problemas de salud como brotes de garrapatas. **(Jurado-Guerra y otros, 2021)**

Las principales características de las sábanas neotropicales son la baja fertilidad que tienen sus suelos, y también una estacionalidad muy elevada en las precipitaciones. La productividad, por esto, está condicionada por la cantidad anual de las lluvias y su distribución, tanto en el caso de la vegetación que se encuentra en forma natural como la de los pastos cultivados **(Wadsworth, 2000)**. Los déficits de agua pueden ocurrir en períodos cortos o largos, lo cual puede provocar cambios en la fisiología y la morfo-anatomía de las plantas, mismas que permitirán el mantenimiento de la productividad e incluso su supervivencia a mediano y largo plazo.

Una gran parte de los pastos forrajeros de los trópicos muestran tolerancia a condiciones de sequía. Sus respuestas van desde los cambios morfológicos, que les hace más disponible la poca humedad que hay en el suelo, y la disminución

en la pérdida de agua por transpiración, aumentando así la eficiencia en el uso del agua, logrando mantener una adecuada turgencia en las células aun a bajos potenciales hídricos en las hojas. Como resultado, las plantas pueden tener una producción fotosintética relativamente baja durante los períodos secos, pero a su vez pueden mantener el crecimiento por más tiempo. **(Martín & Cañizares, 2018)**

3.4.2 Pastos en zonas inundables

En las regiones tropicales húmedas, con mucha frecuencia las plantas forrajeras están expuestas, durante todo su desarrollo o por algunos periodos, en forma ocasional a inundaciones, bien sea por estar en zonas bajas, en cuencas endorreicas o por estar en zonas con mal drenaje, lo que produce retención de humedad en esos suelos por periodos prolongados (figura 53). La inundación del suelo, incluso por largos periodos de tiempo, ocasiona la saturación de estos, generando condiciones de tipo anaeróbicas, las cuales favorecen el incremento en las cantidades de bióxido de carbono; además del posible aumento de la solubilidad de elementos como manganeso, y hasta del hierro y el aluminio, que pueden alcanzar niveles muy altos e importantes. **(Rodas-Trejo y otros, 2017)**



Figura 53. Pasturas tropicales bajo condiciones de inundación.

Fuente: <https://www.revistachacra.com.ar/nota/las-pasturas-tropicales-doblegan-a-la-inundacion/>

En las regiones tropicales, las principales causas de la inundación de los terrenos usados para pastoreo, bien sea de forma intermitente o de manera continua por largos periodos, son las tormentas severas, drenajes deficientes por el terreno o por el tipo de suelo, o por el desborde de ríos y canales. Igualmente, se encuentran algunas regiones en las cuales la inundación es un evento poco frecuente, mientras en otras esto resulta ser una situación que se presenta de forma cíclica o incluso perenne, lo cual puede constituirse en una severa limitante para la producción animal bajo pastoreo.

Para esas especies que se desarrollan en las zonas bajas, soportarán condiciones extremas de humedad. Por un lado, situaciones de extrema abundancia de agua, incluyendo inundaciones, y por otro, condiciones de extrema sequía cuando el agua desaparece de los suelos y estos, en general arcillosos, empiezan a fracturarse como consecuencia de la misma sequía, con los daños al sistema radical.

3.5 Tipos de Pastizales según la comunidad de plantas.

Las plantas de la familia Poaceae o Gramínea, llamadas vulgarmente pastos o gramas, son especies que pueden desarrollarse en una gran cantidad de ambientes, con gran diversidad en referencia a sus exigencias de agua, fertilidad en el suelo, y temperaturas. Son incluidas en la dieta del animal con el objetivo de satisfacer sus necesidades energéticas, bien sea como fibras, almidón o azúcares de tipos más simples. En términos generales, son grandes productores de materia seca por hectárea; sus contenidos en proteína son de medianos a bajos, de acuerdo con la especie y etapa en su ciclo de crecimiento.

Las fabáceas o leguminosas, son mayormente de tipo herbáceo, aunque también pueden encontrarse en ciertas condiciones plantas de tipo arbóreo o arbustivo (montes o bosques naturales bajo pastoreo). En general tienen mayores

niveles de exigencia que las gramíneas, especialmente las de tipo herbáceo. Aunque su producción de materia seca por superficie sembrada es menor que la obtenida con Gramíneas, tienen un contenido de proteína bruta mucho mayor, y se incluyen en la dieta para suplir esa fracción principalmente y en menor grado las exigencias de energía (**Olascuaga-Vargas y otros, 2016**) donde especies como la *Leucaena leucocephala* son muy utilizadas como banco de proteínas (figura 54).



Figura 54. Uso de leucaena como banco de proteína.

Fuente:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/40/Banco_de_prote%C3%ADnas_de_Leucena.jpg

3.5.1 *Pasturas mixtas*

Son poblaciones no naturales conformadas por diferentes especies con variadas características en su morfología y fisiología, incluyendo especies de tipo perennes, aunque sea una sola (figura 55).



Figura 55. Pasturas mixtas.

Fuente: <https://www.todoalfalfa.com.ar/evaluacion-de-gramineas-y-leguminosas-en-mezclas-para-el-centro-de-entre-rios/>

3.6 Practica: Reconocimiento de los tipos de pastizales

3.6.1 *Aspectos cuantitativos*

Existen diferentes métodos para medir la vegetación y estos pueden ser de tipo cuantitativo o tipo cualitativo, estos últimos tienen la ventaja de poder hacerse rápidamente además de ser económicos y muy descriptivos, aunque no la descripción obtenida del pastizal es solo parcial.

Al medir cuantitativamente se usa mayor cantidad de tiempo, por lo cual cuestan más, y también tienen un mayor grado de dificultad, pero a pesar de estas desventajas, son mejores al disminuir la influencia de las opiniones, y ser realmente la base a partir de los cuales se puede hacer un manejo del pastizal.

3.6.1.1 Medidas cualitativas

Organización de las diferentes especies: En general, dentro de la comunidad, la distribución de los individuos no ocurre de forma aleatoria (tabla 2), antes se organizan en colonias de diferentes tamaños.

Tabla 2. Ponderación de del tipo de reunión de especies

Ponderación	Atributo
5	Especies reunidas en formaciones generalmente amplias
4	Especies reunidas en pequeñas colonias
3	Especies reunidas en haces
2	Especies reunidas en grupos
1	Especies reunidas aisladas

Fuente: www.fcagr.unr.edu.ar

Homogeneidad del pastizal: abundancia en la presencia de cada especie en los grupos los cuales delimitan que tipo de comunidad se encuentra en los sitios estudiados.

Ponderación	Atributo
4	80-100 % del grupo definen la comunidad
3	75%
2	50%
1	<=25%

Vitalidad: Refiere esta característica al crecimiento de la especie dominante.

Ponderación	Atributo
-------------	----------

4	Vigorosa (gran número de macollos o tallos)
3	Normal
2	Débil
1	Muy débil, hay plantas muertas y/o marchitas.

Fuente: www.fcagr.unr.edu.ar

3.6.2 Escala de condición del pastizal

La condición del pastizal está definida por su estado de salud. Su determinación permitirá la aplicación de técnicas de manejo con el objetivo de aumentar su productividad forrajera.

3.7 Labores pre culturales

Las labores pre culturales (figura 56), deben realizarse unos treinta días de antes de la siembra e incluyen las labores de arado y rastreo, utilizándose la cantidad de pases que sean necesarios para obtener un suelo adecuadamente mullido; la preparación del suelo debe ser la necesaria y se deben usar en lo posible prácticas conservacionistas.

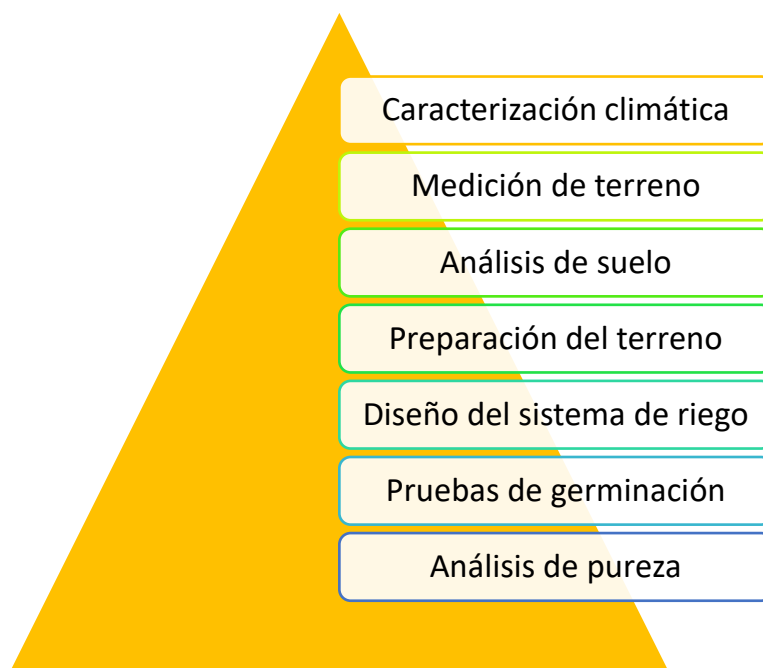


Figura 56. Labores pre culturales para establecimiento de los forrajes.

3.7.1 *Análisis del suelo*

El análisis de suelo, previo al establecimiento del pastizal, se realiza para conocer sus condiciones en cuanto a las posibles limitaciones físicas y químicas de este, y de ser necesario llevar a cabo las correcciones y fertilización, ajustadas a los requerimientos de la especie que se pretende sembrar.

Básicamente el análisis de suelos comprende procedimientos químicos que permiten establecer la capacidad del suelo para proporcionar los nutrientes y determinar en sí mismo el estado nutricional del suelo, en base a sus deficiencias y posibles tóxicos presentes, fundamental para trazar las estrategias de manejo a nivel correctivo y de fertilización.

El muestreo es primordial para un análisis adecuado, y debe ser representativo del área o lote a fin de permitir obtener resultados exactos y precisos, y debe ser realizado con una periodicidad de dos o tres años. El diseño de la toma de muestras puede realizarse al azar, muestreando áreas de referencia, muestreo sistemático en cuadrículas o bien a través de un muestreo dirigido, donde las submuestras han de ser similares en cuanto a volumen para los puntos de muestreo.

La toma de muestras implica considerar ciertos factores como la exclusión de áreas no representativas, siendo recomendable realizarlo en época seca y posterior a los tres meses de haber aplicado enmiendas o fertilizantes, a una profundidad entre 0-20 cm en el caso de la mayor parte de especies forrajeras.

La determinación de la fertilidad del suelo se puede obtener a partir de análisis que contempla el análisis físico para conocer la textura, contenido de humedad, densidad aparente, y el análisis químico para determinar pH, conductividad eléctrica, carbonatos presentes en suelo, materia orgánica,

capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables, fósforo, potasio, nitrógeno, boro y otros micronutrientes.

3.7.2 Fertilización

La fertilización conlleva tener en cuenta los requerimientos nutricionales de las especies sembradas y la fertilidad del suelo de la zona, por lo que se recomienda realizar un análisis de suelos para conocer los nutrientes disponibles en el suelo, y mediante la fertilización suplir la carencia de nutrientes que el cultivo necesita, tomando en cuenta previamente, en función del pH y la CIC, la necesidad de aplicar enmiendas.

En el establecimiento de pastizales, la fertilización de la siembra involucra la fertilización inicial, con la cual se corrigen las deficiencias de nutrientes en el suelo permitiendo elevar la reserva de nutrientes a los niveles requeridos, y la fertilización complementaria la cual hace referencia a la fracción de fertilizantes que no fue aplicada al momento de la siembra (fertilizantes nitrogenados), pero que igualmente también será aplicada, posteriormente.

Las dosis de fertilizantes recomendadas dependen de los requerimientos de cada cultivo y de la fertilidad que tenga el suelo, siendo recomendable el uso de mezclas balanceadas (fórmulas químicas) para el establecimiento, al ser de aplicación sencilla y homogénea.

Adicionalmente se debe considerar la Ley del Mínimo que hace referencia al elemento cuya disponibilidad para la planta es menor, que limita el uso del resto de los elementos, así como el seguir criterios técnico-económicos, tomando en cuenta que en el caso de pastos es recomendable realizar la fertilización de establecimiento en el momento de la siembra, lo cual favorece el crecimiento de la plántula y su establecimiento.

En los casos de pastizales que no han sido fertilizados durante largos períodos de tiempo, y presentan síntomas de deficiencias, se realizan

fertilizaciones de recuperación, cuya puesta en práctica es similar a la de la siembra. Luego del segundo pastoreo es recomendable realizar fertilización de mantenimiento, bajo los mismos preceptos de fertilidad de suelo y dosis, tomando en cuenta adicionalmente la época de aplicación y la localización.

3.7.3 Reproducción

La productividad en los pastizales, así como su persistencia, puede mantenerse a partir de la reproducción sexual (semillas botánicas) o asexual (material vegetativo). La reproducción sexual permite mantener la diversidad genética y regeneración en casos de ambientes perturbados, en tanto la reproducción asexual, al disponer de recursos proporcionados por plantas madres, tienen la capacidad de reproducirse en ambientes desfavorables, y se utiliza frecuentemente en el caso de plantas perennes.

3.7.3.1 Sexual

Pruebas de germinación

Las pruebas de germinación muestran el mayor potencial (estimado o esperado) que posee la semilla para generar nuevas plantas. Es el método más frecuentemente empleado para determinar la viabilidad y calidad fisiológica de un lote de semillas, así como la capacidad de estas para producir plántulas (porcentual) bajo óptimas condiciones ambientales.

3.7.3.2 Calidad de semillas de pastos

El uso de semilla certificada como principio fundamental en el establecimiento de pastizales, es esencial a fin de garantizar la pureza, calidad genética, fisiológica y fitosanitaria, lo que redundará en mejores resultados a nivel productivo, a partir de una alta tasa de germinación y vigorosidad, con material

que cumple con las características que han llevado a su escogencia para el establecimiento del pastizal.

La calidad de la semilla guarda relación directa con el establecimiento del pastizal y la productividad del mismo, de ahí que, a pesar de su mayor costo inicial por kilogramo, la garantía que ofrece a nivel de germinación, vigorosidad y establecimiento hace que su costo final por hectárea resulte más económico.

3.7.3.3 Asexual

La reproducción asexual implica utilizar material vegetativo proveniente de partes de la planta (madre) que contienen yemas, tales como cepas, estolones, estacas o tallos con raíces, cuya reproducción deriva en una planta de iguales características a la progenitora, siendo un método de reproducción muy frecuentemente empleado en el caso de los pastos tropicales, dada la dificultad de disponer de semilla con elevado poder germinativo y su alto costo.

En el caso de la reproducción asexual, el material vegetativo a utilizar debe ser sano, vigoroso, presentar un grado de madurez ideal con puntos de crecimiento viables, procediendo a su siembra en el menor tiempo posible. Este método de reproducción presenta la ventaja de su mejor competencia con las malezas ya que su crecimiento y desarrollo post siembra es más precoz.

3.7.4 Siembra

La siembra representa una labor en la cual se deben considerar una serie de aspectos que son determinantes en la calidad y persistencia del pastizal. Entre los aspectos resaltantes está la preparación y acondicionamiento previo del terreno que se debe realizar para garantizar el adecuado establecimiento, y que el proceso productivo y de uso del pastizal se puedan llevar a cabo con facilidad, tales como la nivelación de terreno, elaboración de cercos y demás instalaciones,

considerando siempre la fertilidad y acidez del suelo, y la especie a sembrar y su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas.

La preparación del suelo, posterior al análisis del mismo, puede conllevar la corrección de la acidez (común en el trópico) a partir de enmiendas calcáreas, la aplicación de barbecho químico para el control del tapiz vegetal. La labranza del suelo puede realizarse mediante labranza convencional, en el cual la roturación permite preparar la cama de semilla, la mínima labranza que permite mantener las propiedades del suelo, y la cero labranza como práctica conservacionista.

Previo a la siembra, es fundamental conocer la calidad de semilla la cual debe ser certificada, conocer su procedencia, condiciones sanitarias, siendo recomendable hacer pruebas de germinación, todo lo cual contribuirá ajustar la densidad y tasa de siembra. En los casos de siembra asexual, la cantidad a utilizar dependerá principalmente de la especie seleccionada, y el material debe cumplir las condiciones fitosanitarias y provenir de plantas vigorosas.

La siembra utilizando semilla (sexual) de ciertas especies requiere de la escarificación, a fin de facilitar la penetración del agua y acelerar su germinación, siendo recomendable en el caso de las leguminosas, la inoculación con bacterias fijadoras del género *Rhizobium*. En el caso de reproducción asexual el inoculante puede ser aplicado rociándolo en solución.

La época de siembra en función de la distribución de lluvias y época de ocurrencia puede ser temprana si se realiza al inicio del período lluvioso o tardía si se efectúa en períodos de mayor pluviosidad o posterior a éstos. La densidad de siembra entendida como el número de plantas por hectárea y obtener la cobertura deseada en un período de tiempo, varía según las distintas especies.

La distribución del material a sembrar, entendido como sistema o forma de siembra, puede ser al voleo, en hileras o surcos, o en franjas. La siembra al

voleo requiere del uso de mayor cantidad de semilla, la cual conviene mezclarla con material orgánico para mejorar su distribución en el suelo, procediendo a su incorporación mediante implementos. La siembra en hileras emplea menor cantidad de semillas y se realiza con maquinaria (sembradoras) en el caso de grandes extensiones, pudiendo ser manual en el caso de pequeñas extensiones, y en ambos casos permite diversos patrones en pasturas asociadas. La siembra en franjas implica que el suelo no se prepara en su totalidad, sembrándose únicamente en la porción de suelo preparado de forma mecánica o química.

Otros aspectos para considerar son la profundidad de siembra para garantizar el contacto con el suelo de manera idónea y nivel de humedad adecuado que permita la germinación, así como temperatura y humedad presente en el suelo (dependiendo de la época en que se siembra) considerando que cada especie posee un rango óptimo de germinación, siendo las gramíneas más exigentes que las leguminosas en este sentido.

3.8 Labores culturales

3.8.1 *Resiembra*

Actividad cultural que forma parte del manejo posterior a la siembra, en el marco de los ajustes menores que deben llevarse a cabo en el establecimiento del pastizal y la persistencia del mismo. Posterior a la siembra, en un plazo promedio de tres semanas, se debe realizar una inspección y verificación de la población de plantas por unidad de superficie (metro cuadrado), y decidir, tomando esto como base, el proceder a realizar la resiembra, al observarse problemas de establecimiento, bien sea con semilla botánica o material vegetal, para cubrir los espacios vacíos de terreno en los cuales sea necesario para uniformizar la cobertura vegetal.

3.8.2 Limpieza

En la primera etapa del establecimiento del pastizal las malezas (malas hierbas) compiten con las especies cultivadas por agua, luz y nutrientes, por lo que se hace necesario la limpieza y control de las mismas, con el propósito garantizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, utilizando oportunamente métodos de control mecánicos o químicos.

El control mecánico puede realizarse con palas o cosechadoras entre los surcos e hileras, de tal forma de eliminar la parte aérea de las malezas sin afectar los pastos. En el caso de controles mecánicos manuales, se emplean machetes o guadañas. En ambos casos el fin último es favorecer el crecimiento y desarrollo de los pastos.

El control químico se hace utilizando herbicidas selectivos, especialmente cuando se trata de pasturas sembradas con una única especie, lo cual permite la erradicación de las malezas presentes.

3.8.3 Cosecha

El tiempo y la época de corte van a depender del estado fisiológico del pasto y de las características climáticas donde está establecido, por lo general se recomienda cortar antes de la floración de cada especie para garantizar unos mayores contenidos de proteínas y digestibilidad. La cosecha de forraje comienza con el corte de forrajes frescos. Esta tarea se realiza mediante el uso de una cosechadora, una cosechadora acondicionadora o una hileradora (figura 57).



Figura 57. Cosecha de forraje.

Fuente: <https://www.agritotal.com/nota/el-corte-clave-en-la-calidad/>

Las precauciones de seguridad relacionadas con estas máquinas son más fáciles de explicar mediante la identificación de las cuatro áreas principales de peligro: el punto de toma de fuerza (PTO), las cuchillas o barra de corte, los molinetes para aplastamiento/trillado y los rodillos de recolección.

En el establecimiento de pastizales, la decisión de cuándo y cómo realizar el primer pastoreo tiene incidencia posterior en el comportamiento y rendimiento del pastizal, y se debe tomar en consideración aspectos como la especie sembrada y condiciones edafoclimáticas, e incluso el tipo de animal.

Generalmente el primer pastoreo ocurre posterior a los dos meses y medio o tres meses, dependiendo de la precocidad de la especie, y empleando animales jóvenes con peso menor a 200 kg., durante un período corto de tiempo, donde esencialmente hagan un despunte, y así facilitar el macollamiento y evitar que arranquen las plantas al comerlas (figura 58).



Figura 58. Pastoreo controlado.

Fuente: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-sistemas-de-pastoreo-en-ganaderia-sostenible>

El corte de pasto, representa un mejor aprovechamiento preliminar del pastizal, minimizan la selectividad y desperdicio de forraje, y en el cual se deben tomar las previsiones a fin de no dejar restos que interfieran con el desarrollo de las plantas jóvenes y tiernas, considerando la altura de corte idónea que favorezca el crecimiento y desarrollo posterior del cultivo.

CONCLUSIONES

El establecimiento de pastizales depende tanto de la adaptabilidad del pasto a las características edafológicas y a las condiciones del clima en la zona, como de la calidad de las semillas, y su crecimiento y desarrollo, así como del manejo agronómico que se les da a las pasturas, por lo que en Ecuador se deben seleccionar pasturas que se adapten a las diferentes condiciones, desde extremas de sequía a condiciones de inundación, en función de la variabilidad observada en el país.

Un manejo inadecuado de los pastizales puede conllevar a un deterioro progresivo del suelo dado el manejo agronómico intensivo, así la como rotación de los potreros, que exceda la carga animal, lo que conlleva a un deterioro progresivo del suelo, especialmente de la estructura de este, causando un aumento de las emisiones de CO₂, compactación del suelo y erosión.

El manejo agronómico que se le dé a los pastizales debe ser concebido bajo un enfoque de manejo sustentable de tal manera que los pastizales contribuyan a mejorar las propiedades del suelo y se convierten en sumideros de carbonos, además de que las pasturas de mejor calidad se traducen en una mayor productividad de leche y carne, en beneficios de los productores y por ende de los consumidores ecuatorianos al contar con productos más inocuos y de mejor calidad.

MANEJO DE PASTIZALES Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán, L. S., Condo Plaza, L. A., Rojas Oviedo, L. A., Huebla Concha, V. H.

ISBN: 978-987-82816-4-3

CAPÍTULO 4

MANEJO DE PASTIZALES EN ZONAS TROPICALES

RESUMEN

Los pastizales en las zonas tropicales tienen un alto potencial para la producción de materia seca y proteína que garanticen los nutrientes requeridos para la alimentación animal y garantizar una adecuada producción de leche y carne, estos es posible dada la diversidad de la gran oferta forrajera de gramíneas y leguminosas, sin embargo para lograr ello se requiere de un adecuado manejo agronómico en el diseño de prácticas de siembra, riego, fertilización y cosecha, considerando las condiciones limitantes que presentan algunas zonas tropicales y que dé no ser manejados de manera sustentable, además de mermar la producción causan un deterioro de los recursos naturales, por lo tanto en este capítulo se establecen las bases para un manejo agronómico sustentable para la producción de pastizales en el contexto de las condiciones edáficas y climáticas del trópico.

Palabras claves: agronomía, degradación, productividad, sostenibilidad.

ABSTRACT

The pastures in the tropical zones have a high potential for the production of dry matter and protein that guarantee the nutrients required for animal nutrition and guarantee an adequate production of milk and meat, this is possible given the diversity of the great forage supply of grasses and legumes, without an embargo to achieve this, it requires an adequate agronomic management in the design of sowing, irrigation, fertilization and harvesting practices, considering the limiting conditions that present some tropical zones and that cannot be managed in a sustainable way, in addition to reduce of production causes a deterioration of natural resources, therefore, in this chapter, the bases for sustainable agronomic management for the production of pastures in the context of the edaphic and climatic conditions of the tropics are established.

Key words: agronomy, degradation, productivity, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria bien sea de bovinos, caprinos y ovinos crece de manera importante en la mayoría de los países tropicales (**Altuve, 2021**), muchos de estos sistemas destinados a la producción de leche y carne sin embargo no alcanzan los rendimientos esperados, debido a que no es posible garantizar una adecuada suplencia de alimentos, debido entre otros factores al alto costo de alimentos concentrados.

Aunque en la zona existen pastos nativos, el valor nutricional de los mismos es pobre a pesar de adaptarse a condiciones extremas de altas temperaturas (**Armenteras y otros, 2020**), déficit hídrico o inundación, por lo que es necesario la introducción de pastos con un mayor valor nutricional, tanto gramíneas como leguminosa, sin embargo, las condiciones de fertilidad de suelos y las limitaciones climáticas impiden lograr la máxima productividad de los mismos. (**Apráez y otros, 2019**)

Para aumentar la productividad el primer paso es zonificar estos pastos en las zonas agroecológicas que mejor se adapten a los requerimientos de las especies forrajeras, sin embargo, las tierras de alta calidad son escasas debido a problemas de acidificación de suelos, salinización, compactación y erosión (**Beltrán y otros, 2018**), por lo cual se debe trabajar en mejorar las condiciones existentes.

Para mejorar las condiciones actuales de las tierras para la producción de pastizales, se deben llevar a cabo prácticas agronómicas como la propagación de las especies forrajeras, la siembra preparación del terreno, fertilización, riego, control de plagas y malezas, en este sentido en este capítulo se hace una descripción de las prácticas agronómicas más importante en los sistemas de pastizales.

Además de describir las prácticas en el capítulo se concientiza a los futuros profesionales del agro en el Ecuador sobre la importancia del manejo sostenible de los pastizales, para reducir los riesgos de problemas medio ambientales, como la compactación de suelo, erosión, aumento de las emisiones de CO₂, donde la actividad agropecuaria y el manejo inadecuado de pastizales, tiene una importancia responsabilidad en ello.

4.1. Sistemas alternativos de producción forrajera en clima cálido

Los sistemas alternativos de producción forrajera hacen referencia al empleo de especies herbáceas y arbustivas de alto valor proteico y energético (Alcarraz y otros, 2022), adaptadas en este caso al clima cálido, generalmente nativas de la zona, las cuales contribuyen al aumento productivo de las actividades pecuarias.

Estas especies forestales de utilidad variada representan una opción válida, y validada, que incrementa la calidad del forraje, especialmente en los períodos secos donde la cantidad y calidad del forraje se ven afectadas por la estacionalidad. Adicionalmente, los sistemas alternativos, contribuyen a la conservación de los recursos naturales con efectos positivos en la mitigación de los efectos del cambio climático.

4.2. Alternativas de producción

Las alternativas de producción forrajera implican la utilización de pastos mejorados, forrajes de corte, árboles, arbustos y leguminosas forrajeras, con el objetivo de paliar o dar solución a la problemática derivada de la estacionalidad. Entre estas alternativas se tienen:

4.2.1. Bancos de proteína

Los bancos de proteínas son áreas en las cuales se realiza la siembra de árboles o arbustos forrajeros en altas densidades, leguminosas con un alto contenido proteico (Pile y otros, 2021), a fin de favorecer la productividad animal a partir de la oferta de un forraje de mayor calidad. Son empleados frecuentemente en la época seca como alternativa de suplementación de la dieta animal, bien sea en corte o pastoreo y de manera complementaria a las gramíneas.

Las características más destacadas de los bancos de proteínas como alternativa de producción forrajera son: alternativa excelente para el suministro de biomasa forrajera con alto valor proteico, buena y alta digestibilidad (**Molano y otros, 2019**), las especies leguminosas que conforman los bancos de proteínas soportan altas densidades de siembra y suelen presentar una elevada tasa de rebrote y palatabilidad, y proporcionan entre tres y cuatro veces más proteínas que las especies gramíneas.

En función de la forma de manejo es posible establecer bancos de proteínas de leguminosas arbustivas forrajeras en bancos para corte y acarreo, especialmente en períodos secos para mejorar la alimentación de los animales; banco de proteínas para ramoneo los cuales son consumidos de manera directa por los animales; en sistemas de callejones, alternándolos hileras de arbustos forrajeros con pastos y leguminosas rastreras (figura 59), en donde los animales consumen de manera balanceada pastos y leguminosas rastreras, además de ramonear.



Figura 59. Banco de proteína de *Leucaemia leucocephala* y *Glycine max* para la producción forrajera.

Fuente: <https://infopastosyforrajes.com/arbol-forrajero/leucaena/> y
https://diariodecuba.com/cuba/1610976337_28098.html

El establecimiento de bancos proteicos implica considerar las características de la zona geográfica, ubicación del banco de proteínas, características del suelo y del clima, a fin de determinar las especies más adecuadas.

4.2.2. Bancos de energéticos.

Los bancos energéticos están conformados por especies gramíneas de porte alto, o pastos de corte, que se caracterizan por ser especies con un alto nivel de energía digerible (**Argüello-Rangel y otros**), contribuyendo al bienestar animal, su productividad y reproductividad. En estos destaca el uso de caña forrajera (figura 60).



Figura 60. Caña Forrajera como fuente energética para la alimentación animales regiones tropicales.

Fuente: <https://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/cana-1082.html>

Al igual que ocurre con las especies empleadas para bancos de proteínas, se deben tomar en cuenta las características de la zona, así como lo relacionado con las condiciones edafoclimáticas y la localización del banco energético, para determinar la especie a incorporar, la cual debe presentar buena capacidad de rebrote, buena producción de hojas y sea de alta calidad nutritiva.

Los bancos forrajeros (proteicos y/o energéticos) permiten producir y disponer de forraje rico en nutrientes en períodos secos, reduciendo la necesidad de adquirir suplementos alimenticios (**Avendaño & Navarro, 2020**), y permite diversificar el uso de la tierra con los beneficios que ello conlleva. En la actualidad el empleo de banco mixtos está siendo implementado a que ello permite

proporcionar una dieta balanceada a los animales y con ello incrementar la productividad.

4.2.3. Silvopastoril

El sistema silvopastoril es una alternativa de producción en la que se combinan árboles, arbustos con pasturas y animales (**Arciniegas-Torres & Flórez-Delgado, 2018**). Constituye por tanto un tipo de agroforestería ganadera, en los cuales interactúan forrajeras herbáceas y animales juntamente con especies leñosas perenne bajo un manejo integral (figura 61).



Figura 61. Sistema silvopastoril como alternativa de producción ganadera tropical.

Fuente: <https://la.network/sistemas-silvopastoriles-mejoran-calidad-de-los-suelos/>

Esta alternativa representa sistemas de producción sostenibles cuyo diseño e implementación implica considerar su adaptación a las condiciones y factores ecológicas, sociopolíticas y económicas del área (**Altuve, 2021**).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en sus Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS), contempla la introducción de especies leñosas perennes en sistemas ganaderos como una de las acciones más destacadas (**2017**), por los beneficios que esta práctica conlleva a nivel agroecológico.

En términos generales, bajo un sistema silvopastoril los procesos biofísicos son más eficientes lo que redundará en una intensificación de la producción ganadera (**Puicón-Niño-de-Guzmán & Gutiérrez-Arce, 2022**). Las pasturas manejadas bajo este sistema tienen un alto potencial en cuanto a su contribución para la mitigación de los efectos del cambio climático.

Las ventajas más relevantes que ofrece el manejo silvopastoril como alternativa de producción, muchas de ellas relacionadas con los principios agroecológicos que se aplican, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Ventaja de los sistemas silvopastoriles para la producción ganadera tropical.

Constituyen hábitat propicio para la biota del suelo
Incremento de la productividad y calidad de los pastizales
Incremento de la producción animal al favorecer su bienestar
Fijación de nitrógeno atmosférico en el suelo
Aporte de material de fácil mineralización favorecedor de reciclaje de nutrientes
Estratificación del uso de recursos
Mejora la fijación de carbono
Ofrecen protección al suelo y conservación de cuerpos de agua.
Contribuye a la conservación de la biodiversidad
Contribuye a la solubilización de fósforo en suelos ácidos
Transformación máxima de energía solar en biomasa vegetal
Reducción de costos por menor uso de plaguicidas y otros insumos
Incremento de indicadores económicos
Efecto positivo sobre el empleo
Revalorización de las propiedades

Fuente: Ochoa y García (2014); León et al (2018); Del Pozo (2019).

4.2.4. Cercas vivas.

Las cercas vivas como práctica, consiste en la plantación o siembra lineal de árboles y/o arbustos bien sea en los linderos externos del área productiva (figura 62), o bien en delimitaciones internas de la misma, por lo que en principio su objetivo originario es custodiar y facilitar el control de movimiento tanto de animales como de personas (**Morantes-Toloza & Renjifo, 2018**).



Figura 62. Ejemplo de cerca viva.

Fuente: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/beneficios-ambientales-y-para-la-finca-de-las-cercas-vivas>

A nivel agroforestal, y específicamente como alternativa forrajera, las cercas vivas proporcionan forraje de calidad para los animales, particularmente en épocas de sequía. Las especies empleadas en las cercas vivas deben tener un rebrote rápido, ser resistentes a podas continuas, considerando tanto el objetivo para el cual se desea establecer, y las condiciones edafoclimáticas.

Adicionalmente al aporte de forraje y de los beneficios económicos derivados, las cercas vivas constituyen una estrategia del manejo paisaje, repercutiendo en la recuperación de la diversidad biológica, contribuyen al bienestar, mantenimiento y mejoramiento de suelos, favorecen la creación de microclimas favorables para el sistema productivo.

4.2.5. Hidroponía.

La hidroponía es el método de cultivo de plantas, en este caso forrajeras, en las que emplea suelo, y en donde los diversos nutrientes requeridos por las plantas son proporcionados a través del medio acuoso (figura 63).



Figura 63. Producción de forraje verde hidropónico.

Fuente: <https://agriculturers.com/origenes-y-uso-del-forraje-verde-hidroponico/>

Esta alternativa permite solventar problemas relacionadas con la mala calidad de suelos, la estacionalidad, optimizando el uso del agua en el proceso, pero presenta como ventajas adicionales el requerir un menor espacio, la inocuidad e higiene de las especies cultivadas, y en el caso de las zonas de clima cálido, la posibilidad de cultivar plantas forrajeras en condiciones donde la climatología no es la idónea. **(Mejía & Orellana, 2019)**

El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología alternativa de producción de alimento para los animales ha sido considerada como una opción válida para la producción de forraje en beneficio de las actividades agropecuarias de forma sostenible **(Chavarria-Torrez & Castillo-Castro, 2018)**, a partir del desarrollo de biomasa vegetal, que a nivel práctico implica la germinación de semillas de cereales y leguminosas, y su crecimiento y desarrollo, en condiciones controladas y en ausencia de suelo.

El FVH como sistema alternativo, garantiza la producción de biomasa vegetal con una elevada calidad nutricional y sanitaria (**Chavarria-Torrez & Castillo-Castro, 2018**), alta palatabilidad. Producido de manera rápida (estimada entre 9-15 días), en cualquier período del año, localidad o zona geográfica, que disponga de las condiciones requeridas para su establecimiento, que puede ser aplicada de manera complementaria a manera de sustituir parcialmente la materia seca que es aportada por el forraje obtenido por los métodos tradicionales de producción o la aportada por alimentos concentrados.

4.3. Manejo de la fertilización de las pasturas

El manejo de la fertilización de las pasturas representa una estrategia importante dentro de los sistemas de producción sostenibles de producción animal por el impacto que tiene en la producción de biomasa forrajera y en el mantenimiento de las condiciones de fertilidad del suelo (**López & Villalobos, 2022**), teniendo como fundamento la fertilidad natural que presenta el suelo, los requerimientos de las especies cultivadas y el reciclaje de nutrientes, con el objetivo de suplir las deficiencias que pudieran haber entre los nutrientes disponibles en el suelo y los que son requeridos por los pastos.

4.3.1. Composición química del suelo.

La composición química del suelo refiere a las propiedades químicas del mismo, la reacción o pH y los nutrientes o elementos químicos (**Cierto y otros, 2022**). Todo plan de manejo de fertilización de pasturas implica previamente la realización de un análisis de suelo, cuyos resultados ofrecen el punto de partida para la toma de decisiones en cuanto a la realización de posibles enmiendas previas requeridas.

El pH afecta la disponibilidad de nutrientes, tiene incidencia en el tipo de materia orgánica producida y en actividad microbiana, y en el caso del trópico

los suelos se caracterizan por su acidez (**Rivera y otros, 2018**). En relación con los nutrientes los suelos tropicales se caracterizan por presentar deficiencias de elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y elevados niveles de aluminio, hierro y manganeso que incluso pueden representar riesgo de toxicidad (figura 64).

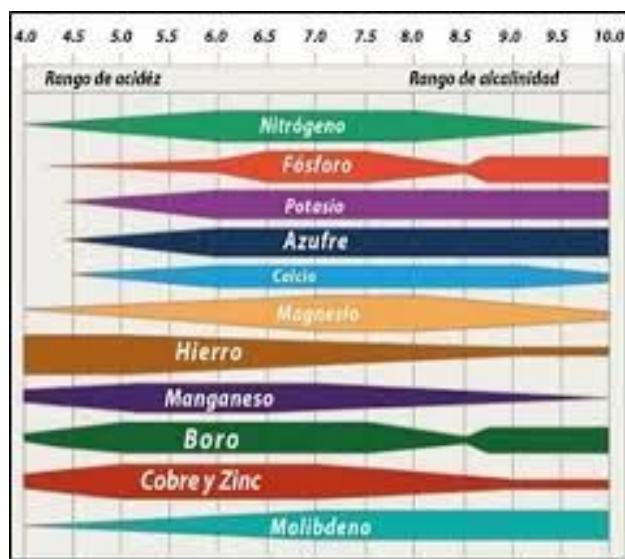


Figura 64. Disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo en función del pH.

Fuente: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>

Es un hecho estudiado y conocido que en la mayoría de los suelos tropicales el nitrógeno, fósforo y potasio son los nutrientes más demandados por las pasturas (**García & Navarro, 2013**), en donde el nitrógeno suele presentar mayores deficiencias por su mayor demanda por parte de los pastos, en especial los de alto rendimiento, y por las pérdidas de este nutriente producto de la volatilización y lixiviación.

4.3.2. Nivel de fertilidad de los suelos según el contenido N- P- K y MO.

La interpretación de los análisis de suelos permite determinar la fertilidad del mismos en base a valores referenciales establecidos en tablas para tal fin. Para

el caso de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica se tienen como niveles los presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Requerimientos de macronutrientes esenciales para la producción optima de pastizales.

Nutriente	Bajo	Medio	Óptimo	Alto
P (ppm)	Menor a 12	Entre 12-20	Entre 20-50	Mayor a 50
K (ppm)	Menor a 0,2	Entre 0,2-0,5	Entre 0,5-0,8	Mayor a 0,8
MO (%)	Menor a 2	Entre 2-5	Entre 5-10	Mayor a 10

Ppm=mg/L

Fuente: Molina y Meléndez (2002) citado en Cerdas (2011)

En el caso del Ecuador, el INIAP ha establecido tablas para determinar los niveles de los elementos químicos tanto en la Costa como en la Sierra, las cuales se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Requerimientos de macronutrientes esenciales para la producción optima de pastizales en región de la costa y Sierra de Ecuador

Niveles elementos químicos en la Costa (Ecuador)
--

Nutriente	Bajo	Medio	Alto
N (ppm)	Menor a 31	Entre 31-40	Mayor a 100
P (ppm)	Menor a 8	Entre 8-14	Mayor a 14
K (ppm)	Menor a 0,2	Entre 0,2-0,38	Mayor a 0,38
MO (%)	Menor a 3	Entre 3-5	Mayor a 5

Niveles elementos químicos en la Sierra (Ecuador)

Nutriente	Bajo	Medio	Alto
N (ppm)	Menor 30	Entre 30-60	Mayor a 60
P (ppm)	Menor a 10	Entre 11-20	Mayor a 21
K (ppm)	Menor a 0,2	Entre 0,2-0,38	Mayor a 0,38
MO (%)	Menor a 1	Entre 1-2	Mayor a 2

Fuente: INIAP citado en León et al. (2018)

4.3.3. Métodos de aplicación del fertilizante.

Los fertilizantes, sean éstos orgánicos o químicos, pueden ser aplicados de diversas formas, y dentro de las buenas prácticas se debe escoger no sólo el método más recomendable, sino también considerar factores como la especie, fecha de siembra, condiciones edafoclimáticas, etc. Básicamente la aplicación del fertilizante puede hacerse al suelo (edáfica), a las hojas (foliar) o por medio de la fertiirrigación.

La fertilización edáfica consiste en la aplicación del fertilizante directamente en el suelo de tal forma que los nutrientes estén disponibles para su absorción por parte de las raíces y ser aprovechados por la planta. Pueden aplicarse antes, durante o posterior a la siembra, en función de las necesidades del cultivo y la reacción que tengan éstos con el suelo. **(Rincón y otros, 2018)**

La fertilización edáfica puede realizarse al voleo (manual o mecanizada), esparciendo el fertilizante en toda la superficie o incorporando el fertilizante a través de la labranza. La fertilización localizada, al contrario, implica fertilización

de áreas seleccionadas ubicadas en bandas o en hileras, y especialmente durante la siembra. En el caso de la fertilización de cobertura, el fertilizante es aplicado al voleo sobre un cultivo a en pie y desarrollado, siendo empleado usualmente en suelos donde se requieren dosis adicionales de nitrógeno o este no puede ser aplicado en su totalidad al momento de la siembra.

La fertilización foliar (figura 65) implica que el aporte de nutrientes se lleva a cabo a través de las hojas, con alta eficiencia potencial como complemento a la fertilización edáfica y tomando en cuenta factores relacionados con la planta, climatológicos y de la composición en sí misma del fertilizante foliar. Es utilizada para la corrección rápida de deficiencias nutricionales, para hacer frente a problemas derivados de la alta fijación por parte del suelo o aquellos derivados de una inadecuada absorción por parte del sistema radicular.



Figura 65. Ejemplo de fertilización foliar.

Fuente: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-absorcion-de-nutrientes-a-traves-de-la-fertilizacion-foliar>

Mayoritariamente es empleada para la aplicación de micronutrientes ya que la cantidad aplicable es limitada por el daño que puede ocasionar a las hojas, y en cualquier caso se deben respetar las dosis recomendadas y la aplicación debe llevarse a cabo preferiblemente en días nublados, a primeras horas de la mañana o a últimas horas de la tarde. La aplicación a partir de quelatos mejora la

absorción a través de las hojas y translocación a través del floema. Merece la pena destacar que la aplicación de macronutrientes de manera foliar ha dado pocos resultados exitosos en cultivos extensivos. **(Cieri & Zanzottera, 2018)**

La aplicación de fertilizantes vía fertirriego, donde los fertilizantes se hayan disueltos en el agua y son incorporados empleando para ello los sistemas de riego, permite transportar y aplicar los nutrientes de manera controlada permitiendo maximizar rendimientos.

4.3.4. Causas de la reducción de la efectividad de los fertilizantes.

Las causas de la reducción de la efectividad de los fertilizantes son variadas, se asocian a factores tales como el cultivo, la movilidad del fertilizante en el suelo, método de aplicación empleado, momento de la aplicación, dosis y composición en sí misma del fertilizante, condiciones del suelo, ambiente y manejo. **(Finck, 2021)**

La especie cultivada, las características de su sistema radicular y la capacidad de absorción de nutrientes, el método de siembra, la distancia entre hileras, son factores inherentes al cultivo que tienen incidencia en la efectividad de los fertilizantes.

Los nutrientes muy dinámicos en el suelo, como el nitrógeno, ven afectada su efectividad en la fertilización por causa de la volatilización y desnitrificación (figura 66). La temperatura del suelo, menor capacidad de intercambio catiónico también tiene efectos sobre las pérdidas de este nutriente. Igualmente, la reacción del suelo tiene efecto en la reducción de la aplicación de fertilizantes. **(Finck, 2021)**



Figura 66. Pérdidas de nitrógeno en el suelo.

Fuente: <https://hive.blog/hive-196387/@emiliomoron/nuevo-metodo-a-partir-de-una-tecnica-antigua-para-producir-fertilizantes-de-liberacion-lenta>

Si bien en términos generales la aplicación localizada de fertilizantes, a bajas dosis, es más eficiente que al voleo, se debe tener presente que hay un límite de tasa de absorción máximo (Navarro & Navarro, 2014), por lo que incrementar las dosis no conlleva una mayor eficiencia y efectividad del fertilizante, especialmente en los casos de aquellos de baja solubilidad, pudiendo incluso acarrear salinización o toxicidad.

A nivel edáfico, el pH, capacidad de intercambio catiónico, temperatura, estructura, y propiedades físicas de éste, son factores que pueden llevar a reducir la efectividad de la aplicación de fertilizantes.

El método de aplicación empleado bien sea manual o empleando equipos de aplicación, deben garantizar que tanto la distribución uniforme de los fertilizantes como las dosis de éstos sean las correctas, ya que de lo contrario la efectividad de estos se verá afectada.

4.3.5. *La Ley del Mínimo y la ley de los rendimientos.*

La ley del mínimo enunciada por Von Liebig en 1840 (Ley de Liebig), de importancia en la producción de cultivos y principio general para la fertilización de estos, señala que bajo un conjunto de condiciones de crecimiento el

rendimiento de la cosecha está determinado por el nutriente que se encuentra disponible en menor cantidad, siendo un factor limitante para el rendimiento general.

Esta Ley además contempla que el exceso que pueda haber en cualquier otro nutriente no conlleva a compensar la carencia del nutriente limitante (Natalia y otros, 2019), por lo que deja de manifiesto que la relación entre los elementos nutritivos y la necesidad de que se alcance el nivel óptimo en cada uno de ellos a fin de garantizar el rendimiento óptimo, por lo que mejorar la disponibilidad del nutriente limitante deriva en un incremento del rendimiento.

La Ley de los Rendimientos (decrecientes) o Ley de Mitscherlich, como avance a lo señalado en la Ley del Mínimo, plantea que el incremento de rendimiento por unidad de factor de crecimiento es proporcional a la cantidad de rendimiento para llegar al máximo (Lloveras & Martínez, 2018), lo que gráficamente representa una curva decreciente de respuesta estableciendo un límite máximo para el rendimiento (figura 67). A nivel de fertilización esto implica que a medida que se incrementa la dosis de un nutriente se reduce el rendimiento de la cosecha por cada unidad de nutriente suministrada, hasta el punto de que cesa el aumento de los rendimientos e incluso éstos comienzan a disminuir.

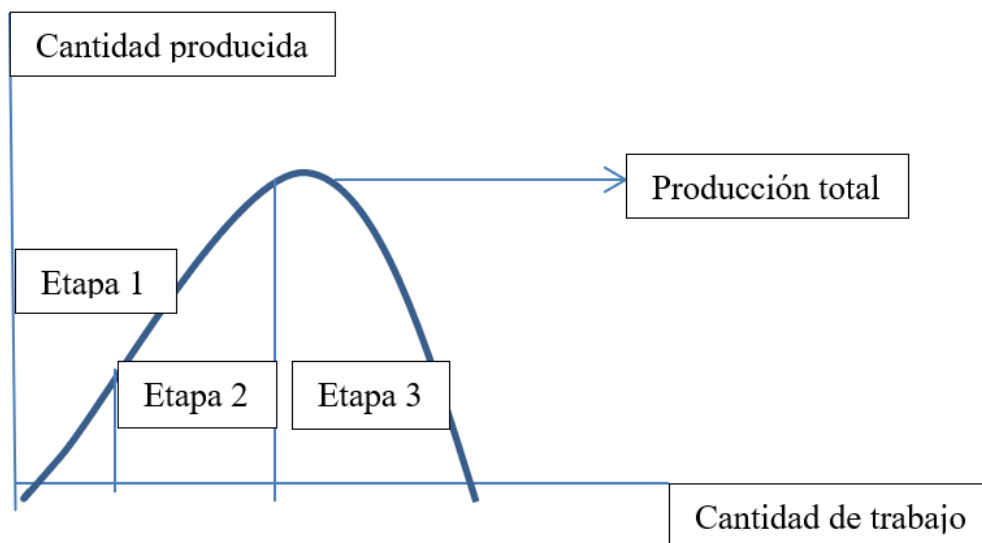


Figura 67. Ley de rendimiento decreciente.

Fuente: <https://economia.org/ley-de-rendimientos-decrecientes.php>

Esta ley deja claro que el rendimiento máximo en base al potencial que puedan tener los cultivos y el suelo se logra con un aporte máximo de fertilizantes, siendo el rendimiento óptimo aquel que se obtiene cuando la cosecha compensa lo gastado por fertilización.

4.3.6. Fertilización a base de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre.

Nitrógeno: por su alta movilidad y las posibles pérdidas debe ser aplicado de forma fraccionada. La fuente más empleada para la fertilización nitrogenada es la urea, y dada su solubilidad se recomienda su aplicación en la tarde y posterior al riego (**Finck, 2021**). Otras fuentes nitrogenadas empleadas en la fertilización de pastos son: sulfato de amonio, amidas (urea + sulfato de amonio), nitrato de amonio, nitrato de potasio y nitrato de calcio.

Fósforo: nutriente de gran movilidad, importante en la siembra con efecto residual por 2-3 años. Las fuentes más utilizadas para la fertilización fosfórica de pastos son el superfosfato simple, superfosfato triple, fosfato diamónico (DAP) y roca fosfórica.

Potasio: regulador del agua en la planta y provee resistencia contra fitopatógenos. Aplicado en la siembra. Las principales fuentes de potasio usadas en pastos son el muriato de potasio, sulfato de potasio, cloruro de potasio y magnesio y el nitrato de potasio.

Azufre: inmóvil en la planta y absorbido en forma de sulfato. En leguminosas promueve la nodulación. Las principales fuentes de fertilización empleadas en pastos son el sulfato de calcio o yeso y el sulfato de magnesio. En la mayor parte de suelos cultivados se encuentra presente en forma orgánica.

4.3.7. La Cal y el pH. Su importancia y aplicación.

El análisis de suelo permite determinar entre otros aspectos el pH, y en el caso de que refleje valores muy por debajo de 5,5 (suelos ácidos) que impliquen llevar a cabo acciones a fin de corregir dichos valores (**Perilla y otros, 2018**). La aplicación de enmiendas minerales a base de cal (cal agrícola o carbonato de calcio, dolomita o carbonato doble de calcio y magnesio) permite incrementar los valores de pH en suelo, teniendo efectos beneficiosos en los aspectos químicos, físicos y biológicos de éste.

Los suelos tropicales en su mayoría son ácidos, lo que implica que no suelen ser favorables para el desarrollo de las plantas presentando toxicidad por aluminio, y deficiencias de nutrientes. El grado de acidez o reacción del suelo viene determinado por la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en la solución del suelo, expresado por el potencial de hidrógeno (pH), que en el caso de suelos ácidos es bajo, limitando la disponibilidad de nutrientes (calcio, potasio, sodio, magnesio) y favoreciendo la presencia de elementos tóxicos (aluminio, manganeso). (**Finck, 2021**)

El encalado, como práctica empleada para elevar el pH del suelo a partir del calcio presente en la cal, permite el desplazamiento del aluminio y el hidrógeno de los coloides (figura 68), que al ser desplazados a la solución del suelo y a partir de una reacción con el carbonato, permiten formar compuestos que no causan daño a las plantas, incrementando el pH del suelo. La reducción de la toxicidad del aluminio y manganeso, el incremento de la disponibilidad de fósforo. (Perilla y otros, 2018)

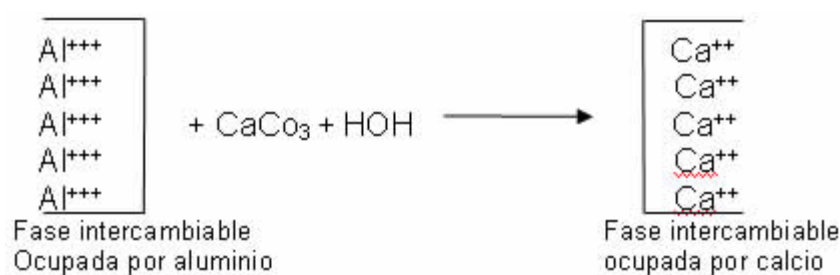


Figura 68. Reacciones del encalado en el suelo.

Fuente:

https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo2/tema_32.html

Algunos de los beneficios que reporta el aporte de cal como enmienda mineral son: la mejora de las condiciones del suelo para el buen desarrollo de la actividad microbiana y la fijación de nitrógeno en el suelo, beneficios en la estructura del suelo y la mejora en general de la productividad de cultivos susceptibles a la acidez de suelo son.

Existen diversos métodos para determinar la cantidad de cal para corregir el pH del suelo, bien se considerando el tipo de cultivo y suelo, tomando en cuenta el pH y la textura del suelo (Giraldo y otros, 2020), o una combinación donde se incluye el material con el cual encalar, pero en todos los casos la cantidad de toneladas a aplicar por hectárea debe ser mezclada con el suelo e incorporada previamente a la preparación del suelo para la siembra.

4.3.8. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son básicamente sustancias conformadas por desecho o restos de origen animal o vegetal empleadas como alternativa de fertilización del suelo, permitiendo suplir sus requerimientos biológicos, y cuyas propiedades a nivel fisicoquímico permiten mejorar la estructura del suelo, favoreciendo la formación de agregados, aireación, porosidad, infiltración, conductividad hidráulica, capacidad de retención de humedad, entre otros. Estos abonos favorecen e incrementan la actividad biológica, contribuyendo a la prevención y control a nivel fitopatógeno, aumentando la población de microorganismos benéficos y eficientes.

En función del grado de procesamiento y el estado físico, considerando que la fuente de nutrimentos es la materia orgánica, los abonos orgánicos pueden categorizarse tal y como se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de los abonos orgánicos.

Grado de procesamiento	Estado Sólido	Estado Liquido
Sin Procesar	Residuos Vegetales	Desechos de origen animal Pulpa de café Otros residuos
	• De cosecha	
	• De poda	
	• De postcosecha	
	Residuos Animales	
	• Estiércoles frescos	
	• De mataderos y otros	
	Coberturas	
	• Abonos verdes	
	• Mulch	
Procesados	Compost	Biofermentos
	Lombricompuesto	Té de compost
	Bocashi	Ácidos húmicos
	Ácidos húmicos	Extractos de algas
		Té de estiércol

Fuente: Ramos y Terry (2014)

4.3.9. Cálculos de fertilización de un pastizal

En términos generales se podría recomendar que, para el cultivo de pasto permanentes con una rotación de 45 días, se debe realizar un abonado con unos 200 kg de NPK (de diferentes formulaciones) en cada rotación, lo que equivale a 1.600 kg de fertilizante químico anual.

Es recomendable hacer uso de abonos orgánicos o enmiendas húmicas junto con los fertilizantes químicos, de manera de que mantener los niveles de fertilidad del suelo, evitando problemas de salinidad y elevación de los niveles de conductividad eléctrica que puedan producir una baja en la producción de los pastizales

Las aplicaciones de fertilizantes con productos sólidos, se recomienda un abonado de la siguiente manera: a) Después de cada rotación aplicar 150 kg/Ha (en lugar de los 200 kg que acostumbran), de fertilizante químico NPK, alternando una vez sin otra con las siguientes formulaciones:

Cuando se realicen aplicaciones de fertilizantes con productos líquidos, estos deben aplicarse por vía foliar y en una sola vez, junto con los herbicidas o fitosanitarios, para cada rotación de 45 días

4.4. Manejo integral de plagas y enfermedades en pasturas

El manejo integral de plagas y enfermedades en general, y en pasturas en particular, conlleva la utilización de técnicas y métodos disponibles (culturales, biológicos y químicos) a fin de mantener la incidencia de estas por debajo del umbral de daño económico (**Martínez, 2010**), minimizando los riesgos y problemas que pueden generar los huevos y propágulos.

Básicamente el manejo integrado de plagas y enfermedades contempla el uso de especies resistentes, asociación y rotación de especies, fertilización racional, manejo adecuado del agua y del pastoreo, controladores biológicos, y en caso de ser necesario, aplicación adecuada y racional de productos químicos (plaguicidas, bactericidas, fungicidas), todo ello fundamentado en el monitoreo constante considerando el umbral del daño económico.

4.4.1. Principales plagas en gramíneas y leguminosas forrajeras: Ciclo biológico y control

En la tabla 7 se presentan las plagas más comunes en gramíneas y leguminosas forrajeras presentes en el trópico, indicando el control a nivel biológico y químico a implementar. El control cultural en términos generales es el reseñado previamente.

Tabla 7. Plagas más comunes del Trópico que afectan la producción de especies forrajeras

Especie	Nombre Común	Tipo pasto atacado	Hábito	Control
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano barredor	Gramíneas	Comedor de follaje	CB: <i>Nomuraea riyeli</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Verticillium lecanii</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Trchogramma</i> sp., <i>Telenomus</i> sp. CQ: Carbarilo, Carbofurán, metomilo
<i>Mocis latipes</i>	Falso medidor	Gramíneas	Comedor de follaje	
<i>Agrotis</i> sp.	Gusano ejercito	Gramíneas	Comedor de follaje	
<i>Mocis repanda</i>	Pelador de pastos	Gramíneas	Comedor de follaje	
<i>Atta sexdens</i>	Bachaco rojo	Gramíneas y Leguminosas	Defoliador	Control etológico (feromonas) CB: <i>Beauveria bassiana</i> CQ: insecticidas en polvo, cebos envenenados
<i>Blissus</i> sp.	Chinche de pastos	Gramíneas	Chupador	CB: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Verticillium lecanii</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> CQ: Paration 50%, Diazinon 60%
<i>Aeneolamia</i> spp.	Candelilla, salivazo	Gramíneas (<i>A. reducta</i> también leguminosas)	Chupador	CB: <i>Oligosita</i> sp., <i>Anagrus</i> sp., <i>Centrodora</i> sp., <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Fusarium</i> spp. CQ: Carbaril, Malatión
<i>Heteropsylla cubana</i>	Sílido, Psyllido	Leguminosas	Chupador	CB: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Cycloneda sanguinea</i> , <i>Zellus</i> sp. CQ: insecticidas organofosforados
<i>Trips</i>		Leguminosas	Raspador-Chupador	CB: <i>Verticillium lecanii</i> , <i>Beauveria bassiana</i>

CB: Control Biológico; CQ: Control químico

Fuente: adaptado de Espinoza (2013)

4.4.2. Principales enfermedades fungosas, bacterianas y víricas en gramíneas y leguminosas forrajeras: Ciclo biológico y control.

Las enfermedades constituyen una limitante de consideración al afectar el rendimiento, calidad y persistencia de las pasturas, y su impacto se ve favorecido por factores edafoclimáticos y de manejo del pastizal. En la tabla 8 se describen las principales enfermedades que afectan a leguminosas y gramíneas en el trópico.

Tabla 8. Enfermedades más comunes del Trópico que afectan la producción de especies forrajeras

Enfermedad (Agente causal)	Sintomatología	Control
Antracnosis (<i>Colletotrichum trifolii</i> , <i>C. dematium</i> , <i>C. graminicola</i>)	Fúngica. Manchas negras irregulares en hojas y tallos (principalmente leguminosas). Favorecida por las lluvias, alta humedad y altas temperaturas.	Uso de variedades resistentes, semillas de calidad, tratamiento de semillas. Manejo de época de siembra. Control químico con productos a base de Maneb, Zineb o Benomyl.
Roya (<i>Puccinia graminis</i> , <i>P. cynodontis</i> en gramíneas, <i>Uromyces</i> en leguminosas)	Fúngica. Manchas de color púrpura, marrón o rojizo en hojas de gramíneas. En leguminosas más frecuente en hojas maduras. Las manchas representan las esporas del hongo.	Uso de variedades resistentes, evitar estrés por sequía, rotación de cultivos. Control químico mediante aplicación al follaje de productos cúpricos.
Mancha Foliar (<i>Helminthosporium sacchari</i> , <i>H. graminis</i>)	Fúngica. Lesiones formadas por manchas púrpuras o color café rojizo, con aspecto de quemadura. Reduce capacidad fotosintética. Favorecida por largos períodos de lluvia o nubosidad, y altos niveles de nitrógeno en suelo.	Evitar condiciones que favorezcan el ataque (buena preparación del suelo, alta humedad en suelo). En casos extremos aplicación de fungicidas específicos.
Mancha Parda - Pudrición (<i>Cercospora</i> o <i>Rhizoctonia spp.</i>)	Fúngica. Manchas pardas que ocasionan daño a nivel celular (vacuola) derivando en pérdida de materia seca y de calidad de la pastura. Favorecida por cambios de temperatura con excesos de humedad. La pudrición (<i>Rhizoctonia</i>) deriva en secamiento de hojas y manchas en los tallos.	Evitar condiciones que favorezcan su presencia (alta humedad en suelo, encharcamientos), buena preparación del terreno. En establecimiento, manejo de la época de siembra y densidad. Uso de variedades resistentes. Buen manejo del pastoreo. Uso de <i>Trichoderma</i> .

		Control químico empleando fungicidas sistémicos. Aplicación de minerales al suelo y a nivel foliar proporciona resistencia a las plantas.
Virus del Mosaico	Viral. Deformación de hojas, clorosis, retraso en el crecimiento, enanismo de las plantas, con presencia de manchas moteadas. Favorecido por temperaturas moderadas y alta humedad.	Uso de variedades tolerantes y control de insectos vectores.
Bacteriosis - Tizón (<i>Xanthomonas spp.</i>)	Bacterial. Manchas irregulares en las hojas, causando necrosis, defoliación. Tallos y vainas de leguminosas muestra susceptibilidad. Favorecida por altas temperaturas y alta humedad.	Uso de variedades tolerantes y resistentes. Empleo de semilla de calidad, en el caso de leguminosas, certificada. Control químico empleando productos a base de cobre.

Fuente: Adaptado de León et al. (2018)

4.4. Manejo integral de malezas

Las malezas son especies indeseadas cuya presencia en los pastizales reduce la productividad de este al competir por agua, nutrientes y luz con las pasturas, ser hospedantes de plagas y enfermedades y disminuir la calidad de los pastos pudiendo reducir la densidad y cobertura del potrero disminuyendo el rendimiento del pastizal y su composición botánica, y por tanto teniendo impacto en los beneficios económicos.

El manejo integrado de malezas implica la implementación de prácticas agronómicas a fin de favorecer el crecimiento y desarrollo del pasto en detrimento del crecimiento de especies no deseadas, incluyendo aquellas llevadas a cabo desde el momento del establecimiento y uso de los potreros como prácticas culturales, así como medidas de prevención y métodos de control que conlleven a que en ningún caso las malezas ocupen más del 10% del área de pastura. (Gutierrez F. & Medrano S., 2013)

4.5.1. Principales malezas tropicales

Son muchas las especies de malezas que pueden afectar la producción forrajera en el trópico, sin embargo, a continuación, en la tabla 9 se hace mención a la más relevante por su impacto sobre la producción de pastizales.

Tabla 9. Malezas más comunes del Trópico que afectan la producción de especies forrajeras.

Nombre científico	Nombre común	Características
<i>Senna obtusifolia</i>	Bicho, hediondilla, frijolillo	Especie de hoja ancha anual, tallos leñosos. No la consume el ganado. Medianamente resistente a herbicidas
<i>Senna skineri</i>	Umanda, paraca	Especie de hoja ancha perenne. Rechazada por el ganado, resistente a sequía. Efecto alelopático
<i>Mimosa albida</i> <i>Mimosa pigra</i>	Dormilona, vergonzosa, Casco de vaca	Especies de hoja ancha perennes. Poco consumida por bovinos. Sus espinas pueden ocasionar daños físicos y entorpecer labores.
<i>Acacia cornígera</i> <i>Acacia collinsii</i> <i>Acacia farnesiana</i>		Especies de hoja ancha perennes. Presencia de espinas que dificultan su consumo por el ganado. Pueden ocasionar daño físico. Resistentes a sequía y quemas. Su sombra densa puede afectar el pasto.
<i>Desmodium distortum</i>	Pega-pegá, bejuquillo	Especie de hoja ancha perennes. Poco consumida por ganado a pesar de su valor nutritivo (escasa palatabilidad, taninos). Rápido rebrote. Dificulta aplicación de herbicidas
<i>Sida acuta</i>	Escoba, escobillo	Especie de hoja ancha perennes. Poco consumida por el ganado. Muy invasora y resistente a herbicidas y sequía.
<i>Mimosa pudica</i>	Dormidera	Especie de hoja ancha perenne. Se mezcla bien con pastos rastreros.

MANEJO DE PASTIZALES Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán, L. S., Condo Plaza, L. A., Rojas Oviedo, L. A., Huebla Concha, V. H.

ISBN: 978-987-82816-4-3

		Difícil penetración de herbicidas. Difícil control.
<i>Piper spp.</i>	Cordoncillo, higuillo	Especies de hoja ancha perennes. Fácil propagación. Resistente a mayoría de herbicidas. No es consumida por el ganado.
<i>Scleria melaleuca</i>	Navajuela,	Ciperácea. Difícil manejo en etapas jóvenes. En adultez causan daños a ganado (cortantes). Cierta resistencia a herbicidas.
<i>Amaranthus spp.</i>	Bledo, pira	Especie de hoja ancha anual. Tóxica por la presencia de taninos.
<i>Sorghum halepense</i> <i>Sorghum Verticilliforum</i>	Pasto/zacate Jhonson Falso pasto Jhonson	Gramínea. En ocasiones tóxicas cuando contiene altas cantidades de durrina capaz de liberar ácido cianhídrico en el rumen del ganado.
<i>Conocarpus erectus</i>	Botoncillo	Plata herbácea anual. Compite por espacio, luz y nutrientes. Alta capacidad reproductiva.
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helechos	Alta capacidad de rebrote. No consumido por ganado. Especie alelopática resistente a herbicidas. Toxica en equinos

Fuente: Aguilar y Nieuwenhuyse (2009)

La proliferación de malezas en los pastizales suele estar asociadas a varios factores durante el establecimiento y posterior manejo de los potreros, por ello, resulta importante una buena preparación del suelo, selección idónea de la especie de pasto a establecer, tomando en cuenta la calidad de la semilla, densidad, época y método de siembra, garantizando los requerimientos de agua y nutrientes necesarios de la especie. Una vez establecido es importante el buen manejo que se haga del pastoreo, evitando el sobre y el sobre pastoreo.

El manejo integrado de malezas involucra un adecuado control de estas en base a un monitoreo constante, que permita tomar acciones preventivas y correctivas de manera oportuna.

4.5.2. Método de control químico:

El control químico de malezas a base de herbicidas y el método aplicado para la aplicación de estos dependerá del tipo de malezas (**Hernández-Ríos y otros, 2018**), fase de crecimiento y nivel de infestación de ésta, y siempre considerando las recomendaciones técnicas. Los herbicidas pueden sistémicos (selectivos), sistémicos poco selectivos, de contacto o pre-emergentes. En la tabla 10 se presentan las características de los herbicidas más frecuentemente empleados en el control de malezas de pastizales:

Tabla 10. Características de los principales herbicidas empelados para el control de malezas que afectan la producción de especies forrajeras

Herbicidas Sistémicos Selectivos		
Ingrediente Activo	Malezas Afectadas	Limitantes
2,4 D amina	Hoja ancha. Alguna ciperáceas	Puede reducir crecimiento de algunos pastos. Afecta especies de leguminosas herbáceas.
2,4 D amina + picloram	Hojas anchas	Altas dosis reducen crecimiento de algunos pastos
Metsulfuron	Hojas anchas, helechos	Relativamente lento en su acción
Picloram+metsulfuron	Hojas anchas más leñosas, helechos	Cuidado en su preparación (ingredientes activos por separado)
Halosulfuron	Pre-emergente Ciperáceas y algunas hojas anchas	
Fluazifop-butil	Gramíneas	Alto costo.
Herbicidas Sistémicos Poco-No Selectivos		
Ingrediente Activo	Malezas Afectadas	Limitantes

Glifosato	Gramíneas. Muchas especies hoja ancha y ciperáceas	Afecta leguminosas forrajeras. Empleado para parches o renovación de pasturas
Diuron	Mayoría de especies	Alta persistencia en suelo afecta germinación de pastos después de ser aplicado
Herbicidas de Contacto		
Paraquat	Mayoría de especies	
Herbicidas Pre-Emergentes		
Acetoclor	Casi todas las especies	Alta persistencia en suelo afecta germinación de pastos después de ser aplicado
Atrazina	Especies hoja ancha anuales	Muy soluble en agua y poco biodegradable. Efecto residual puede afectar nuevas pasturas bajo siembra directa

Fuente: León et al. (2018)

4.5.3. *Método de control mediante fuego.*

El fuego como método de control físico resulta eficiente y económico si se toman las precauciones del caso. Con este método se destruye la parte aérea de las malezas y conjuntamente se eliminan las semillas de esta y en determinadas especies de pastos estimula la germinación y. el rebrote. **(Gutierrez F. & Medrano S., 2013)**

No obstante, este método presenta ciertas desventajas que han reducido su práctica, destacando que causa pérdidas de nutrientes, en muchas ocasiones no afecta la raíz de las malezas permitiendo su rebrote, puede afectar el rebrote de ciertos pastos reduciendo la cobertura, y en los casos en los que sí estimula la germinación de pastos también puede estimular la germinación de ciertas malezas, como la flor amarilla. En casos extremos afecta la biodiversidad del pastizal.

4.5.4. Método de control biológico

El control biológico de malezas (CBM) se utiliza desde principios del siglo XX, donde se aplicó con éxito para el control de *Opuntia* en Australia y de Lantana en Hawaii. En la actualidad existen dos tipos de CBM: el clásico, que se basa en el control de malezas exóticas con enemigos naturales también exóticos y el CBM aumentativo o por incremento, que consiste en el control de malezas autóctonas o exóticas con enemigos naturales existentes en la zona donde la maleza está causando daños. En otras palabras, no hay la introducción de una nueva especie al ecosistema. (Walsh, 2021)

Existen casos exitosos de CBM clásico con la utilización de enemigos naturales como los artrópodos (principalmente insectos), en el CBM por incremento se resalta el uso de los fitopatógenos nativos (viroides, virus, bacterias, nematodos, hongos). El grupo fitopatógeno más usado en este tipo de control son los hongos, de aquí el nombre del producto comercial micoherbicidas.

4.6 Determinación de la carga animal

En el manejo de pastoreo la determinación de la carga animal, entendida como el número promedio de unidades animales asignados por unidad de superficie (hectáreas) durante un período de tiempo de pastoreo (Landaeta, 2019), representando la decisión más importante que a nivel humano debe ser

tomada, cuya representación gráfica para su estimación se observa en la figura 69.

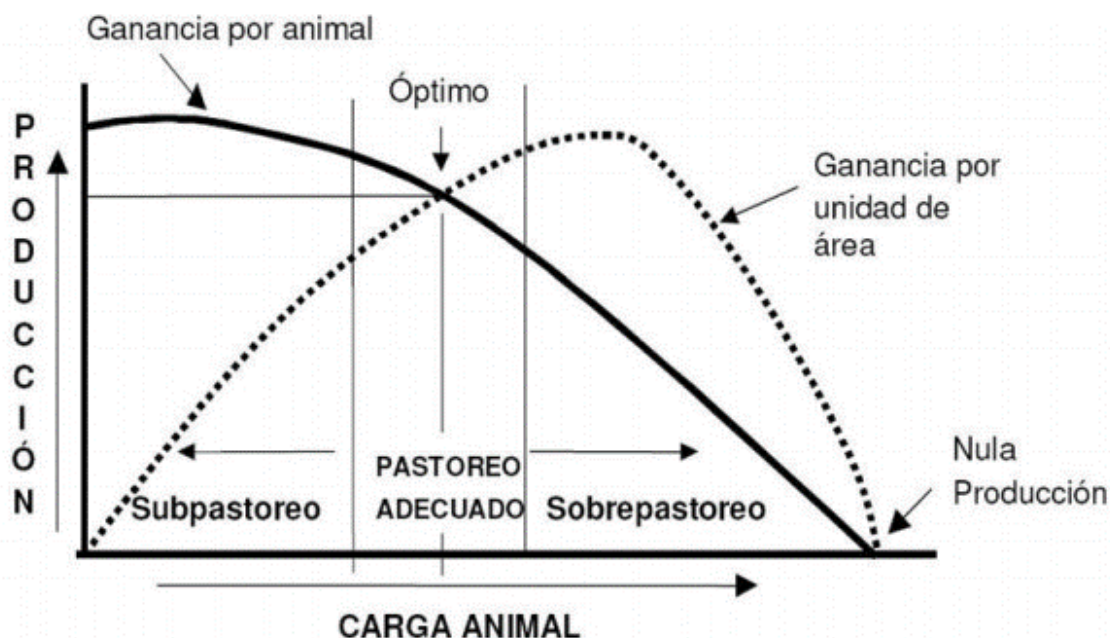


Figura 69. Criterios para la determinación de la carga animal óptima.

Fuente: https://www.uchile.cl/documentos/determinacion-de-la-capacidad-de-carga-en-sistemas-extensivos-de-produccion-ovina_58311_31_5339.pdf

4.6.1. Capacidad de carga

La capacidad de carga es entendida como el número de unidades animales que pueden pastorear en una unidad de superficie por un período de tiempo determinado sin afectar la productividad de la pastura, e involucra características agronómicas, factores edafoclimáticos y manejo. Este término está vinculado con el nivel de defoliación de las plantas del pastizal, que les permita a éstas recuperarse luego de ser sometidas a pastoreo.

4.6.2. 10% Peso Vivo del Animal

Valor empleado como referencia para el cálculo de la capacidad de carga, y que refiere al porcentaje consumido de forraje verde o pasto fresco en función del peso vivo del animal en pastoreo.

4.6.3. *Materia seca*

La materia seca es el residuo que queda del forraje verde o pasto fresco una vez es extraído su contenido de agua, y que expresa la capacidad nutricional del mismo por concentrar los nutrientes requeridos y empleados en la nutrición animal (**Villegas y otros, 2019**). El contenido de nutrientes de un pasto o forraje, por tanto, es expresado de manera porcentual en base a su contenido de materia seca.

Su cálculo implica conocer el rendimiento del pasto fresco por unidad de superficie y su contenido de materia seca. Hay factores que afectan el contenido de materia seca como los son la especie, etapa fenológica (grado de madurez) y digestibilidad.

La materia seca se mide en el laboratorio; para ello, se extrae una muestra dosificada de la mezcla sólida en ocasiones llamada materia fresca y se calienta en la sala de secado por encima de 100 °C para que la humedad residual (en su mayoría, agua) se evapore.

Para calcular la cantidad de materia seca, el resultado de imagen para determinación de materia seca $\%MS = [(peso\ inicial - peso\ seco) / peso\ inicial]$ Entonces si el peso inicial fueron 100 gramos y el peso en seco fue de 34, la fórmula sería la siguiente: $100 - [(100-34)/100] \times 100 = 34\%$ de MS

4.6.4. *Digestibilidad*

La digestibilidad es un parámetro indicativo del valor nutritivo de un pasto, que permite medir la proporción de nutrientes que el animal incorpora de manera efectiva (**Cardona-Iglesias y otros, 2020**). A nivel práctico, refiere al porcentaje del alimento consumido que no es eliminado (excretado) y que por tanto está disponible en el animal para realizar sus funciones básicas

(mantenimiento, producción y reproducción), siendo el consumo voluntario mayor en la medida en que el pasto o alimento presenta mayor digestibilidad.

Factores como el clima (en el trópico los pastos tienen mayor contenido de fibra y menor digestibilidad), estructura de las hojas de las especies (leguminosas más digeribles que gramíneas) y la edad (pastos jóvenes presentan alta digestibilidad) influyen en este parámetro. El manejo de pastizales implica encontrar el equilibrio entre digestibilidad, materia seca y aporte de nutrientes (Álvarez y otros, 2019), que permita brindar un alimento de calidad al animal.

La determinación de la digestibilidad de los alimentos es el parámetro más utilizado como indicador de su valor nutritivo. Además, en el caso de los rumiantes en pastoreo, es una medida necesaria para estimar la ingestión, a partir de la excreción fecal.

Respecto a la digestibilidad, el pasto nativo con mayor valor es el Trébol blanco (*Trifolium repens*) con 91,8% es el que presenta el valor más alto y el pasto Trebolillo espadillano (*Trifolium dubium*) es la que presenta el valor más bajo con 76,28% (Tabla 11).

Tabla 11. Valores promedios de rendimiento de forraje verde por metro cuadrado (fv/m²), materia seca (ms), proteína cruda (pc), digestibilidad y rendimiento de materia seca por hectárea.

Especie	fv/m ²	ms(%)	pc(%)	fc(%)	DG(%)	MS(t ha ⁻¹)
<i>Trifolium repens</i>	2,74	15	19,9	14,15	91,8	4,1
<i>Philoglossa mimuloides</i>	7,48	11	14,43	13,43	77,8	8,2
<i>Trifolium dubium</i>	2,53	16	23,29	13,34	76,28	4,0
<i>Cenchrus clandestinus</i>	3,5	16,6	12,55	17,62	87,82	5,8

Fuente: Oliva et al. (2015)

4.6.5. Altura de corte

La altura de corte se determina por factores bióticos y abióticos. Entre los factores abióticos se tienen la disponibilidad de agua, temperatura y climatología general o tipo de suelo. En cuanto a los factores bióticos se citan la presión de enfermedad, plagas o estado fenológico de la planta, tipo de maquinaria disponible, cuyo propósito es elegir el corte preciso para obtener la mayor cantidad de materia seca con el contenido de proteína y nutrientes requeridos por el animal, esta altura varía en función de la especie, algunos ejemplos como se observa en la tabla 12.

Tabla 12. Atura de corte de diferentes especies de pastos.

Especie Forrajera	Altura de dosel en cm	
	Pre-pastoreo	Post-pastoreo
<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Sabiá (AIG 330 J)	30	15
<i>Brachiaria híbrido</i> cv. BRS Ipypora	30	15
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Plata	30-40	15-20
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Paiguás	30-40	15-20
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Xaraés	30-40	15-20
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú	25-30	10-15
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	25-30	10-15
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	25-30	8-10
<i>Brachiaria humidicola</i> cv. Llanero	25-30	10-15
<i>Brachiaria humidicola</i> cv. Humidicola	25-30	10-15
<i>Panicum maximum</i> cv. Monbaza	80-90	30-50
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania	60-70	30-40
<i>Panicum maximum</i> cv. BRS Zury	75-80	35-40
<i>Panicum maximum</i> híbrido cv. BRS Quenia	60-70	30-35
<i>Panicum maximum</i> híbrido cv. BRS Tamani	50-60	25-30
<i>Panicum maximum</i> híbrido cv. Massal	40-50	20-25
<i>Panicum maximum</i> híbrido cv. Aruana	50-60	25-30

Fuente: (Rojas R. , 2020)

CONCLUSIONES

Las limitaciones edafológicas y climáticas observadas en las regiones tropicales, algunas potenciadas por un manejo agronómico inadecuado impiden que la producción de gramíneas y leguminosas forrajeras alcancen su máximo potencial, limitando la oferta de nutrientes para la producción pecuaria de carne o leche.

Llevar a cabo buenas prácticas agrícolas (BPA) de manejo agronómico es clave para aumentar la producción forrajera y permitir además de la introducción de especies de gramíneas y leguminosas de un alto potencial genético, lograr que el mismo alcance su máximo nivel de producción, inclusive en zonas donde existen limitaciones naturales de clima y suelo.

Todas las practicas agronómicas propuestas para el manejo de pastizales deben ser diseñadas bajo un enfoque de sostenibilidad de tal manera de minimizar el efecto negativo de esos sistemas de producción sobre la calidad ambiental en especial en problemas como la compactación del suelo y erosión en áreas aledañas a cuencas hidrográficas y un aumento de las emisiones de CO₂.

CAPÍTULO 5

CARACTERIZACIÓN DE PASTIZALES

RESUMEN

Para que los pastizales ofrezcan los nutrientes requeridos por los animales, es necesario un manejo adecuado de los mismos, de ser así además de garantizar una adecuada producción de materia seca y minimizar el impacto ambiental sobre la calidad de agua y de suelos por la producción de pastos, los pastos deberán reunir con una serie de cualidades entre las que destacan el contenido de proteína, fibra, materia seca y minerales de tal manera de suministre los nutrientes requeridos por el animal, además de que el pasto sea consumible y digerible por el mimo, en este sentido en este capítulo se describen las principales características que deben tener los pastos tropicales así como los métodos físicos y químicos para su caracterización.

Palabras claves: bromatología, calidad, nutrición animal, productividad.

ABSTRACT

In order for the pastures to provide the nutrients required by the animals, it is necessary to have an adequate management of the same, to ensure an adequate production of dry matter and to minimize the environmental impact on the quality of water and soil by the production of pastures, pastures must bring together a series of qualities, including those that highlight the content of protein, fiber, dry matter and minerals in such a way as to provide the nutrients required by the animal, in addition to the fact that the pasture is consumable and digestible by the animal. , in this sense, in this chapter, the main characteristics that must be maintained in the tropical pastures are described, as well as the physical and chemical methods for their characterization.

Key words: bromatology, heat, animal nutrition, productivity.

INTRODUCCIÓN

Para que un sistema de producción ganadero sea óptimo debe tener pastos de buena calidad, esta es medida desde dos aspectos fundamentales una producción de materia seca del pasto, en segundo lugar, porque el mismo se consumible y digerible por el animal y en tercer lugar por el valor nutricional del pasto, ambas condiciones se logran como consecuencia de un manejo adecuado del pastizal.

El primer aspecto considerado en la caracterización de un pastizal es cómo es la producción del mismo, en este sentido existen métodos in situ que permiten evaluar el pastizal como son: la cobertura del pasto y la presencia de malezas; así como también se pueden realizar mediciones directas de la producción de biomasa vegetal, mediante métodos sencillos de aplicación en campo, así mismo para la caracterización del sistema pastizal en relación a cobertura, riesgo de sobrepastoreo, subpastoreo ha evolucionado con el avance de la tecnología como imágenes de satélites, y el uso de drones (**Easdale y otros, 2019**), para el monitoreo del pastizal.

No basta con que la pasturas tengan una alta productividad, sino que el pasto debe ser consumido por los animales en las cantidades requeridas para suplir su demanda nutricional y en segundo lugar este debe ser altamente digerible, para un aprovechamiento máximo de los nutrientes además de evitar de que el mismo cause algún tipo de daño que afecte la salud del animal.

Para garantizar de que el sistema pastizal suministre los nutrientes requeridos es necesario que se realice una caracterización de este en términos de determinar el contenido de proteínas, fibra, materia seca y minerales que serán consumidos por el animal, lo cual se denomina análisis bromatológico, así mismo

deben realizarse análisis del pasto en la búsqueda de evitar la presencia de patógenos que afecten la salud del animal.

En este capítulo dada la importancia de la caracterización del pastizal como elemento clave en el sistema de producción animal se describen brevemente los protocolos para la caracterización del mismo con el propósito de determinar la productividad y el valor nutricional del mismo, destacando las diferentes técnicas existentes con las ventajas y desventajas que tienen las mismas para su implementación y utilización por parte de los productores agropecuarios ecuatorianos.

5.1. Relaciones nutritivas de los pastos y forrajes de clima cálido

La calidad de los pastos y forrajes puede definirse como la capacidad que éstos tienen para satisfacer los requerimientos de los animales en cuanto a su mantenimiento y potencial productivo (**Chávez-Espinoza y otros, 2022**), en base a la composición química y digestibilidad de la materia prima consumida, la cual depende de factores previamente descritos.

En términos generales las hojas presentan un mayor valor nutritivo que los tallos (**Rojas A. R. y otros, 2019**), siendo mayor en las leguminosas que en las gramíneas, de ahí que suele ser común la introducción de leguminosas en los pastizales o ser proporcionadas como alimento suplementario.

Los pastos y forrajes representan el método más económico y rentable de alimentación para la producción animal, y su valor nutritivo se deduce en función del contenido de materia seca y agua, donde la materia seca acumula y suministra los nutrientes elementales que necesitan los animales en forma de compuestos orgánicos e inorgánicos.

El valor nutritivo de un forraje, debe reflejar su capacidad de satisfacer los requerimientos de un animal para un objetivo de producción particular y la mejor manera de expresarlo es a través de la producción animal obtenida o “respuesta animal” cuando la pastura es ofrecida al animal. El valor nutritivo es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos, en producto animal. A su vez, el consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y la concentración de nutrientes en ese forraje y la eficiencia de conversión de nutrientes en producto animal comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos (Hodgson, J, 1990)

La relación nutritiva de los pastos, Según la composición de especies vegetales del forraje que se vaya a suministrar al ganado de una explotación,

tendrá mayor o menor valor nutritivo. Las gramíneas a un mismo estado fenológico poseen más pared celular (PC) que las leguminosas y estas últimas presentan su PC más lignificada, disminuyendo así su valor nutritivo. El contenido celular (CC) es la fracción de mayor velocidad de digestión, lo cual afecta al consumo en forma positiva, Por lo tanto, la composición química no solo afecta la digestibilidad sino también la tasa de digestión o velocidad con que se digiere el alimento. Las gramíneas poseen menor CC que las leguminosas, por lo que, estas últimas aumentan el consumo.

5.1.1. *Proteína (Leguminosas)*

Nutriente esencial formado por cadenas de aminoácidos, su contenido va a variar dependiendo de la especie y de factores ambientales, y son la fuente primordial de nitrógeno para los animales (**Martínez y otros, 2005**). Las leguminosas presentan un mayor contenido de proteína que las gramíneas, con mayor presencia en las hojas que en tallos. El contenido proteico en pastos y forrajes se ve afectado por la edad de la planta (figura 70), disminuyendo en la medida que ésta crece, se desarrolla y madura, por la formación de componentes estructurales (lignina, celulosa, hemicelulosa) hecho que afecta menos a las leguminosas que a las gramíneas:

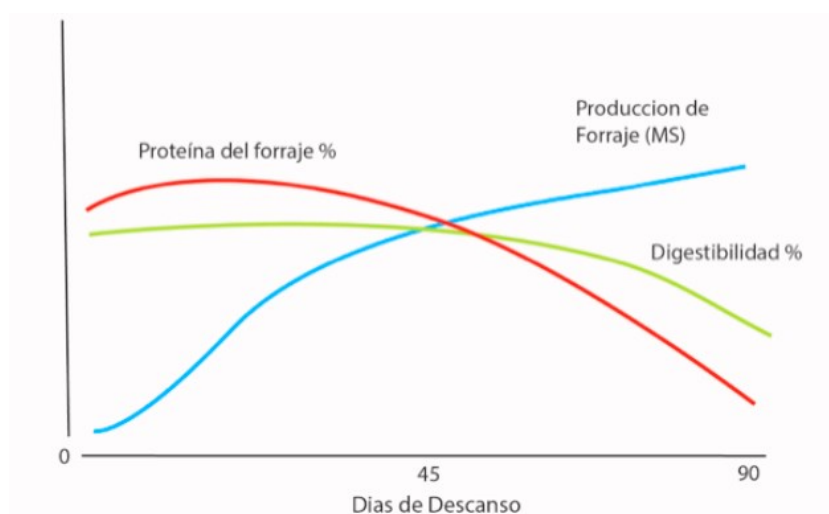


Figura 70. Edad de la planta y contenido de nutrientes.

Fuente: https://storage.contextoganadero.com/s3fs-public/imce/2014-12/heno_anexo212.jpg

El contenido de proteína cruda en leguminosas oscila entre 6-30% según especie, con un valor promedio del 61,5%. En el caso de las gramíneas presentan porcentajes de proteínas menores al 9% mayoritariamente, por lo que se requiere la inclusión de leguminosas para aumentar la oferta de proteína (**Portillo-López y otros, 2019**).

En nutrición animal, ante carencias nutricionales por insuficiencia de nitrógeno, estas son usualmente compensadas a través de su suplementación a partir de concentrados o de urea. Resulta importante monitorear el contenido de proteína en pastos y forrajes, ya que las variaciones (deficiencia o exceso) tienen incidencia en el metabolismo animal y su productividad (Tabla 13).

Tabla 13. Interpretación de contenido de proteínas en forrajes.

Más de 20 %	Excesiva	Provocan exceso de amonio, se debe suplementar con granos de alta degradabilidad ruminal, jamás en silaje o pasturas fertilizadas con urea.
16-20 %	Alta	Leve exceso de amonio, aseguran adecuado funcionamiento ruminal.
8-12 %	Baja	Inadecuada para producción de leche y buena ganancia de peso en sistemas cárnicos
Menos de 7 %	Muy baja	Deficiencia de amonio, se puede suplementar con urea.

Fuente: Glagiotro (2012)

5.1.2. Vitaminas (*Vitaminas, Caroteno, Clorofila*)

Sustancias orgánicas de distintas estructuras químicas que a nivel de nutrición animal son imprescindibles en el proceso metabólico de los animales. En pasto y forrajes se hallan como provitaminas que el organismo animal transforma en principios activos, y que en función de su solubilidad pueden ser hidro o liposolubles (Tabla 14).

Tabla 14. Vitaminas que debe contener un pasto usado en la alimentación animal.

Vitaminas Liposolubles	
A	Presente como caroteno en los forrajes que es transformado en el organismo animal en vitamina, siendo los pastos verdes una fuente ideal de la misma. A nivel de pigmentos en las plantas verdes el beta-caroteno, nutricionalmente, es el más importante por ser precursor de esta vitamina.
D	Ausente en los forrajes, salvo los henificados por efecto de los rayos solares. En animales en pastoreo se forma en la piel a causa de la luz solar activando la provitamina.
E	Mayor presencia en gramíneas que leguminosas. Ausente en pajas de cereales. La henificación ocasiona pérdida de esta vitamina.
K	Presente en las especies forrajeras que, al ser consumidas por el animal, es sintetizada por la flora microbiana del rumen.
Vitaminas Hidrosolubles	
B	B1-B2 presentes en todos los forrajes
C	Ácido ascórbico. Presente en gramíneas y en mayor cantidad en leguminosas. Su contenido se ve afectado (disminuye) por el crecimiento y maduración de la planta.
Fuente: Adaptado de León et al. (2018); Castrejón y Corona (2017)	

5.1.3. *Minerales*

Los minerales representan complejos inorgánicos asimilados por las plantas forrajeras luego de su absorción. Los factores más incidentes en el contenido de minerales en las plantas son la fertilidad del suelo y la edad de la planta, esta último especialmente en gramíneas. Al igual que ocurre en el caso de las proteínas, las hojas presentan mayor cantidad de minerales que los tallos, las plantas jóvenes presentan más elementos minerales que las adultas, y las leguminosas en términos generales presentan más minerales que las gramíneas. En la tabla 15 se presentan los principales minerales agrupados macro y microelementos.

Tabla 15. Minerales que debe contener un pasto usado en la alimentación animal.

Macroelementos	
N	Presente entre 2-5% en forrajes. Digestibilidad estimada en 50%.
Ca	Presente entre 0,3-2,5% en forrajes. Digestibilidad estimada en 65-70%. Mayor presencia en leguminosas que en gramíneas.
P	Presente entre 0,1-0,5% en forrajes. Digestibilidad estimada en torno al 60%.

K	Presente entre 1-4% en forrajes. Digestibilidad del 100%. Mayor presencia en leguminosas que en gramíneas.
Mg	Presente entre 0,1-0,7% en forrajes.
Na/Cl	Presente en forma de sales en los forrajes, en cantidades normalmente escasas como para suplir los requerimientos de los animales.
S	Presente entre el 0,1-0,4% en forrajes. Los rumiantes emplean el sulfato para síntesis de proteínas.

Microelementos

Cu	Presente en cantidades adecuadas en la mayoría de pastos. Su deficiencia es causante de diversas patologías y enfermedades.
Mn Fe	
Mo	Presentes en los forrajes en cantidades suficientes que suelen suplir los requerimientos en animales.
Co	
Bo	
Zn	Los pastos suelen ser deficientes en este mineral por lo que suelen emplearse sales minerales para su suplementación

Fuente: Adaptado de León et al. (2018); Castrejón y Corona (2017)

5.1.4. Carbohidratos (Gramíneas)

Los carbohidratos (hidratos de carbono) son componentes esenciales que representan alrededor del 75% de la materia seca siendo su función principal el aporte energético a los animales, a los cuales provee más del 50% de la energía que éstos requieren. Se clasifican en estructurales (fibrosos) y no estructurales (no fibrosos) en función del rol que desempeñan en la planta (Culma y otros, 2017).

Los hidratos de carbono no estructurales los conforman azúcares simples y almidón (complejos que actúan en el metabolismo intermediario), que son compuestos solubles y digestibles (figura 71). Las gramíneas, en particular los raygrases, tienen mayor contenido de azúcares que las leguminosas.

Figura 71. Carbohidratos no estructurales presentes en pastizales.



Fuente: <https://www.lifeder.com/ejemplos-de-monosacaridos/>

Los hidratos de carbono estructurales conforman la mayor parte de la pared celular (hemicelulosas, celulosas, pectinas, lignina) y son la parte no digerible de los alimentos (figura 72). Su contenido aumenta con la edad y madurez de las plantas forrajeras convirtiéndose en un factor limitante de la digestibilidad de éstas. Existen distintos métodos para determinar el contenido de fibra, siendo el de la fibra detergente neutra (FDN) particularmente importante ya que se sugiere que el pasto debe ser cosechado cuando el parámetro presente un valor entre 28-35% a fin de estimular un mayor consumo por parte del animal.

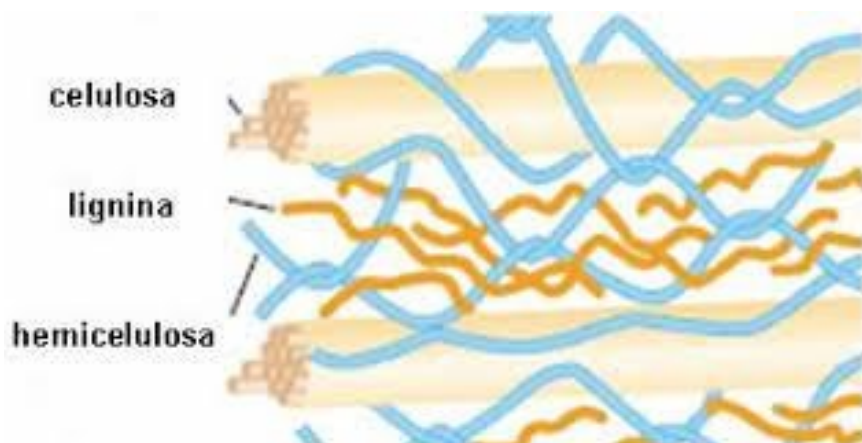


Figura 72. Carbohidratos estructurales presentes en pastizales.

Fuente: <https://cerzos.conicet.gov.ar/BoletinCERZOS/2009-16/sabia.htm>

5.2. Métodos para la determinación ecológico de pasturas

Estos métodos dan una demarcación de las diferentes escalas de análisis que se abordan en el presente capítulo, por ejemplo, el término paisaje será usado para los análisis de unidades geográficas, que tienen como base la actividad ganadera extensiva. El de pastura, se refiere a los campos cultivados que bien podrían fraccionarse en potreros como una unidad de análisis. Ahora bien, el pasto es la denominación genérica de varias hierbas destinadas a la alimentación del ganado, y constituye el objeto de estudio de nutricionistas de una producción animal basada en el pastoreo.

5.2.1. Modelos de ecosistemas de pastizales.

Este concepto es definido por Clements (1936), quien describe un modelo de cambios unidireccionales de la vegetación (sucesión lineal) hacia un estado estable en equilibrio con el clima, llamado “climax”. En este modelo los disturbios como el sobrepastoreo o el fuego, producen cambios en el ecosistema (biodiversidad, cobertura vegetal, productividad), haciendo que se alejen de su estado estable.

Cuando el disturbio desaparece, el ecosistema tiende a retornar por sí mismo a su estado original. Según este enfoque, en un pastizal existiría un

gradiente continuo de diferentes estados de condición del pastizal, que va desde condiciones sobrepastoreadas y muy degradadas, hasta condiciones sin pastoreo, como se observa en la figura 73.

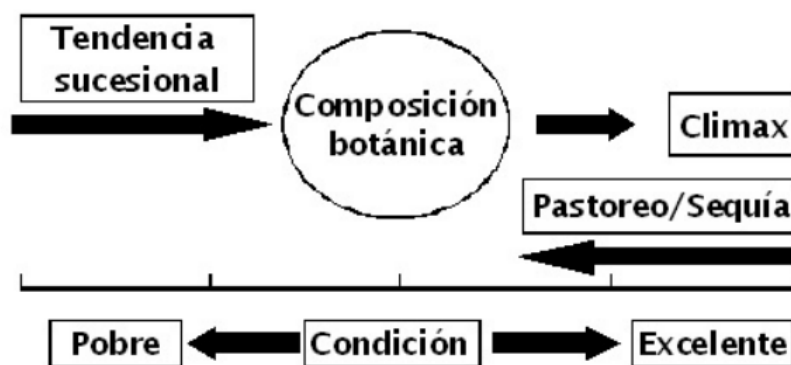


Figura 73. Dinámica de un ecosistema pastizal

Fuente: <https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/1469/manejopastoreozonasaridas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5.2.2. Flujo de energía en los pastizales.

El flujo de energía en pastizales está vinculado con el reciclaje de nutrientes en estos ecosistemas, fungiendo de marco referencial útil para el estudio de los mismos. El diagrama de flujo básico de un ecosistema, incluido los pastizales, se presenta en la figura 74.

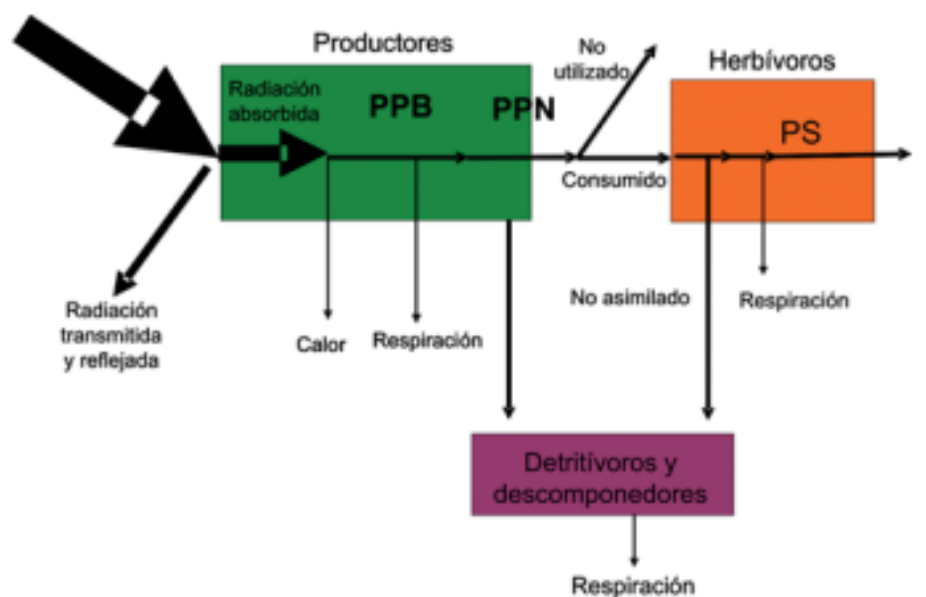


Figura 74. Flujo de energía en los pastizales.

Fuente: Altesor et al. (2011)

Los recuadros representan los niveles tróficos o aspectos estructurales (compartimientos) y las flechas los flujos de energía que se interconectan (PPB: Producción primaria bruta; PPN: Producción Primaria Neta; PS: Producción secundaria).

La caracterización de los compartimientos en base al conocimiento de su composición y abundancia de las especies que lo conforman permite entender el funcionamiento del ecosistema pastizal, cuyo manejo está orientado a la implementación de estrategias para maximizar los flujos de energía (Altesor y otros, 2011). La eficiencia del uso de energía en cada nivel trófico puede calcularse o estimarse mediante el uso de diversas fórmulas.

5.2.3. Sitio de pastizales.

Área cuya combinación de factores con potencial forrajero cuyas características físicas la hacen diferente a cualquier otra en sus adyacencias. Los factores a los que se hace referencia son el suelo (factor edáfico), relevante en la

relación suelo-planta-agua/nutrientes) y el factor topográfico (pendiente, incidencia de luz solar), en donde estructuras creadas por el hombre pueden derivar en sitios artificiales alterando el ambiente natural (**Miranda, 2021**).

Las diferencias que se presentan entre sitios de pastizal tienen impacto en el potencial productivo (forrajero), y conllevan a distintos manejos que permitan el uso adecuado y eficiente del mismo.

5.2.4. Condición de la pastura.

La condición de un pastizal representa el punto de partida para la toma de decisiones acertadas en la evaluación de los mismos, y es entendida como el estado de salud de éste (**Saucedo-Terán y otros, 2021**), en función de su capacidad productiva, y es un indicativo de la relación entre la producción actual de forraje actual y la capacidad productiva del mismo bajo condiciones óptimas de manejo, las cuales pueden ser aplicadas luego de determinar la condición del mismo.

5.2.5. Tendencia de la pastura.

La tendencia es definida como el rumbo o dirección (cambio) de un atributo del pastizal, observado en el tiempo, derivado del manejo del mismo. Algunos autores la refieren como la dirección a la cual se dirige el pastizal, pudiendo ser negativa o positiva, o progresiva o regresiva. La tendencia es indicativa manejo de la pastura, si éste es adecuado o no (**Torres, 2013**).

Los factores para considerar para su determinación pueden ser cualitativos (vegetación: vigor, maduración, plántulas, raíz; y suelo: compactación, infiltración, erosión, humedad, indicadores de sobre pastoreo) y cuantitativos (producción de biomasa, coberturas, composición botánica, modificación en los horizontes edáficos).

5.2.6. *Inventario de pastura*

Método que permite contabilizar los distintos tipos de especies presentes la pastura, y su cantidad o proporción en un lugar sitio determinado de la misma, lo cual requiere de conocimientos específicos a fin de reconocer cada especie presente en la pastura.

El muestreo realizado de forma detallada permite la identificación y diferenciación de especies, elaboración y tabulación de la información, e incluso la posibilidad de realizar un mapa de la vegetación como se observa en la figura 75.



Figura 75. Proceso de muestreo de pasturas.

Fuente: <https://www.lapatria.com/campo/las-fincas-dan-plata-cuando-se-manejan-los-pastos-como-verdaderos-cultivos-122646>

5.3. Métodos para determinar condición y tendencias de pastizales

Los distintos métodos para determinar la condición y tendencia de pastizales se fundamentan en la taxonomía de las especies, su valor forrajero, ecología y teorías de muestreo (**Borrelli & Oliva, 2001**), lo que implica disponer de personal cualificado y capacitado, y la escogencia de alguno de ellos dependerá de las condiciones, su objetividad, exactitud y flexibilidad, siendo

todos intentos que permiten determinar la condición y tendencia de un pastizal en un momento dado.

5.3.1. *Método del potencial del sitio.*

Los fundamentos de este método establecen que cada sitio tiene la capacidad de producir un máximo de forraje bajo condiciones idóneas de manejo, en donde su capacidad actual de forraje (producido) puede expresarse en función del máximo capaz de producir (**Saucedo-Terán y otros, 2021**). Los criterios básicos del método, por tanto, son la producción actual y el potencial de producción en base a la cantidad y calidad de forraje.

Para determinar la condición se emplean criterios adicionales como la composición de especies en función de su respuesta ante la presión de pastoreo, siendo un criterio de valor forrajero (D: deseables; MD: menos o poco deseables; ID: indeseables), permitiendo clasificar la condición en excelente, buena, regular o pobre, el vigor de las plantas, la materia orgánica y el grado de erosión del suelo.

La tendencia del pastizal es evaluada a partir del tipo de vegetación (plantas), vigor de las plantas (deseables contra indeseables), grado de erosión del suelo, acumulación del mantillo y grado de uso. La puesta en práctica del método de potencial del sitio implica que se debe tener conocimiento de la vegetación del pastizal, de ecología y de la taxonomía y valor forrajero de las especies que lo conforman, y su efectividad se fundamenta en la evaluación de cada sitio en función de su capacidad de producción, donde la producción forrajera de cada especie evaluada determina la condición de cada una de ellas (conjuntamente con los demás criterios), existiendo correlación entre etapas y las distintas condiciones.

La aplicación del método, en campo, conlleva delimitar el tipo de pastizales y los sitios, a fin de clasificar la condición en cada uno de estos sitios (figura 60). Bajo un número adecuado de transectos el método ofrece mejores resultados, siendo eficiente bajo principios de sucesión vegetal y práctico si la condición es determinada relacionando la producción forrajera con el factor económico.

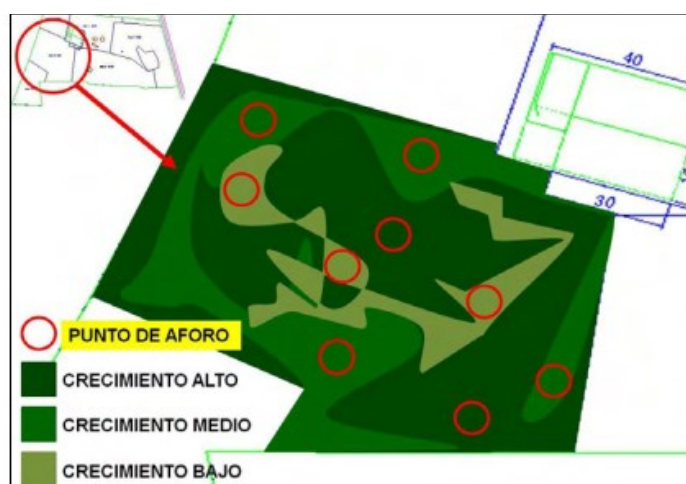


Figura 76. Delimitación de pastizales en función de su desarrollo.

Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/pastos-y-forrajes/pasto-y-forraje-produccion-manejo-tipos-y-uso/>

5.3.2. Método del Clímax cuantitativo.

Método desarrollado por Dyksterhuis en 1949, que básicamente consiste en comparar la cubierta vegetal (actual) contra una cubierta vegetal climax constituida por especies de relevancia forrajera (**Saucedo-Terán y otros, 2021**), en donde aquellas especies vegetales de escaso valor como forraje se consideran menos deseable o indeseables.

La condición del pastizal es mejor cuanto más se aproxime al clímax, y el criterio ecológico empleado para la clasificación de la vegetación se establece a partir de plantas deseables o decrecientes (alta palatabilidad y gustosidad que disminuyen su presencia ante presión de pastoreo); plantas crecientes (menos palatables o gustosas, aumento en la presión del pastizal provoca incrementos en

estas); y plantas invasoras (no palatables, aumentando en número en la medida que la condición del pastizal se deteriora), estableciendo cuatro clases de condición en relación al porcentaje de clímax presente (tabla 16).

Tabla 16. Criterios de clasificación de pastizales en función de su condición.

Clase de condición	% Clímax presente en pastizal
Excelente	76 – 100
Bueno	51 – 75
Regular	26 – 50
Malo	0 - 25

Fuente: <https://www.fao.org/3/x5320s/x5320s08.htm>

Su puesta en práctica implica seleccionar y delimitar sitios y estimar composición porcentual de especies presentes (porcentaje de plantas crecientes, decrecientes e invasoras), evaluando de manera periódica la efectividad del manejo (transectos lineales).

Al igual que en el método del potencial del sitio, requiere tener conocimiento en ecología, y es un método que se basa en la producción forrajera actual de un sitio en función de su capacidad productiva. El hecho de emplear el clímax como punto de referencia para fines ecológicos representa una limitación en la determinación de la condición del pastizal.

5.3.3. Método de tres etapas.

Método desarrollado por Parker en la década de los 50 del siglo pasado, es uno de los más conocidos, en base a la comprensión de la dinámica de la vegetación en determinado momento, a partir de información cuantitativa y cualitativa (**Coderch y otros, 2018**), permitiendo disponer de información adicional relacionada con la abundancia y composición botánica de especies y cobertura del suelo, y determinando condición y tendencia del pastizal, facilitando ajustes de carga animal en función de la condición actual.

Su aplicación involucra tres etapas:

- Etapa 1: localización y establecimiento permanente del curso de transecto, registrando datos tanto de vegetación como suelo (especies, mantillo, roca, pavimento desnudo, erosión)
- Etapa 2: análisis de datos, determinar la condición del sitio y estabilidad del suelo, y estimación de la tendencia. Para ello se clasifican las especies de plantas (deseables, poco deseables, no deseables), y se considera el índice de densidad forrajera, cobertura y vigor.
- Etapa 3: realizar fotografías de sitios muestreados, dos fotografías claves: toma general y primer plano del suelo.

El método ha sido objeto de críticas relacionadas con aspectos estadísticos y posibles errores experimentales, la subjetividad de este y los problemas derivados de la hoja (estándar) utilizada para la recogida de datos.

5.3.4. Método de dos fases:

Método que combina los principios del método del potencial del sitio el método de las tres etapas, y que permite la evaluación de sitios (de pastizales) en función de su potencial productivo, establecer una clasificación de la condición del pastizal y determinar la tendencia, tomando en cuenta para ello la sucesión vegetal y la producción forrajera.

El método contempla dos fases en las cuales se determina la condición:

Fase I: Características de la vegetación, en la cual se otorga una valoración entre 0-25 puntos a cada uno de sus cuatro componentes (Composición botánica, cubierta, vigor, abundancia-desarrollo).

Fase II: Características del suelo y cubierta, también conformada por cuatro aspectos a valorar (Mantillo, estabilidad del suelo, resistencia a la erosión y vulnerabilidad del sitio) entre 0-25 puntos.

En función de los resultados (sumatoria de valores de ambas fases) se realiza la clasificación de la condición.

La validez y exactitud de este método dependerá de la aplicación de cada uno de los métodos en los cuales se fundamenta, siendo necesario contar con personal cualificado, y se emplea especialmente en investigación de pastizales.

5.4. Métodos para determinar la evaluación de los pastizales

La evaluación de pastizales constituye una tarea relevante ya que es el fundamento para el diseño de planes de manejo orientados, bien sea a la mitigación del proceso de deterioro o la mejora de la salud del mismo, y bajo estas premisas se han desarrollado diversos métodos, que son descritos a continuación.

5.4.1. Métodos de intersección lineal:

Métodos de muestreo muy frecuentemente empleado para determinar abundancia y densidad de especies.

- Línea de Canfield.

Fundamentado en la condición de las plantas (interceptadas) en un plano vertical de un transecto de longitud determinada, normalmente empleado donde las comunidades de plantas presentan dos dimensiones (**González, 2012**). El muestreo se realiza a partir del transecto lineal de dos dimensiones: longitudinal y vertical, siendo la cobertura la medida empleada de comparación (plantas) en base a un criterio común.

Básicamente el método consta de: 1. Medición de plantas. 2. Tamaño de transectos según cobertura y tipo de pastizal. 3. Estimación del número de transeptos. 4. Distribución de los transeptos (azar o sistematizados). 5. Equipo de campo requerido. 6. Análisis de la información recopilada.

- Transecto al paso modificado.

Empleado en la estimación de cobertura y determinación de pastizales a partir de la evaluación de especies en grandes extensiones de terreno recorriéndolas en transectos a pasos, donde se cubren distancias equivalentes a 1000 pasos (áreas de 400 m x 100 m aproximadamente), haciendo lecturas cada dos pasos (estación), lo que representa un total de 500 lecturas o estaciones (Yaranga y otros, 2018).

El muestreo implica realizar anotaciones (por estación) de área basal de especies, suelo desnudo, mantillo orgánico, porcentaje de cobertura, condición del pastizal y productividad, clasificando las especies en deseables, poco deseables e indeseables, y así poder establecer su relación en función de la respuesta al pastoreo (decreciente, creciente, invasora).

El procedimiento descrito implica que la puesta en práctica de este método requiere el tener conocimiento de las especies, su valor forrajero, aspectos ecológicos del área muestreada, historia de uso forrajero que se la ha dado a dicha área y fin productivo (tipo de ganado a pastoreo).

- Punto de contacto.

Método que permite evaluar la cobertura del área a muestrear, empleando para ello armadura de tamaño y separación variable en las agujas que la conforman. (de 1-4 metros de altura en la armadura; 3-15 cm separación de agujas; ángulos entre 45°-90°).

Este método no es aplicable en áreas desérticas o que presenten especies arbustivas de gran tamaño, siendo más recomendable en áreas de cobertura densa conformada por especies pequeñas, y permite estimar además de la

cobertura, tanto aérea como basal, la frecuencia, densidad y composición botánica del área muestreada.

5.4.2. *Métodos de cuadrantes:*

Métodos empleados para estimar o determinar la producción de forraje o biomasa vegetal, parámetro que está principalmente relacionado con la época del año y tipos de especies.

- Método estimado.

Método que facilita determinar la producción de forraje de manera rápida y sin mayores complicaciones, aunque se hace necesario una cantidad importante de pruebas de campo y calibraciones consiguientes. La información que proporciona este método resulta relevante es estudios relacionados con la distribución de especies y pastoreo.

Básicamente consiste en el corte y posterior pesaje de plantas de una misma especie, para lo cual el tamaño de la parcela a muestrear varía en función de la vegetación que la conforma, siendo lo recomendable 18m² en vegetaciones dispersas y 0,25m² en vegetación densa.

- Método de corte.

Método que permite determinar la producción de forraje a partir de cortes que pueden realizarse a diferentes intervalos de tiempo en función de las especies a muestrear, alturas de corte entre 2,5-10 cm dependiendo de la pastura, en cuadrantes que pueden ser de distintas formas siendo lo más común el empleo de muestreo en metros cuadrados. Las muestras tomadas (corte de forraje) son conservadas en bolsas y secadas, bien sea al aire o en estufa, lo que permite determinar la producción forrajera en términos de kg/ha.

El método puede ser utilizado también para estimar frecuencia, densidad y cobertura. La confiabilidad del método depende de la distribución (muestras al

azar o sistemática), cantidad de muestras y la unidad de muestras (cuadrante circular, cuadrado o rectangular).

- Método de doble muestreo.

Método en el cual se emplean técnicos de regresión, como alcance al método estimado, lo cual permite hacer ajustes al mismo. Mediante una ecuación de regresión se lleva a cabo el ajuste de los pesos estimados y pesados en el muestreo.

CONCLUSIONES

La caracterización del pastizal es fundamental para establecer las condiciones del mismo y garantizar una adecuada producción de biomasa que permitan suplementar los nutrientes requeridos para la producción de leche y carne, además de identificar la presencia de malezas y condiciones de manejo adecuados de pastoreo como el sobre pastoreo y sub pastoreo.

Además de la descripción del pastizal se debe cuantificar el contenido de nutrientes, minerales y carbohidratos presentes en el mismo, lo cuales se asocian fundamentalmente al manejo del pastizal como el tiempo, frecuencia de corte y fertilización, de manera de que el pasto producido presente el contenido de nutrientes adecuados para la suplementación animal, además de que sea inocuo y no presente un riesgo para la salud de los animales.

Los sistemas de muestreo son sencillos, aunque complejos por que requieren de una gran mano de obra, tiempo para la caracterización del pastizal, muchas veces en condiciones topográficas de difícil acceso, sin embargo, la introducción de sistemas tecnológicos como las imágenes de satélites y uso de drones han permitido mejorar el sistema de muestreo de pastizales, reduciendo el tiempo de muestreo y el costo de este.

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN DE CALIDAD DE PASTOS DE CLIMA CÁLIDO.

RESUMEN

La calidad de un ecosistema es definida como su capacidad para cumplir sus funciones, en el caso de un pastizal es la de producir biomasa vegetal que brinde a los animales los requerimientos nutricionales para garantizar una adecuada producción de leche y carne en el caso del forraje la calidad de un pasto puede medirse en dos aspectos, una la cantidad de materia verde y seca que produce y en segundo lugar el contenido nutricional de mismo y se puede añadir un tercer criterio, de que se pasto sea inocuo para el animal, en este capítulo se abordarán los procedimientos para evaluar la calidad de un pasto, tanto desde el punto de vista de producción de biomasa, como aquellos procedimientos químicos para la determinación de su calidad nutricional.

Palabras claves: aforo, análisis proximal, bromatología, cobertura, biomasa.

ABSTRACT

The quality of an ecosystem is defined as its capacity to fulfill its functions, in the case of a pasture land, it is the production of plant biomes that provide animals with nutritional requirements to guarantee an adequate production of milk and meat in the case of forage. the quality of a pasture could be measured in two aspects, a quantity of green and dry matter that produces and secondly the nutritional content of the same and a third criterion can be added, that if the pasture is innocuous for the animal, in this chapter The procedures to evaluate the quality of a pasture were addressed, both from the point of view of biomass production, as well as those chemical procedures for the determination of its nutritional quality.

Key words: aphorism, proximal analysis, bromatology, coverage, biomass.

INTRODUCCIÓN

Un pastizal no puede ser visto simplemente como la superficie sembrada por una gramínea o leguminosa, la cual sirve para suministrar alimentos a un grupo de animales, sino que este es un ecosistema donde interactúan el animal, el pasto, el suelo y los microorganismos, el cual debe mantenerse en equilibrio, de tal manera de que el mismos cumplan sus funciones, en este sentido cuando el mismo funciona adecuadamente decimos que este posee calidad (**Zaragoza-Quintana y otros, 2022**) o el ecosistema goza de buena salud.

La calidad es un término complejo, el cual es el conjunto de interacciones en este caso de los elementos bióticos y abióticos que interactúan en el ecosistema, en el caso del ecosistema pastizal, la calidad del mismo se verá reflejado en la capacidad de producir biomasa (**Tácuna y otros, 2021**), sin embargo esto no llega hasta allí, sino que la misma debe poseer los nutrientes requeridos para garantizar una adecuada producción de leche o ganancia de peso, y considerando los criterios de calidad debe producir alimentos inocuos, es decir que el pasto no contenga elementos que afecten la salud del animal.

El primer aspecto que se describe en este capítulo son los procedimientos físicos de aforo, que no es más que aquellos que permiten cuantificar la cobertura del pasto, así como la cantidad de materia verde que es producido por el mismo, cabe destacar que estos procedimientos son relativamente sencillos y de bajo costo, pero con una baja precisión, al cual ha aumentado apoyado en recursos tecnológicos como el uso de imágenes de satélites, fotografías y drones.

El segundo aspecto para destacar es la caracterización química del pasto, el cual se basa en un análisis químico, denominado análisis bromatológico (**Derichs y otros, 2021**), el cual se usa para la determinación de materia seca, proteína cruda, fibra, elementos nitrogenados y materia orgánica, cuyos

procedimientos deben ser estandarizados, de tal manera de obtener resultados confiables.

Finalmente, el último aspecto a considerar es la inocuidad, que no es más que realizar los análisis microbiológicos y químicos que garanticen que el pasto que es consumido por los animales sea inocuo, dado que, en algunos ecosistemas, dado el manejo agronómico incorrecto se ha reportado la presencia de micotoxinas e incluso metales pesados (**González-Fragozo y otros, 2020**), que comprometen la salud del animal y en casos eremos de la población.

6.1. Aforo El aforo de un pastizal permite disponer de la información de producción de biomasa (estimada y proyectada) de pasto durante un ciclo productivo y área específicos expresada en kg/m^2 (**Mónaco y otros, 2017**)), pudiendo por tanto saber la disponibilidad, y en función de ello tomar decisiones en pro del buen manejo, facilitando el cálculo en cuanto a número de potreros, capacidad de carga y carga animal. Lo recomendable es realizar el aforo previo al pastoreo.

La medición y cuantificación de la producción estimada se realiza a partir del muestreo representativo y aleatorio llevado a cabo a pequeña escala (doble muestreo, en cruz o en zig-zag) como se observa en la figura 77, y si bien no es una medida absolutamente precisa de dicha producción, si representa un valor confiable en base al cual se pueden tomar acciones y decisiones orientadas al buen manejo del pastizal.

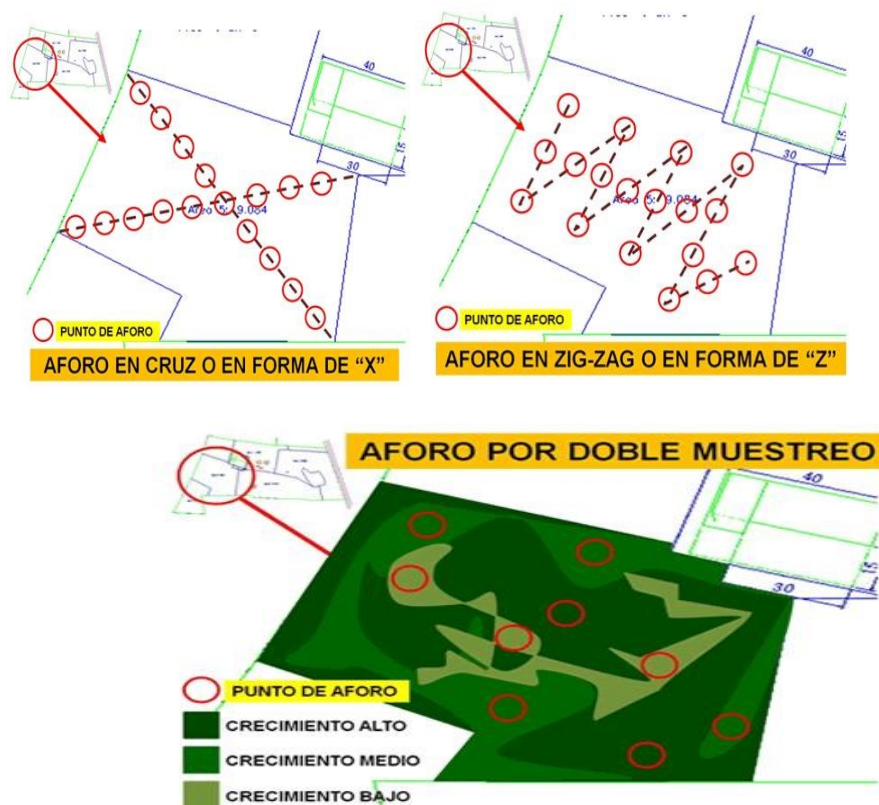


Figura 77. Métodos de muestreo para aforo de un pasto.

Fuente: <https://infopastosyforrajes.com/wp-content/uploads/2019/04/FotoJet-1-300x180.jpg>

6.1.1. Variables cuantitativas

Variables referidas a características del pasto que pueden ser cuantificables y por tanto expresadas en forma numérica o porcentual.

6.1.1.1. Altura de los pastos

Relacionada con la distribución de la masa en el espacio, cuantificada normalmente en centímetros (**Velasco y otros, 2018**), a partir de la medición de la distancia entre el nivel de la superficie del suelo y las hojas extendidas verticalmente (figura 78). Esta variable es indicativa del vigor de la planta, así como la disponibilidad de forraje para la alimentación animal, permitiendo determinar la entrada-salida de animales a pastoreo.

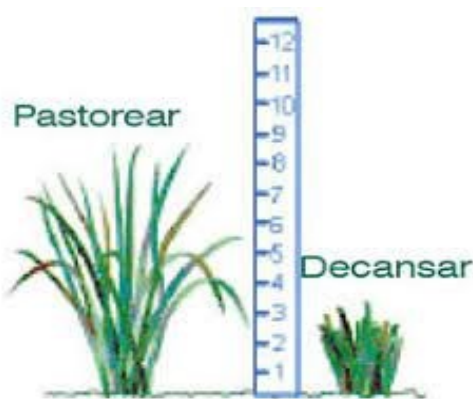


Figura 78. Medición de altura de un pasto.

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRb3jE7r9-PSw0yuzLsjwajBNlCp40oxNULjA&usqp=CAU>

6.1.1.2. Peso del pasto

Esta variable puede calcularse en función del peso fresco (materia verde) cuantificando el peso del pasto muestreado (forraje verde) con su contenido de agua, el cual se calcula in situ (figura 79) En este caso, la materia verde no es empleada a nivel de nutrición animal para efectos de cálculo de consumo de nutrientes por parte del animal, ya que el contenido de agua es variable y los nutrientes se encuentran en la materia seca. Adicionalmente, el peso del pasto

puede utilizarse como un estimador de la tasa de crecimiento de este en un intervalo de tiempo.



Figura 79. Medición de peso expresado en materia verde de un pasto.

Fuente: <https://pbs.twimg.com/media/EUoYFLgWoAYnXlp?format=jpg&name=900x900>

La cuantificación del peso seco (materia seca) implica la eliminación del agua de la muestra, de tal forma que el resultante es el contenido de materia seca del mismo, el cual suele oscilar entre 18-25% de su peso verde (**Huaman y otros, 2019**). En función de la especie, su contenido nutricional, y del tipo de animal a alimentar, se estiman los consumos requeridos por éste en cuanto a materia seca (peso seco del pasto), cuya determinación se hace en el laboratorio, usando medios para la eliminación de la humedad como se observa en la figura 80.



Figura 80. Medición de peso expresado en materia seca de un pasto
(determinación usando microondas).

Fuente: <https://cedrovet.com.bo/blog/wp-content/uploads/2021/09/2-2-1.jpg>

6.1.1.3. Grosor del tallo

El tallo es parte de la planta que crece en sentido contrario a la raíz y se encarga de transportar el agua y las sales minerales a las distintas partes de la planta, así como también de transportar la savia elaborada obtenida del proceso de la fotosíntesis hacia la raíz, tallo, hojas, flores o frutos. El tallo crece en longitud formando al mismo tiempo los órganos laterales (ramas, hojas, flores y frutos), y, además, crece en grosor. Este crecimiento en grosor puede ser de dos tipos: crecimiento primario o secundario, el grosor del tallo se mide usando un dispositivo denominado vernier.

6.1.1.4. Largo de la hoja

Parámetro relacionado con la elongación foliar, es decir, al incremento longitudinal de lámina verde y que representa la principal expresión del crecimiento de una hoja, cuya medición es expresada habitualmente en centímetros.

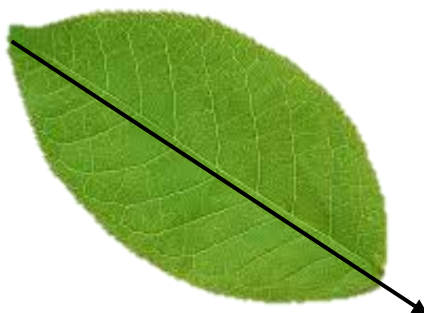


Figura 81. Largo de hoja de planta.

6.1.1.5. *Ancho de la hoja*

Variable que suele presentar menores variaciones que el largo de la hoja. Su medición suele expresarse en centímetros, y juntamente con el largo de la hoja conforman el área foliar.

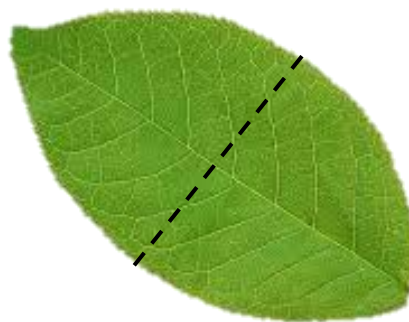


Figura 82. Ancho de hoja de planta.

6.1.1.6. *Número de plantas por m²*

Estimada a partir del conteo de plantas en un área determinada lo cual permite determinar la densidad de la población, variable que tiene incidencia en la productividad y calidad de los pastos.

6.1.1.7. *Cobertura basal*

Variable que hace referencia a la extensión o espacio que ocupa el pasto (especie, corona de la planta) en un área de suelo cubierta por este, y que se emplea para estimar porcentualmente el desarrollo de pastos a nivel del suelo (figura 83).



Figura

83. Cobertura basal de pastos.

Fuente: https://storage.contextoganadero.com/s3fs-public/ganaderia/field_image/2020-11/aforo-pastos.jpg

6.1.1.8. Cobertura aérea

Variable porcentual que permite estimar el área cubierta por el follaje superior de los pastos (**Angulo y otros, 2020**). Usualmente se emplea en las especies arbustivas cuya cobertura basal es baja, siendo su follaje (parte aérea) abundante. La altura de medición varía en función de las especies.

6.1.1.9. Numero de macollos

Los macollos son tallos secundarios adventicios (tallos falsos) presentes en las gramíneas a partir de los cuales éstas se propagan vegetativamente (**Troiani y otros, 2017**). El número de macollos (por superficie evaluada) es un parámetro que tiene incidencia directa en la productividad en cuanto a materia seca (figura 84).

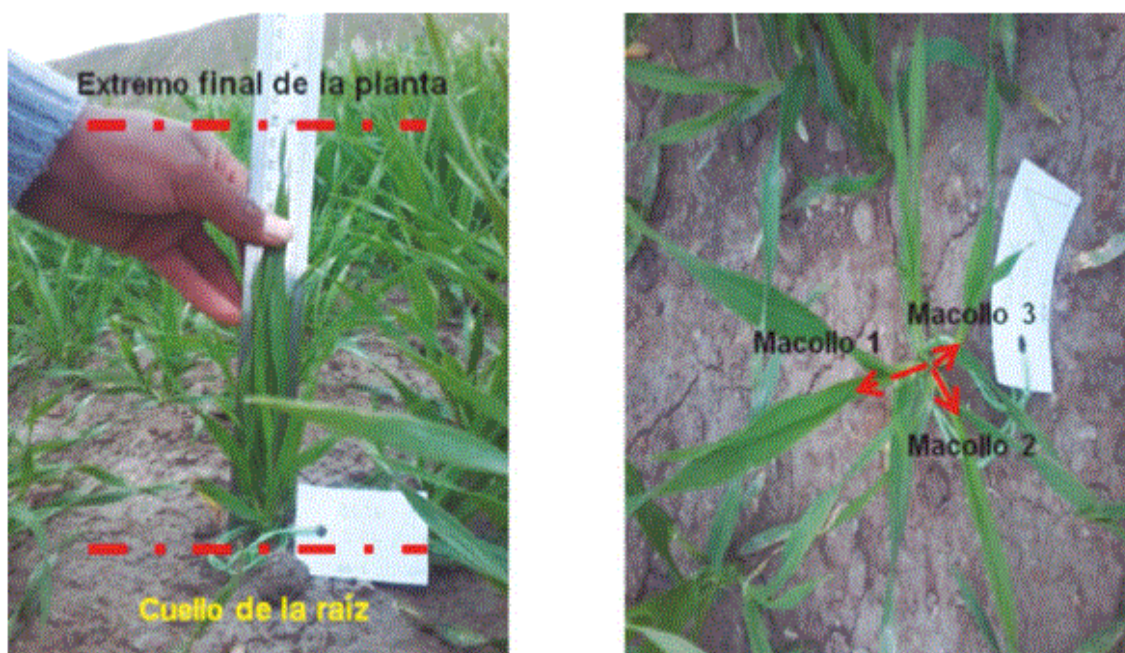


Figura 84. Medición de altura de planta (izq.) y conteo del número de macollos (der.).

Por sus características (raíces propias, capacidad de reproducción, etc.) tienen un rol importante en el establecimiento y formación de la pastura, donde la población de macollos por metro cuadrado varía en función del número de plantas y macollos que las mismas presentan, pudiendo ser controlada dicha población a través del pastoreo o de la altura de corte.

6.1.1.10. Profundidad de las raíces

Los pastos (gramíneas) en general se caracterizan por presentar raíces poco profundas, siendo estos los órganos de la planta encargados del sostén de la planta en el suelo permitiendo obtener nutrientes y agua del mismo (**Ruiz y otros, 2019**). La profundidad de las raíces guarda relación con la productividad de la planta, su capacidad para tolerar estrés e incluso con la defensa ante posibles brotes de malezas.

Se debe tomar en cuenta, además, que el desarrollo radicular guarda relación con el proceso de fotosíntesis y los nutrientes que se derivan de este proceso (**Apráez y otros, 2019**), por lo que una sobre defoliación (sobrepastoreo) conlleva una reducción del sistema radicular de las plantas, afectando su crecimiento, con efecto en el rebrote de los pastos e incluso en su capacidad de sobrevivencia ante situaciones complejas.

Las especies con sistemas radicular profundo y más extenso son más tolerantes al estrés -causado por sequía que aquellas con sistemas radicular superficial (**Martirena-Ramírez y otros, 2019**), dada su capacidad de subsistencia ante estas situaciones. También debe considerarse que la textura del suelo tiene efecto en la profundidad de las raíces al favorecer su desarrollo.

6.1.1.11. Porcentaje de floración

El porcentaje de floración es la variable que indica, porcentualmente, la cantidad de pastos que han transitado desde el estado vegetativo al estado reproductivo. Ello implica que se produce un incremento de los tallos y cesa la producción de hojas, con consecuencias negativas en la calidad de los pastos.

En las pasturas este cambio no suele darse de manera sincronizada, de ahí la importancia del monitoreo continuo, a fin de que el manejo sea el adecuado a

nivel de control temprano de la floración, para mantener la calidad del pasto evitando incrementos en los niveles de celulosa, y reducciones de la digestibilidad, contenido de agua, valor energético y demás nutrientes (**Gamboa, 2018**).

6.1.1.12. Incidencia de plagas

En base a un monitoreo programado y continuo se debe conocer la posible presencia de plagas y su grado de afectación (**Hoyos y otros, 2019**), a fin de poder acometer las acciones adecuadas para su control en base a los umbrales económicos permisibles, para ello se deben determinar parámetros como el umbral de daño económico y porcentaje de afectación de la planta.

6.1.1.13. Incidencia de enfermedades

A efectos de su caracterización, se distinguen aquellas enfermedades que afectan la implantación del cultivo y aquellas que afectan al cultivo ya establecido. Estas últimas se agrupan de acuerdo a la parte de la planta afectada: órganos aéreos (hoja, tallo, flor) y órganos subterráneos o ubicados a nivel del suelo (raíz, corona, estolón). Las enfermedades causadas por hongos constituyen el grupo de mayor importancia, seguidas por las enfermedades causadas por virus, nematodos, fitoplasmas y bacteria, en ambas causas es necesario identificar la consecuencia de la presencia de la enfermedad, siguiendo el protocolo, descrito en la figura 85.



Figura 85. Impacto económico de enfermedades en pasturas.

Fuente: Rebuffo y Cabrera (2010)

6.1.1.14. Incidencia de malezas

El deterioro de pastizales nativos y praderas cultivadas es evidente, el cual se manifiesta con una pérdida de suelo e invasión de plantas leñosas improductivas, causando una disminución en la productividad forrajera y consecuentemente una sensible baja en los índices productivos de las explotaciones ganaderas, las pérdidas originadas en la ganadería se acentúan en áreas tropicales y subtropicales, donde se considera que hasta un 80% de los potreros están invadidos por malezas.

Para el control de las malezas se realiza el control químico, para que el mismo se efectivo se debe hacer el reconocimiento de las partes de la planta, así como la identificación de la planta, dado permite la revisión precisa de las características biológicas y ecológicas de la especie, para ello se debe identificar "familia, género, especie", lo cual es el fundamental para el manejo y la selección del producto para el control de la maleza, sea anual o perenne.

6.1.2. Variables cualitativas

Variables asociadas a características del pasto que son percibidas organolépticamente y que no poder ser expresadas cuantitativamente, y que son indicativos de la salud y calidad de este.

6.1.2.1. Color del tallo

En términos generales los tallos de los pastos son de color verde (salvo contadas excepciones de determinadas especies) y ese color es indicador de la calidad de este.

Cunado las pasturas en general, y en particular los tallos, presentan un color diferente al característico, ello denota una merma en la calidad de este, producto de la senescencia de la planta, carencia de algún nutriente o presencia de fitopatógenos, que en cualquier caso tiene impacto en la calidad.

6.1.2.2. Color de las hojas

El color de las hojas es un indicador del estado fisiológico de la misma. Las hojas que presentan un color verde se consideran “hojas vivas”, con cualidades nutricionales. El manejo (corte o pastoreo) debe ser el adecuado (en función de la especie) a fin de evitar o minimizar la presencia de “hojas muertas” o senescentes, ya que la presencia de éstas tiene incidencia negativa en el valor nutritivo del pasto, su palatabilidad, con efecto en la reproducción vegetativa del pasto al impedir la adecuada penetración de luz afectando el estímulo requerido por las yemas para su reproducción.

Adicionalmente, el color de las hojas (distinto al verde característico) puede ser un indicador de que la pastura está siendo afectada bien por cuestiones nutricionales (agua o nutrientes) o incluso por fitopatógenos.

6.1.2.3. Textura de las hojas

La textura de las hojas varía dependiendo de la especie, por lo que se debe tomar este hecho al momento de su valoración. Variaciones en la textura de las hojas son síntomas de alguna afectación cuya causa puede deberse a la falta de algún nutriente (agua o elementos esenciales), o a la presencia de fitopatógenos en la planta los cuales inducen a un cambio en la textura de sus hojas.

6.2. Método para la determinación el valor nutritivo de los pastos

El valor nutritivo de los pastos se considera es producto de la composición química de éstos y de su digestibilidad, los cuales dependen de diversos factores propios de las especies, la edad de las plantas, climatología y del manejo de la pastura (**Vivas y otros, 2019**), y en términos generales el valor nutritivo de hojas es mayor al de tallos, siendo mayor en el caso de leguminosas que a las gramíneas. A medida que las plantas maduran van perdiendo valor nutritivo.

El valor nutritivo de los pastos se estima a partir de sus aportes energéticos, calculados en función del contenido porcentual de agua y materia seca (**Valles de la Mora y otros, 2016**), siendo esta última la que contiene y proporciona los nutrientes necesarios a los animales (material orgánico e inorgánico) para llevar a cabo los procesos metabólicos.

En base a un muestreo representativo, donde los cortes se deben realizar tomando en cuenta la textura y altura del pasto a fin de garantizar el rebrote de manera rápida y vigorosa, se realizan los respectivos cálculos de materia verde y posteriormente de materia seca. Los análisis de laboratorio determinarán los respectivos contenidos de nutrientes (materia inorgánica) del pasto, lo que permite a su vez determinar y estimar el valor nutritivo del mismo.

6.3. El muestreo de la calidad del forraje.

El muestreo de la calidad del forraje implica el corte de este para su análisis, y si bien no hay establecido un número exacto de muestras a considerar, estas deben ser representativas de la pastura consideran puntos con crecimiento homogéneo del pasto (**Valles de la Mora y otros, 2016**), estimándose entre 10-20 muestras por hectáreas como un número representativo. En pastos cespitosos la altura de corte suele ser de 5 cm., en pastos de crecimiento mediano la altura es de 7cm, en pastos tropicales (dependiendo de la especie) la altura varía entre los 15-30 cm.

El peso del corte representa el peso fresco (materia verde), y el tamaño de la submuestra es de aproximadamente un metro cuadrado. La precisión del muestreo está directamente relacionada con los resultados que puedan arrojar los análisis posteriores (**Loyola y otros, 2018**). Las muestras deben ser remitidas lo más pronto posible al laboratorio para su análisis, siendo conservadas en ambientes frescos durante el traslado y mantenimiento.

6.1.3. Identificación de muestras de los forrajes

Las muestras obtenidas de manera representativa en campo deben ser conservadas en bolsas de polietileno (contenido de 500 gr. aproximadamente) extrayendo la mayor cantidad de aire posible e identificadas adecuadamente, indicando datos específicos de fecha, nombre del productor, lote o ubicación de la zona muestreada, cultivo, especie, número de muestra, datos de fertilización, y cualquier otro que sea relevante.



Figura 86. Bolsas de polietileno para almacenamiento de muestra de forrajes para análisis bromatológico.

6.1.4. Determinación de la materia seca.

Variable relevante en la nutrición animal, en la cual se toma una muestra de 250 gramos (representativa de la materia verde o pasto fresco), a la cual se le extrae el contenido de humedad en estufa, sometiéndola a 105° C durante un período de 12 horas **(Derichs y otros, 2021)**.

En el caso de que la muestra vaya a ser utilizada para análisis bromatológico o de digestibilidad in vitro, la muestra se somete a su secado durante 48 horas a una temperatura de 60°, utilizando equipos como estufas o microondas (figura 87).



Figura 87. Equipos para la determinación de materia seca de muestra de forrajes para análisis bromatológico.

Adicional a este procedimiento, también puede medirse la materia seca en pasturas empleando el sensor de radiación o Grass Master el cual estima la cantidad de materia seca de los pastos en función de la fuerza magnética de los mismos.

Los valores de materia seca pueden variar dependiendo de la especie forrajera, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17. Valores de materia seca para diferentes especies de pastos gramíneas y leguminosas.

	MS (%)
Bermuda (<i>C. dactylon</i>)	31,3
Kikuyo (<i>P. clandestinum</i>)	20,1
<i>Brachiaria brizanta</i>	29,6
Rya grass perenne	22,0
Leucaena (<i>L. leucocephala</i>)	29,9
Kudzu (<i>P. phaseoloides</i>)	19,3
Trébol blanco (<i>T. rapens</i>)	16,8
Trébol rojo (<i>T. pratense</i>)	19,7
Caña de azúcar (<i>S. officinarum</i>)	22,6

Fuente: (Francesa, 2017)

6.1.5. Molienda y rotulación

Proceso en el cual el material en estado seco, el cual no ha visto modificado sus cualidades nutricionales, es molido a fin de modificar su estructura primaria (hojas y tallo) empleando diversos equipos que permiten su molienda en diversos tamaños de partículas (harina) en función del análisis que se vaya a realizar (**Vera y otros, 2021**)).

Este material molido es el empleado a nivel de laboratorio para los análisis consecuentes, y el mismo es ubicado en recipientes de vidrio debidamente

rotulados, los cuales permiten su conservación y exposición a la humedad que pudiera ocasionar daños al mismo (figura 88).



Figura 88. Preparación de muestra de pasto para análisis bromatológico.

Fuente: Mora (2012)

6.1.6. Tipos de análisis realizados al pasto

Los tipos de análisis que se realizan a las muestras de pastos para determinar la calidad nutricional de los componentes de la misma tales como (proteínas, fibras, carbohidratos, agua, cenizas) son usualmente los siguientes:

- Materia Seca (MS)
- Digestibilidad MS “in vitro” (DIVMS)
- Determinación de Proteína
- Lignina
- Determinación de compuestos grasos
- Carbohidratos no estructurales solubles
- Perfil de Fibras

6.1.7. El perfil de fibras

Procedimiento químico en el cual se determina la Fibra Detergente Neutro (FDN) que representa la parte estructural de la planta, y la Fibra Detergente Ácido (FDA) que representa la parte menos digestible, y básicamente difieren entre sí en la capacidad que tienen las soluciones empleadas en cada método para disolver los compuestos presentes en las fibras de las muestras de forraje.

En base a muestras de 0,5 gramos del pasto previamente molido y contenidos en una bolsa pequeña especial para este procedimiento, empleado equipos especialmente diseñados que permiten mantener condiciones controladas, la muestra es sometida a una solución compuesta por cinco reactivos con acidez neutra y concentración determinada Solución Detergente Neutro (SDN) durante un período de una hora, permitiendo romper, disolver y extraer los azúcares de la fracción fibrosa, es decir, los contenidos celulares accesibles fácilmente en el pasto, con lo cual se obtiene un remanente que es el que se conoce como FDN.

En el caso de la determinación de la FDA, se emplea el mismo equipo durante un tiempo similar al procedimiento antes descrito, sometiendo la muestra extraída del proceso anterior (FDN) a una reacción con una solución conformada por dos reactivos de carácter ácido Solución Detergente Ácida (SDA), la cual permite liberar la hemicelulosa, quedando la FDA como resultado y la cual la conforman celulosa y lignina.

Cabe destacar que, en el caso de la determinación de la lignina, el producto resultante del proceso de FDA se somete a la reacción con ácido sulfúrico (72%), permitiendo la liberación de celulosa, permitiendo obtener el porcentaje de lignina del pasto, variable importante por su efecto en la digestibilidad del pasto.

Los valores de fibras pueden variar dependiendo de la especie forrajera, como se observa en la tabla 18.

Tabla 18. Valores de fibra para diferentes especies de pastos gramíneas y leguminosas.

	FDN (%)	FDA(%))	Lignina(%)	WSC (%)	EM Mcal kg ⁻¹
Bermuda (<i>C. dactylon</i>)	66,7	36,7	4,7	0,6	±2,0
Kikuyo (<i>P. clandestinum</i>)	65,3	35,1	4,3	2,9	±2,5
<i>Brachiaria brizanta</i>	66,8	39,4	5,6		±2,5
Rya grass perenne	45,9	23,9	3,0	7,8	±3,0
Leucaena (<i>L. leucocephala</i>)	40,9	25,4	10,8		±2,75
Kudzú (<i>P. phaseoloides</i>)	49,4	38,2	7,1		±2,0
Trébol blanco (<i>T. rapens</i>)	27,5	22,1	3,9	9,2	±2,5
Trébol rojo (<i>T. pratense</i>)	36,4	26,6	4,1	8,3	±2,5
Caña de azúcar (S. <i>oficinarum</i>)	50,2	29,7	4,2	43,9	2,5

Fuente: (Francesa, 2017)

6.1.8. Determinación de la proteína

La determinación de la proteína (cadenas de aminoácidos que contienen nitrógeno), en base a muestras del material molido, empleando el proceso Kjeldahl el cual es un método estandarizado, los reactivos permiten liberar y valorar el contenido de nitrógeno y de esa manera conocer el valor proteico de la muestra y por ende del forraje, a partir de una conversión numérica (% de nitrógeno multiplicado por el factor de conversión 6,25).

El análisis de proteína cruda determina el contenido en bruto de nitrógeno de la muestra, sin embargo, no arroja su conformación proteica, por lo que en caso de querer determinar la calidad de la proteína se debe establecer el perfil de

los tipos de proteínas y compuestos nitrogenados, para lo cual puede emplearse, entre otros, el sistema de predicción de la Universidad Cornell (Sistema de Carbohidratos y Proteína de Cornell, CNCPS), que permite cuantificar el nitrógeno no proteico (Fracción A), la proteína verdadera soluble (Fracción B1), la fracción de proteína insoluble no ligada a la FDN (Fracción B2), la proteína de sobrepaso (Fracción B3) y el nitrógeno ligado a la FDA (Fracción C).

Los valores de proteína pueden variar dependiendo de las especies forrajera, como se observa en la tabla 19.

Tabla 19. Valores de proteína para diferentes especies de pastos gramíneas tropicales en función de la época del año.

Época del año	Edad de la planta (días)	Producción de forraje en base seca (kg ha ⁻¹)	Concentración de proteína en la planta (g kg ⁻¹ de MS)	Producción de proteína en la pradera (kg ha ⁻¹)
Seca	14	592	143	85
(15 feb-15 jun)	28	1034	130	135
	42	1640	93	158
Lluvias	14	1291	149	192
(15 jun-15 oct)	28	3207	120	384
	42	5602	93	521
Nortes	14	952	150	142
(15 jun-15 oct)	28	1739	139	242
	42	2125	113	240

Especies estudiadas: *Bachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizantha*, *B. ruziesiensis*, *Adropogon gayanus* y *Hyparrhenia rufa*.

Fuente: (Bolaños y otros, 2020)

CONCLUSIONES

La calidad de un pasto se expresa en primer lugar por la producción de biomasa la cual es un indicador directo del manejo agronómico que se le ha dado el mismo y de la calidad del suelo, su determinación se hace en campo por métodos de sencilla aplicación, peor que presentan una alta variabilidad.

Además de la producción de biomasa y materia seca la calidad de un pasto se mide en función de los nutrientes que aporta el mismo, para lo cual se deben aplicar los procedimientos estandarizados para tal fin, es importante conocer los cuidados que se deben tener para que las mediciones sean los más precisas posible y reducir el error experimental de tal manera de garantizar un análisis de calidad, necesario para a formulación de raciones alimenticias.

Adicional a garantizar una adecuada producción de biomasa y la cantidad de nutrientes requeridos por los animales, es necesario que la calidad de pastizal se refleje en un manejo posible del ecosistema y en especial por la no introducción de agentes patógenos como microorganismo y metales pesados que además de poner en riesgo la salud del animal, puedan convertirse en un problema de salud pública.

CAPÍTULO 7

UTILIZACIÓN DE PASTIZALES DE ZONAS TROPICALES

RESUMEN

La utilización de los pastizales puede influir tanto en la productividad del sistema pecuario como en la conservación del suelo, dado que un manejo intensivo si respetar la capacidad de carga puede llevar a la degradación del suelo y el sobrepastoreo, mientras que manejos extensivos, pueden llevar a condiciones de subpastoreo desmejorando al calidad el pasto, así mismo las condiciones climáticas en el trópico condicionan el manejo del pasto, debido a inundaciones y sequias extremas, por lo que en esta capítulos se abordaran técnicas de conservación de pastos como el ensilaje y henificación, así mismo en lo últimos años debido el agravamiento del cambio climático y donde se hace necesario reducir las emisiones de CO₂, por lo que se han promovido sistemas pecuarios mixto que combinan el manejo del sistema del pastizal con explotaciones forestales para promover la conservación del suelo y en especial el secuestro del carbono y cuyo manejo e importancia serán abordados al describir los sistemas agroforestales y silvopastoriles.

Palabra claves: Agroforesteria, carbono, conservación, ensilaje, silvicultura.

ABSTRACT

The use of pastures can influence both the productivity of the livestock system and soil conservation, since an intensive management if respecting the carrying capacity can lead to soil degradation and overgrazing, while extensive management can lead to conditions of underprizing, deteriorating the quality of the pasture, as well as the climatic conditions in the tropics condition the management of pasture, due to floods and extreme droughts, In recent years, due to the worsening of climate change and where it is necessary to reduce CO₂ emissions, mixed livestock systems have been promoted that combine the management of the pasture system with forestry exploitations to promote soil conservation and especially carbon sequestration, whose management and importance will be addressed in the description of agroforestry and silvopastoral systems.

Keywords: Agroforestry, carbon, conservation, silviculture, forestry.

INTRODUCCIÓN

Ya en otros capítulos se ha abordado como debe ser el manejo agronómico de los pastizales para lograr que los mismos alcancen su máxima productividad y calidad en función de una adecuada zonificación agroecológica, ahora se describirá cómo es la utilización que se le puede dar al pastizal, bien sea para pastoreo in situ o para la conservación del mismo y su utilización para la alimentación animal como pasto de corte, ensilaje o heno (**Díaz M. , 2020**).

El primer uso que se describe es la utilización del pasto para la alimentación animal in situ el cuales se denomina pastoreo y donde se deben considerar factores como el clima, suelo y tipo de pasto (**Calvo y otros, 2021**), de tal manera de establecer el tiempo adecuado de pastoreo, el número de animales por potreros y de esa manera evitar que una carga animal excesiva conduzca al deterioro del suelo, causando problemas de compactación y erosión, así mismo el manejo intrínseco del pastizal, puede llevar a un rápido agotamiento de la oferta forrajera por sobrepastoreo o en caso contrario en sistema extensivo crear condiciones de subpastoreo, desaprovechando una parte importante de la biomasa vegetal.

El segundo uso que se describe en este capítulo es la necesidad de almacenaje de los pastos, debido a que en el trópico existen condiciones extremas como sequías extremas e inundaciones frecuentes (**Guevara y otros, 2018**), que hace imposible una oferta forrajera constante durante todo el año, existiendo épocas de déficit, que debe ser suplidas, bien sea por alimentos concentrados o mediante el suministro de silos o heno, que han sido almacenados previamente, esos además pueden ser complementado con fuentes de alimento de proteína o energía que mejoren la calidad del aliento.

Un tercer uso a considerar es el caso en que no exista pastoreo con el propósito de conservar el suelo y los sistemas de pasturas se utilicen para corte, en este caso si bien se está eliminando un elemento de perturbación en el suelo, como es la presión de la carga animal, se debe considerar otros aspectos como son la altura y frecuencia de corte (**Schnellmann y otros, 2019**) de tal manera de garantizar que el pasto que se le suministre al animal tenga la mejor calidad posible en término de suministro de materia seca y proteína.

Finalmente la tendencia en el uso de pastizales esta reorientada a los manejos sostenible de los mismos, debido a la preocupación que existe por el avance de problemas ambientales como el cambio climático y el calentamiento global, es por ello que se hace énfasis en la concientización de los agricultores para la adaptación de sistemas agropecuarios sostenible, basado en crear condiciones que favorezcan el secuestro del carbono y mejoren la calidad del suelo, por lo que el final del capítulo se abordaran las ventajas de la implementación de sistemas agroforestales y silvopastoriles, entre lo que destacan el secuestro de carbono (**Iglesias & Delgado, 2019**), reducción de la erosión (**Oscanoa & Flores, 2016**), compactación del suelo y aumento de las reservas de agua en cuencas hidrográficas (**Cabrera-Mireles y otros, 2019**), no solo desde el punto de vista ambiental sino para garantizar la productividad del sistema de producción animal.

7.1. Sistemas de utilización de la pastura

A continuación, se describen los diferentes usos que se le pueden dar a una pastura tanto para la alimentación animal, como para otros usos directo para pastoreo como aquellos que requieran la conservación y almacenamiento del pasto y vez cortado y almacenado el mismo se suministre a los animales, especialmente en periodos de extremada sequía.

7.1.1. Sistemas de cercas

Las cercas como sistema son imprescindibles para el manejo de animales en los pastizales, teniendo un rol preponderante en el buen manejo de éstos y del pastizal. Por norma general las cercas han de ser una estructura fiable que garantice el control de los animales en el potrero (**Monroy & Moreno, 2018**), y además deben ser una estructura inocua y segura.

7.1.1.1. Cercas para la división de potreros:

Las cercas son mecanismos que permiten la división o delimitación de potreros, facilitando el manejo del mismo y en determinados casos proporcionando servicios al ecosistema y forraje para la alimentación animal.

El objetivo principal de las cercas es la de controlar el flujo de personas y animales en el potrero, resguardando el acceso al mismo, bien sea perimetral, o como parte de la división interna (**Morantes-Tolosa & Renjifo, 2018**). Existen distintos tipos de cerca, y dependiendo de ello estas pueden brindar servicios adicionales al objetivo primordial de su uso.

Cercas muertas: pared, piedra y alambre.

Las cercas muertas hacen referencia a aquellas construidas con material inerte (no vivo), empleadas para delimitar áreas del potrero (**Medina y otros, 2020**).

Las cercas de piedra representan una barrera a manera de trinchera, de altura variable normalmente entre 1,10-1,30 metros, cuya base es más ancha que la parte superior de la misma (figura 89). Suelen implementarse en zonas donde hay suficiente material disponible de manera natural. Es ecológicamente amigable por ser un material natural, y su carácter incombustible la convierte en obstáculo para propagación del fuego.



Figura 89. Cerca de piedra para división de potreros.

Fuente: <https://c227648b93.cbawl-cdnwnd.com/3e6aabe24ecd027218604854f5791977/200000032-9eb2c9faca/LA%20TUNA%2013.JPG>

Las cercas de alambre, bien sea liso o de púas, cumplen la función básica de toda cerca, empleando alambres y postes que sirven de sujeción a los mismos (figura 90). En el caso de cercas de alambre liso (acerado o de hierro galvanizado) la distancia entre postes suele ser mayor ya que estos pueden ser perforados dada la característica lisa del alambre. En cercas de alambre de púas se suelen emplear grapas para la sujeción del alambre al poste. El costo de este tipo de cercas es normalmente mayor que el de otros tipos por lo que debe tomarse en cuenta al momento del análisis costo-eficiencia.



Figura 90. Cerca de alambre para división de potreros.

Fuente: <https://www.ecured.cu/images/9/9c/Cerca3.jpg>

7.1.1.2. Cercas vivas: setos, macizos, chumberas.

Las cercas vivas son plantaciones lineales de diversas especies (arbóreas o arbustivas) con el propósito primario de servir de barrera y permitir el control de movimiento tanto de animales como de personas, delimitando potreros, campos agrícolas y propiedades estableciendo límites naturales y contribuyendo al manejo del pastoreo, siendo de mayor durabilidad que otros métodos y de menor costo (figura 91).



Figura 91. Cerca viva para división de potreros

Fuente: https://storage.contextoganadero.com/s3fs-public/ganaderia/field_image/cercas_vivas_ganaderia_ini.jpg

Las cercas vivas, además de sus objetivos primordiales ya mencionados, presentan beneficios ecosistémicos al propiciar un microclima para los animales en pastoreo, evitar la erosión del suelo (**Morantes-Toloza & Renjifo, 2018**), y representan una fuente alimenticia de forraje para los animales, y dependiendo de la especie, pueden resultar más productivas por su mayor valor proteico. Además, en un sistema autosostenible ya que, en muchos casos, pueden establecerse a través de semillas asexuales lo que reduce el tiempo de propagación y establecimiento.

Los tipos de cercas vivas pueden clasificarse en postes vivos de cercas, que son hileras de plantas leñosas normalmente descopadas, que resultan más duraderos de que los postes de madera; y setos, que son plantaciones lineales (de diverso espaciado y altura) empleados como barreras vivas y rompe vientos (**Quiroz y otros, 2021**), que en el caso de usar especies espinosas pueden reemplazar a las cercas de alambre.

Las cercas vivas, establecidas a fin de obtener forraje y brindar beneficios como el abono verde (**Loyola y otros, 2021**), aparte de delimitar terrenos, implica el empleo de especies muy productivas, capaces de soportar podas o defoliación continua, cuyos beneficios se describen en la tabla 20.

Tabla 20. Beneficios de las cercas vivas

Beneficio para la unidad de producción	Beneficios ambientales
Mayor vida útil	Cortafuego
Divide potreros	Conserva el bosque
Establecer linderos	Mejora calidad del suelo
Brinda sombra al ganado	Promueve secuestro de carbono
Produce madera o leña	Conserva la biodiversidad
Produce frutos para alimentación humana	Mantiene los corredores biológicos
Fuente de forraje y alimento de ganado	Facilita la reproducción de fauna silvestre
Aumenta valor de la finca	Mejora la belleza del paisaje

7.1.1.3. Cercas mixtas: árboles, alambre.

Resultado de la combinación de diversos materiales, en donde se emplean postes vivos o estacas como soportes para el alambre o malla. Los postes vivos están representados por especies arbóreas cuyos troncos son utilizados a manera de sostén del otro material incorporado en la cerca mixta como es el alambre. Este sistema es más duradero que el que emplea postes de manera tradicional (estacas), ya que por su naturaleza es menos propenso al ataque de termitas y los efectos negativos que puedan derivarse del ataque de hongos.

7.1.1.4. Cercas eléctricas: Portátiles y móviles

Las cercas eléctricas, como sistema empleado para la división de potreros, son un método cada vez más empleado para controlar y optimizar el manejo de pastoreo (**Lodeiro-Ocampo y otros, 2021**), y están conformada por una serie de postes e hilos y por un energizador alimentado por una fuente de energía (red eléctrica o acumulador) que al elevar su voltaje proporciona un choque eléctrico de baja intensidad en el animal (al tocar la cerca) como se observa en la figura 92.



Figura 92. Cerca eléctricas para división de potreros.

Fuente: https://storage.contextoganadero.com/s3fs-public/styles/noticias_one/public/ganaderia/field_image/2020-05/cerca_electrica.jpg?itok=iiuSjz4t

Adicional del carácter móvil de este sistema y la flexibilidad de manejo que ello representa, el sistema de cercado eléctrico presenta ventajas asociadas al costo inferior que el cercado tradicional con alambre para su instalación y mantenimiento (estimado en un 80% menos), bajo consumo energético, vida útil estimada superior a los 15 años, y la posibilidad de establecer sistemas rotativos sectorizados, incrementando la capacidad de carga y productividad por superficie (**González-Quintero y otros, 2020**).

Algunos autores (**Gutiérrez y otros, 2018**) indican que resulta beneficiosa en el control de plagas y de malezas, al romper el ciclo vital de ciertos insectos y estimular la producción de la pastura dado el buen manejo que se hace de la misma facilitada por la instalación de este tipo de sistema.

La movilidad de las cercas eléctricas (alambres móviles) posibilita un uso eficiente de los potreros en rotación, cumpliendo funciones similares a las que haría un cerco fijo, pero con la ventaja de la movilidad. En función del tipo de animal en pastoreo y de la zona, se establece el tipo de cerco eléctrico a instalar.

7.2. Sistema de pastoreo

Los sistemas de pastoreo hacen referencia a las diversas alternativas de uso de las pasturas por parte de los animales sometidos a pastoreo (**Milera-Rodríguez y otros, 2019**), donde básicamente los potreros son sometidos a períodos de utilización y descanso a fin de mantener una alta producción de forraje de buena calidad el mayor tiempo posible a partir de la buena utilización del mismo, un balance idóneo de las especies forrajeras con impacto favorable en la producción animal, siendo relevante por tanto la fisiología y productividad de las especies, la carga y capacidad animal y la gestión o manejo del pastoreo (espacio y tiempo).

7.2.1. Pastoreo continuo.

Sistema en el cual se mantiene de manera constante un número de animales en pastoreo (**Blanco y otros, 2019**). Se asocia a la ganadería extensiva, sin controlar de manera estricta el número de animales que pastorean en un potrero de grandes extensiones, normalmente conformado por pasturas no cultivadas, las cuales son ocupadas de manera continua si ser sometidas a períodos de descanso programados (figura 93).



Figura 93. Sistema de ganadería extensiva

Fuente: <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2019/03/vacas-pastando-1.jpg>

La ventaja principal de este sistema es su bajo costo, ya que implica menos mano de obra y para su establecimiento el cercado se limita a la periferia. Sin embargo, bajo este sistema la selectividad de animal es elevada, lo que tiene efecto en la persistencia de la pastura al disminuirla.

La selectividad viene dada por el hecho de que animal consume las especies más deseables, succulentas y nutritivas por éste, incluyendo sus rebrotes, por lo que la persistencia se ve afectada al no permitir la recuperación de estas, propiciando la aparición de malezas y degradación de las pasturas (**Ballesteros-Correa y otros, 2019**). El hecho de que sea principalmente extensivo dificulta el manejo de los animales los cuales suelen ser indóciles.

Bajo este sistema, se debe considerar la carga animal a fin de evitar el sobrepastoreo en los períodos de baja producción de pasto (**Jurado-Guerra y otros, 2021**), aumentando la carga animal en los períodos de mayor producción (manejo de la intensidad de pastoreo). Se plantea que bajo este sistema se pueden lograr ganancias de peso diaria mayores, pero el aprovechamiento (producción total por hectárea) es mucho menor.

7.2.2. Pastoreo rotativo y periódico.

Sistema en el cual el área a pastoreo se divide en dos o más potreros, de tal forma de ofrecer descanso a algunos mientras uno es ocupado por los animales en pastoreo (**Ortíz & Silva, 2006**), y su puesta en práctica (implementación) conlleva tomar en cuenta las características agroproductivas del pasto y la época del año, en base a las cuales se determinan los períodos de ocupación y descanso.

El principio básico de este sistema es que las plantas luego de haber sufrido defoliación tienen la capacidad de rebrotar en función de determinadas condiciones edafoclimatológicas y fenología de estas, con lo cual un período de descanso promueve la recuperación de la biomasa que ha sido removida, como se observa en la figura 94.



Figura 94. Ejemplo de división de potreros.

Fuente: https://data02.123doks.com/thumbv2/123dok_es/000/509/509615/29.918.169.620.328.670/figura-divisi%C3%B3n-de-potreros-finca-el-establito.webp

Existe coincidencia en que este sistema permite la redistribución de la presión de pastoreo de una carga animal específica en función del tiempo y espacio de ocupación del potrero (**Reategui y otros, 2019**), lo que deriva en un mejor control de la defoliación de las pasturas en cuanto a uniformidad e intensidad.

Este sistema es ventajoso ya que permite un manejo adecuado de animales en función de su etapa fisiológica, un mejor control de arvenses y parásitos (ciclo), incremento de la producción forrajera y facilita la fertilización de las pasturas. Entre las desventajas se pueden mencionar una mayor inversión en materiales para el establecimiento de potreros, y el chequeo de animales es mayor al haber mayor cantidad de lotes (**Chillo & Ojeda, 2020**)).

7.2.3. Pastoreo rotativo diario.

Se puede definir al sistema o método de pastoreo rotativo como una especialización del manejo del pasto que determina períodos recurrentes de pastoreo y descansos para dos o más unidades de pastizal o pastura (**Guerrero y otros, 2017**)

Los sistemas de pastoreo rotativo con altas cargas tienen un gran impacto en la eficiencia de uso del forraje de pasturas mejoradas. Buscando la forma de intensificar aún más y aumentar el grado de control del pastoreo y la eficiencia de cosecha (**Chillo & Ojeda, 2020**), se continuó desarrollando el pastoreo en franjas, las cuales, dependiendo del sistema de producción considerado, pueden tener periodos de ocupación diaria, semanal o quincenal.

Este surge entre otras razones por: Bajo aprovechamiento del forraje producido, que se sitúa normalmente por debajo del 60% para el campo natural; pérdidas por pisoteo, las cuales varían en función del tipo de pastura, de la carga,

condiciones climáticas, especie y categoría animal; contaminación del forraje con deyecciones y orina, el cual es rechazado por los animales, donde áreas contaminadas pueden representar de 10 al 45%; consumo diferencial de forraje, tanto en cantidad como en calidad, dependiendo del animal, de la carga y del manejo; oferta forrajera irregular y problemas de disponibilidad de agua (**León y otros, 2018**).

7.2.4. Pastoreo diferido.

El pastoreo diferido es catalogado como una variante que puede ser aplicada a los sistemas descritos anteriormente, en el cual se retrasa el momento o el período en el cual la pastura es sometida al aprovechamiento por parte de los animales, retrasando o difiriendo la entrada de éstos al potrero (**Yalli y otros, 2020**).

Este sistema permite usar el recurso forrajero considerando la recuperación de este, utilizando los potreros en distintas épocas del año, los cuales son rotados según la estación, donde principalmente son sometidos a descanso antes de la época seca para ser utilizados durante ésta.

El sistema de pastoreo diferido, fundamentado en el estado de la planta, su desarrollo y condiciones climatológicas, facilita que las pasturas no sean utilizadas durante ciertos períodos críticos, difiriendo el consumo de la biomasa aérea de las plantas y permite la resiembra de ciertas especies y la recuperación de otras.

7.3. Sistemas de conservación y uso

En términos generales la conservación de forrajes hace referencia a los distintos sistemas o métodos que permiten el almacenamiento adecuado del pasto con el propósito de que éste sea suministrado de una forma racional en

épocas de escasez garantizando en gran medida mantener niveles óptimos de producción animal.

7.3.1. Henolaje

Sistema de conservación de forraje (húmedo) considerado como un proceso intermedio entre el ensilaje y la henificación (**WingChing-Jones & Leal, 2018**), en el cual el forraje es enrollado presentando un contenido de humedad entre el 40-50%, donde el producto final presenta consistencia semihumedad bien sea en presentación de un rollo (silopack) o de más de un rollo (siloline), y constituyen un método de reserva de forraje de calidad con excelente valor nutricional (figura 95).



Figura 95. Henolaje de alfalfa

Fuente: <https://horizonte digital.com/wp-content/uploads/2017/11/henolaje.jpg>

Este sistema al utilizar forraje húmedo, permite minimizar las pérdidas de material tanto en la elaboración como en su suministro, así como la de nutrientes durante la etapa de almacenamiento (**Rodríguez & Herrera, 2021**). Es importante la elección de la especie vegetal y el momento de corte de la misma, cuidando y organizando las tareas que el proceso involucra, tanto a nivel de humedad adecuada como de enrollado y almacenaje, para evitar pérdidas producto de

fermentación incompleta o de problemas con el hermetismo que deben presentar los rollos.

Una de las ventajas adicionales de este sistema es que permite la conservación de forraje en épocas en donde los factores climáticos imposibilitan la henificación al impedir el secado al aire libre del forraje (**Rodríguez & Herrera, 2021**).

7.3.2. Ensilado

Método de conservación de forrajes más empleado, donde básicamente se consigue obtener en el forraje ensilado una veloz disminución del pH y una elevada concentración de ácido láctico, (**Quiñones y otros, 2020**) lo que permite inhibir la acción microbiana y con ello la preservación del producto hasta que éste sea utilizado, siendo el silo el lugar de almacenamiento (figura 96) y en donde se lleva a cabo el proceso de fermentación.



Figura 96. Ejemplo de silaje de maíz.

Fuente: <http://alltech.perulactea.com/wp-content/uploads/2012/01/ensilaje.jpg>

El proceso químico-biológico del ensilado facilita la conservación de pastos y forrajes de alto valor nutricional y digestibilidad (**Quiñones y otros, 2020**), cuyos porcentajes de humedad varían entre el 65-70% y su contenido de materia seca entre el 30-35%, cuyo producto final se denomina silaje y que suele ser agradable para el consumo animal.

El proceso implica la ocurrencia de una serie de actividades metabólicas, como lo son: la fase aeróbica o de respiración celular, la fermentación o fase anaeróbica, la fase de estabilización.

7.3.3. Henificación

Sistema mediante el cual se realiza el secado rápido de forraje verde, bien sea al aire libre (6-8 horas en condiciones de trópico) o mediante deshidratadoras (método artificial), reduciendo la humedad hasta porcentajes alrededor del 20% o menos (lo que inhibe la presencia de hongos), convirtiendo el forraje verde en un producto final de fácil transporte y almacenamiento seguro (**WingChing-Jones & Leal, 2018**), y que permite minimizar las pérdidas de nutrientes y de contenido de materia seca, representando un alimento con valor nutritivo similar al que presenta en el momento de corte.

Se recomienda en pastos con alta relación hojas-tallo que favorecen el proceso de deshidratación, los cuales han de ser cortados en el momento óptimo y ser sometidos al proceso de secado, a fin de obtener como producto final el heno como se observa en la figura 97.



Figura 97. Obtención de paca de heno para alimentación animal.

Fuente: https://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/10540142088?profile=RESIZE_930x&width=800

7.3.4. Hidroponía

La hidroponía representa un método de manejo de plantas que permite el cultivo de las mismas sin requerir suelo, permitiendo el cultivo de plantas principalmente herbáceas en localidades o lugares no convencionales (**Guevara y otros, 2018**), cuidando de sus necesidades (luz, temperatura, agua, etc.) en donde los nutrientes minerales básicos son proporcionados a partir de una solución acuosa.

En el caso de forrajes, el forraje verde hidropónico (FVH) es una alternativa sostenible más considerando los efectos del cambio climático (**Castillo & Núñez, 2019**), en donde la siembra de granos y leguminosas para la alimentación animal se hace sin el uso de sustrato, y utilizando una solución acuosa a través de la cual se aportan los nutrientes a las plantas (figura 98).



Figura 98. Forraje verde hidropónico (FVH= para alimentación animal)

Fuente: <https://agriculturers.com/wp-content/uploads/2014/10/Forraje-Verde-Hidrop%C3%B3nico.jpg>

Este tipo de cultivos permite un mejor control de las condiciones ambientales, minimizando el ataque de patógenos y el uso de agroquímicos, con el añadido de conservar el suelo (puesto que no se emplea) y dar un mejor uso al agua, maximizando su aprovechamiento (**Paipa y otros, 2020**).

El proceso consiste básicamente en las siguientes etapas: selección de semillas de calidad, desinfección de las semillas (hipoclorito de sodio), remojo y pregerminación de las semillas, siembra (respetando densidad), germinación (cámara de oscuridad), riego y fertilización (solución nutritiva), cosecha. Este sistema facilita la producción de forraje fresco para la alimentación animal, minimizando alteraciones a nivel digestivo y de posibles enfermedades, incrementando niveles productivos y reproductivos.

7.3.5. Bloques multinutricionales

Los bloques multinutricionales (BMN) son un método de suplementación alimenticia con alto contenido de energía y nitrógeno, así como vitaminas y minerales, contribuyendo al bienestar animal y a un menor costo que el de los alimentos concentrados (**Godoy Padilla y otros, 2020**).

Su presentación es en forma de masa sólida y dura (a raíz de ingrediente cementable agregado durante su elaboración) cuyo peso oscila entre 5-50 kg. hace que no pueda ser consumida en grandes cantidades, y son considerados una vía segura de incluir urea en la dieta animal favoreciendo el crecimiento de los microbios del rumen y por tanto el metabolismo ruminal (figura 99).



Figura 99. Bloques multinutricionales (BMN) para alimentación animal

Fuente: <https://zoovetesmipasion.com/nutricion-animal/bloques-multinutricionales/>

Los BMN permiten incrementar el consumo voluntario en pasturas de calidad deficiente, y no presentan restricciones de uso, pudiendo utilizarse en bovinos de carne y leche y en ovinos, indistintamente la edad de los animales (Godoy Padilla y otros, 2020).

Su elaboración implica el uso de diversos ingredientes, cuyas cantidades y proporciones varían en función del peso final del bloque que se desee obtener (Graillet-Juarez y otros, 2017), sin embargo, siempre se debe incluir una fuente de energía (normalmente melaza) una fuente de nitrógeno no proteico (urea), fuentes de proteína, fuentes de fibra, fuente de minerales (sal mineralizada), ingrediente cementante (cemento o cal) y azufre.

7.4. Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales o agroforestería son básicamente una combinación de prácticas forestales con agricultura y/o pastoreo sobre la misma unidad de superficie (**Agudelo y otros, 2019**). La agroforestería no es una práctica nueva, ha prevalecido durante siglos en muchas partes del mundo, especialmente bajo condiciones de agricultura de subsistencia, tradicional, campesina o indígena, donde se combinan sistemas de siembra de cultivos con árboles forestales (figura 100).



Figura 100. Ejemplo de sistemas agroforestales.

Fuente: <https://bosquedeniebla.com.mx/wp-content/uploads/2021/09/safa-ilites-maiz-2021-3.jpg>

La misma porta grandes beneficios ambientales y socioeconómicos y en comparación con los sistemas de producción en monocultivo, los sistemas agroforestales ofrecen al campesino varias ventajas, por ejemplo: Incrementa en forma directa los ingresos a la familia campesina, combinando cultivos con ciclos de producción más equilibrada; reduce los costos de producción agropecuaria y a mediano y largo plazo, los ingresos de la producción de madera y productos no maderables, como la goma, frutas, colorantes y miel pueden ser importantes (**Narváez y otros, 2020**).

7.5. Sistemas silvopastoriles

Los sistemas agroforestales pastoriles (o agrosilvopastoriles, o simplemente silvopastoriles) son asociaciones de árboles maderables o frutales con animales y cultivos (**Contreras-Santos y otros, 2020**). Los sistemas silvopastoriles son la combinación de especies forestales o frutales y animales, sin la presencia de cultivos. Se practican a diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado (figura 101), hasta el pastoreo de animales como complemento a la agricultura de subsistencia. Si la carga animal es alta, la compactación de los suelos puede afectar el crecimiento de los árboles y otras plantas asociadas.



Figura 101. Ejemplo de sistemas silvopastoriles.

Fuente: https://storage.contextoganadero.com/s3fs-public/styles/noticias_one/public/ganaderia/field_image/2018-05/foto_efecto_ssipi.jpg?itok=O4fSfsSJ

Entre las ventajas de este sistema están que los árboles proporcionan un microclima favorable para los animales como sombra, generando ambiente más fresco (**Oliva y otros, 2018**); los animales pueden participar en la diseminación de las semillas, o escarificarlas, lo cual favorece la germinación y la economía de estos sistemas se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, por medio de los productos animales y arbóreos.

CONCLUSIONES

La rotación de potreros es clave en los sistemas de ganadería intensiva de tal manera de reducir la presión por carga animal y de esa manera evitar la degradación de las pasturas y evitar además condiciones de sobrepastoreo y subpastoreo, aumentando la utilización del pastizal aprovechado al máximo el potencial de pasto para la alimentación animal, no obstante a pesar de ello, en los sistemas de pastoreo bajo condiciones tropicales aun predominan los sistemas extensivos donde se debe considerar las condiciones edáficas, climática, así como la adaptación de los pastos nativos para su manejo.

La conservación de pastos y su uso para corte mediante procesos de henificación o ensilaje son claves para poder mantener el sistema sostenible de producción animal en las pasturas tropicales, donde las condiciones climáticas extremas, caracterizadas por extremas sequías y periodos de inundaciones llevan a que la oferta forrajera no sea constante durante todo el año.

Los sistemas agroforestales y silvopastoriles deben contemplar como alternativa de oferta para la alimentación animal los forrajes verdes hidropónicos (FVH) y los bloques nutricionales, los cuales no solo pueden ayudar a suplementar las necesidades de alimentación de los animales, sino que su uso además promueven el secuestro de carbono y reducen la erosión del suelo, aumentando su productividad al máximo y mejorando las características del suelo bien sea por su recuperación o porque este sistema minimizan el uso del mismo.

MANEJO DE PASTIZALES Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán, L. S., Condo Plaza, L. A., Rojas Oviedo, L. A., Huebla Concha, V. H.

ISBN: 978-987-82816-4-3

BIBLIOGRAFÍA

- Abril-Saltos, R. V.-G.-C., Pillco-Herrera, B. M., Quishpe-López, J. D., & López-Adriano, K. P. (2022). Germinación y crecimiento de *Leonia glycyarpa* en Arosemena Tola, Napo, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 33. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/am.v33i1.45656>
- Agudelo, C. A., Bustos, S. L., Cortes, Y. P., & Moreno, C. A. (2019). Lo que sabemos y no sabemos sobre los sistemas agroforestales tropicales y la provisión de múltiples servicios ecosistémicos. Una revisión. *Ecosistemas*, 28(3), 26-35. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.04>
- Aguilar, A., & Nieuwenhuyse, A. (2009). *Manejo integral de malezas en pasturas. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I*. Managua, Nicaragua: CATIE. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7754/11.pdf?sequence=2>
- Aguirre, S. E., Piraneque Gambasica, N. V., & Mercado Fernández, T. (2022). *Suelo y cambio climático: Incluye estudio de casos*. Editorial Unimagdalena. doi:10.21676/97895874644993
- Alcarraz, R. E., Del Águila, J. G., & Lozano, M. B. (2022). Sistemas silvopastoriles para la producción ganadera en el Centro de Producción Limón Rocío de la UNSM-T. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 2(2). doi:<https://doi.org/10.51252/revza.v2i2.398>
- Alonso Báez, M. &. (2011). Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 113-121. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000200113&script=sci_arttext
- Altesor, A., Ayala, W., & Paruelo, J. M. (2011). *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales* (Vol. 26). Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2835/1/18429020511100111.pdf>
- Altuve, A. J. (2021). Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la producción ganadera agroecológica y sustentable. *Revista Episteme*, 1, 240-249. Obtenido de revistas.unellez.edu.ve/index.php/retn/article/download/1340/1211
- Alvarado, D. A., Yanza, M. A., Escandón, P. E., Inga, C. S., Viera, G. E., Aguilar, Y. M., & Viera, R. V. (2018). Pastoreo versus semi-estabulación en la producción, persistencia del pastizal y rendimiento lechero de ganaderías andinas en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(1). Obtenido de <http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/download/54/62>

- Álvarez, C. N., Armas, P. J., & Viera, R. V. (2019). Manejo de asociaciones gramíneas-leguminosas en pastoreo con rumiantes para mejorar su persistencia, la productividad animal y el impacto ambiental en los trópicos y regiones templadas. *41(2)*, 131-137. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000200007
- Angulo, A. M., Duque, G., García, G., Luna, R. E., Herrera, P. E., & Birbe, B. (2020). Biomasa forrajera de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst var. *nlemfuensis* estimada por capacitancia electrónica en condiciones de Bosque Seco Premontano. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, *37(2)*, 129-147. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ana-Herrera-33/publication/342178060_Biomasa_forrajera_de_Cynodon_nlemfuensis_Vanderyst_var_nlemfuensis_estimada_por_capacitancia_electronica_en_condiciones_de_Bosque_Seco_Premontano/links/5ee76bf2458515814a5eafc8/Biom
- Apráez, E., Gálvez, A., & Apráez, J. (2019). Factores edafoclimáticos en la producción y calidad del pasto Saboya (*Holcus lanatus* L.) en el Altiplano de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *36(1)*, 16-32. doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.193601.95>
- Arciniegas-Torres, S. P., & Flórez-Delgado, D. F. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y agricultura*, *15(2)*, 107-116. doi:<http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8442>
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (s.f.). (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo Colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, *30(3)*, 899-915. doi:10.15517/am.v30i3.35136
- Arias, J. Á., Camposano, O. C., & Macías, C. S. (2020). Sistemas de labranza y su incidencia sobre híbridos de maíz cultivado Tillage systems and their incidence on cultivated maize hybrids. *Revista Killkana Técnica*, *42*. doi:<https://doi.org/10.26871/KILLKANATECNICA.V4I2.692>
- Armenteras, D., González, T. M., Vargas Ríos, O., Meza Elizalde, M. C., & Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia*, *42(1)*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322020000100001
- Arroyave, C., Barceló, J., Poschenrieder, C., & Tolrà, R. (2011). Aluminium-induced changes in root epidermal cell patterning, a distinctive feature of hyperresistance to Al in *Brachiaria decumbens*. *Journal of Inorganic Biochemistry*, *105(11)*, 1477-1483. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2011.07.011>
- Avendaño, V. A., & Navarro, C. A. (2020). Alimentación de ovinos en regiones del trópico en Colombia. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, *11(2)*, 71-108.

- Obtenido de
<https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/download/471/808>
- Ballesteros-Correa, J., Morelo-García, L., & P.-T. J. (2019). Composición y estructura vegetal de fragmentos de bosque seco tropical en paisajes de ganadería extensiva bajo manejo silvopastoril y convencional en Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 41(1). doi:<https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71320>
- Batis, B. V., Perea, Y. E., Fonseca, R. R., García, Y. M., Suárez, E. J., & Miranda, O. F. (2020). Propiedades químicas del suelo en cuatro fincas de la agricultura suburbana en Santiago de Cuba. *Agrisost*, 26(3), 1-10. Obtenido de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost>
- Beltrán, S., García, C. A., Loredó, C., Urrutia, J., Hernández, J. A., & Gámez, H. G. (2018). “Llorón Imperial”, *Eragrostis curvula* (Schrad) Nees, variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(2), 400-407. doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4532>
- Blanco, L., Durante, M., Ferrante, D., Quiroga, R. E., Demaría, M., & Di Bella, C. M. (2019). Red nacional de monitoreo de pastizales naturales de Argentina: productividad forrajera de la vegetación extrapampeana. *RIA. Revista de investigaciones agropecua*, 45(1), 89-108. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142019000100089&script=sci_arttext&tlng=es
- Bolaños, E., Enríquez, J., & Fragoso, A. (3 de Agosto de 2020). *Los pastos tropicales y la producción de proteína*. Obtenido de Agroregion: <http://agroregion.com/articulo?id=209>
- Borrelli, P., & Oliva, G. (2001). Evaluación de pastizales. En *Ganadería Ovina Extensiva Sustentable en la Patagonia Austral* (págs. 163-184). Santa Cruz, Argentina: Ediciones EEA INTA . Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-capitulotme_6.pdf
- Bravo, D., Álvarez, J., Alvarado, R., & Ochoa, W. (2021). Índice de resiliencia climática de los sistemas agrícolas, el caso ecuatoriano. *Cuestiones Económicas*, 31(3). doi:<https://doi.org/10.47550/RCE/MEM/31.24>
- Bueno, G. A. (2012). Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 3(2), 56-83. Obtenido de <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/download/604/659>

- Cabrera-Mireles, H., Murillo-Cuevas, F. D., Adame-García, J., & Fernández-Viveros, J. A. (2019). Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 33-43.
- Callejo, A., & Diaz, V. (2004). El proceso de henificación. *Conservación de Forrajes I*, 17-37. Obtenido de https://oa.upm.es/34353/1/INVE_MEM_2004_186667.pdf
- Calvo, D. A., Peter, G., & Gaitán, J. J. (2021). El clima modula los efectos del pastoreo sobre la productividad primaria en ecosistemas áridos de Argentina. *Ecosistemas*, 30(3), 2228-2228. doi:<https://doi.org/10.7818/ECOS.2228>
- Calzada-Marín, J. M., Enríquez-Quiroz, J. F., Hernández-Garay, A., Ortega-Jiménez, E., & Mendoza-Pedroza, S. I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(2). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242014000200009&script=sci_arttext
- Cárdenas, S. E. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones sociales*, 16(28), 97-104.
- Cardona, D. M., Marín, C. L., & Monsalve, J. A. (2020). Evaluación de parámetros productivos y económicos en gallinas Lohmann Brown alimentadas con maíz (*Zea mays*) y harina de plantas forrajeras como morera (*Morus alba*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*). *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(46), 97-112. Obtenido de <https://revistas.uco.edu.co/index.php/uco/article/view/320>
- Cardona-Iglesias, J. L.-P.-G., Meneses-Buitrago, D. H., Ríos-Peña, L. M., & Castro-Rincón, E. (2020). Efecto de la edad de cosecha en la digestibilidad y fraccionamiento energético de dos arbustivas forrajeras en Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 254-262. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000300254&script=sci_arttext&tlng=pt
- Carrodegua-Gonzalez, A. &.-O. (2021). Aplicación de herramientas moleculares para el mejoramiento genético de pasturas. *Pastos y Forrajes*, 44. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942021000100021
- Casas, R. (2012). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Editorial Paraninfo.
- Castillo, H. J., & Núñez, F. S. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103-1120. doi:<https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7947>
- Castrejón, F. A., & Corona, L. (2017). *Características Nutrimientales de Gramíneas, Leguminosas y algunos Arbóreas Forrajeras del Trópico de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Cerdas, R. (2011). Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 12(24), 109-128. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/666/66622581007.pdf>
- Chavarria-Torrez, A., & Castillo-Castro, S. (2018). El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(8). doi:Chavarría Tórrez
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), e2246-e2246. doi:<https://doi.org/10.21897/rmvz.2246>
- Chávez-Sifontes, M., & Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en ciencias e Ingeniería*, 4(4), 15-46. doi:<https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>
- Chillo, V., & Ojeda, R. A. (2020). Pastoreo rotativo en producciones bovinas extensivas como herramienta para la conservación de la biodiversidad en el Monte Central-Mendoza. *Agronomía & Ambiente*, 40(1), 38-49. Obtenido de <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/viewFile/104/102>
- Cieri, R., & Zanzottera, P. (. (2018). *Respuesta del raigras anual (Lolium multiflorum Lam.) a fertilización nitrogenada en conjunto con fertilización cálcico-magnésica*. Trabajo de fin de carrera, Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70494/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- Cierto, L. E., Ahuashi, M. S., Trigozo, J. P., & Aliaga, W. C. (2022). Evaluación de los indicadores fisicoquímicos y biológicos del suelo en sistemas de uso agrícola: arveja, papa y avena en la provincia de Chupaca-Junín, 2022. *Qantu Yachay*, 2(1), 105-124. doi:<https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i1.14>
- Coderch, J. M., Andler, I. A., & González, F. C. (2018). *Evaluación Sinecológica de las Praderas*. Ediciones UC.
- Coêlho, J. J., da Cunha, M. V., Santos, d., F., M. V., Dubeux, J. C., & de Mello, A. C. (2021). Exotic forage grasses in the Brazilian semi-arid region: Forage mass, competitiveness, and botanical similarities of non-native pastures. *Journal of Arid Environments*, 193, 104551. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104551>

- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., & Falla-Guzmán, C. K. (2020). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29-41. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i1.39999>
- Cortes, D. E., Olarte, O. J., & Velez, S. A. (2019). Experiencias en campo a partir de la reproducción sexual de botón de oro *Thitonia diversifolia*—semillero de investigación sipass. *Agricolae & Habitat*, , 2(1). doi:<https://doi.org/10.22490/26653176.3522>
- Cruz Tejeda, J. M., Ray Ramírez, J. V., Ledea Rodríguez, J. L., & Arias Pérez, R. C. (2017). Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del Valle del Cauto, Granma. *Revista de Producción Animal*, 29(3), 29-35. doi:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000300005
- Cuadrado, B., Rubio, G., & Santos, W. (2009). Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 38(1), 78-104. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182009000100006
- Culma, N. Y., de Jesús Rojas, G., Suarez, N. E., & Herrera-Franco, V. (2017). Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global. *Ciencias Agropecuarias*, 3(1). doi:<https://doi.org/10.36436/24223484.216>
- Damm, A., Paul-Limoges, E., Haghighi, E., Simmer, C., Morsdorf, F., Schneider, F. D., & ... Rascher, U. (2018). Remote sensing of plant-water relations: An overview and future perspectives. *Journal of plant physiology*, 227, 3-19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.04.012>
- del Pozo, P. P. (2019). Los sistemas Silvopastoriles. Una alternativa para el manejo ecológico de los pastizales: Experiencias de su aplicación en Cuba. *Cadernos de Agroecología*, 14(2). Obtenido de <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/2539/2251>
- Delaby, L., Finn, J. A., Grange, G., & Horan, B. (202). Pasture-based dairy systems in temperate lowlands: challenges and opportunities for the future. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 543587., 4(22). doi:<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.543587>
- Derichs, K., Mosquera, J., Ron-Garrido, L. J., Puga-Torres, B., & De la Cueva, F. (2021). Intervalos de corte de pasto Saboya (*Panicum maximum* Jacq.), sobre

- rendimiento de materia seca y composición química de su ensilaje. *Siembra*, 8(2). doi:<https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2506>
- Díaz, M. (2020). Parámetros productivos de vacas mestizas a pastoreo suplementadas con heno de *Brachiaria humidicola* y ensilaje de *Zea mays* L. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 13(2), e770. doi:<https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.770>
- Díaz, M. C., Suárez, M. H., Pita, M. Á., & Pedraza, L. G. (2018). Diseño de un nuevo apero para la labranza conservacionista de los suelos cañeros. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(1), 47-53. Obtenido de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/851/0>
- Domínguez-Vento, C., Díaz-López, G., Miranda-Caballero, A., Duarte-Díaz, C., Rodríguez-González, A., & de Araújo, A. G. (2019). Agricultura de Conservación: consideraciones para su adopción en agroecosistemas arroceros de Pinar del Río. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(2), 51-59. Obtenido de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/download/1103/1732>
- Easdale, M. H., Umaña, F., Raffo, F., Fariña, C., & Bruzzone, O. (2019). Evaluación de pastizales patagónicos con imágenes de satélites y de vehículos aéreos no tripulados. *Ecología austral*, 29(3), 306-314. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2019000300002
- Espinosa, J., Mite, F., Alvarado, S., & Moreno, J. (. (2022). *Características de los suelos en el Ecuador y su manejo*. Instituto Geográfico Militar. Obtenido de <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/estudios-geograficos/>
- Espinoza, F. (2013). Control y manejo integral de plagas que atacan el follaje. En A. Perozo, *Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales* (págs. 135-142). Maracaibo, Venezuela: Ediciones Astro Data. S.A.
- Espinoza, I., Montenegro, B., Rivas, J., Romero, M., García, A., & Martínez, A. (2017). Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista Científica*, 27(4), 241-248. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/959/95953011007/html/>
- Estrada, M. M., Sotelo, M. D., Maza, O. R., & Cruz, T. J. (2019). Uso de suplementos para bovinos productores de carne en pastoreo en el trópico de México. *Rev. Latinoam. Educación y Estudios Interculturales*, 3(3), 91-99. Obtenido de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/uso-suplementos-bovinos-productores-t47730.htm>

- FAO. (2011). *Conservación de forrajes: Henificación*. (FAO Bolivia). Bolivia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de <https://www.fao.org/3/as962s/as962s.pdf>
- Ferrer, C., San Miguel, A., & Olea, L. (2011). Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, 31(2), 7-44. Obtenido de <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/viewFile/1694/1696>
- Finck, A. (2021). *Fertilizantes y fertilización*. Barcelona, España: Reverté.
- Fonseca-Vargas, R., Furcal-Beriguete, P., Campos-Rodríguez, R., & Esquivel-Segura, E. (2019). Retención de carbono en un suelo dedicado al cultivo de piña (Ananas comosus (L.) bajo un manejo convencional y de mínima labranza. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(4), 116-132. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v32i4.4797>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1997). *Zonificación agro-ecológica. Guía general. Boletín de suelos*. Obtenido de https://www.faoswalim.org/resources/Land/Land_resource_Mgt/pdfdocs/aezs.pdf
- Francesa, U. (30 de Marzo de 2017). *La Fibra en Forrajes Tropicales. Parte 1.- Factores que afectan su Digestibilidad*. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/fibra-forrajes-tropicales-parte-t40551.htm>
- Francisco, G., & Hernández, I. (1998). *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. y Walp., árbol multipropósito para una ganadería sostenible. *Pastos y Forrajes*, 21(3), 1-11. doi:[https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=download&path\[\]=1050&path\[\]=552](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=download&path[]=1050&path[]=552)
- Gagliostro, G. (2012). *Principios de nutrición y suplementación de bovinos en pastoreo*. Balcarce-Argentina, INTA.
- Gamboa, S. B. (2018). Evaluación del rendimiento y periodo de descanso de tres pastos de piso. *InterSedes*, 19(39), 133-145. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34073>
- García, D. Y., Cárdenas, J. F., & Parra, A. S. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25. doi:<https://doi.org/10.22267/rcia.183501.79>
- García, G. N., & Navarro, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Mundi-Prensa Libros.
- García-Blaquez, C., & Soto, M. S. (2019). Técnicas de aislamiento, identificación, selección de cepas de *Rhizobium*, *Azospirillum* y producción de inoculantes. *Investigación*, 27(1), 175-195. Obtenido de

<http://revistas.unsch.edu.pe/revistasunsch/index.php/investigacion/article/download/119/115>

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., & ...Vargas, R. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxembourg. Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. doi:10.2788/37334

Giraldo, R. D., Ramírez, M. C., & Castro, D. (2020). Efecto de la aplicación de las fuentes convencionales de calcio (cales) en el suelo, en la concentración de Ca en tejido y en la biomasa del pasto kikuyo. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(46), 113-126. Obtenido de <https://revistas.uco.edu.co/index.php/uco/article/download/321/399>

Godoy Padilla, D., Puémape Dávila, F., Roque Alcarraz, R., Fernández Curi, M., Vargas Morán, J., Gamarra Carrillo, S., & ... Gómez Bravo, C. (2020). Efecto de la suplementación de bloques multinutricionales con residuos agroindustriales en la producción y calidad de leche de vacas criollas al pastoreo en San Martín, Perú. 31(4). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), 11-16. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19029>

Gómez, J. C., Aguirre Terrazas, L., Gomez Pando, L., Reyes Borja, W., Rodríguez Álava, J., & Arana Vera, L. (2020). Dosis letal media para inducir mutaciones, con rayos gamma, en pasto janeiro (*Eriochloa polystachya* Kunth). *Revista de Producción Animal*, 32(1), 73-83. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000100073

Gómez, L. M., Posada Ochoa, S. L., Olivera Ángel, M., Rosero Noguera, R., & Aguirre Martínez, P. (2017). Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas. *Revista de Medicina Veterinaria*, 34, 9-22. doi:<https://doi.org/10.19052/mv.4251>

González, D. U. (2012). Mejora a la estimación de la cobertura vegetal por línea intercepto o línea de Canfield. *Ciencia UANL*, 15(59), 72-76. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/2897/1/10ArticulodelCanF.pdf>

González-Fragozo, H. E.-S., Devia-González, J., Moya-Salinas, Y., & Afanador-Rico, O. (2020). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1513>

González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., & Arece-García, J. (2011). Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(3), 3-20. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83720034002.pdf>

- González-Quintero, R., Sánchez-Pinzón, M. S., Bolívar-Vergara, D. M., Chirinda, N., Arango, J., Pantévez, H. A., & ... Barahona-Rosales, R. (2020). Caracterización técnica y ambiental de fincas de cría pertenecientes a muy pequeños, pequeños, medianos y grandes productores. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 183-204. doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4902>
- Graillet-Juarez, E. M., Arieta-Román, R. J., Aguilar-Garza, M. C., Alvarado-Gómez, L. C., & Orozco, N. R. (2017). Ganancia de peso diario en toretes de iniciación en pastoreo suplementados con bloques nutricionales. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649684010.pdf>
- Grilli, D., Egea, V., Paez Lama, S., Carcaño, D., Allegretti, L., Sosa Escudero, M., & Arenas, G. N. (2015). Degradación y utilización de la hemicelulosa contenida en especies forrajeras por *Pseudobutyrvibrio ruminis* y *Pseudobutyrvibrio xylanivorans*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 47(2), 231-243. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v47n2/v47n2a18.pdf>
- Guerra, O. O., & Alberti, I. H. (2021). Necesidades hídricas del Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en Guantánamo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1). doi:<https://dx.doi.org/https://eqrcode.co/a/u3biWt>
- Guerrero, J. C., Ramos, L. F., & Serrato, B. N. (2017). Desarrollo de un sistema para supervisión de pastoreo. *Revista vínculos*, 14(1), 8-16. doi:<https://doi.org/10.14483/2322939X.12574>
- Guevara, D. A., Orozco, A. G., & Vargas, W. V. (2018). Establecimiento de banco de forraje hidropónico como suplemento alimenticio para ganado bovino del Casanare en época de sequía. *Ingeniería y Región*, 20, 40-47. doi:10.25054/22161325.1936
- Gutierrez F., W., & Medrano S., C. (2013). Estrategias de manejo de malezas en pastizales tropicales. En A. Perozo, *Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales* (págs. 127-134). Maracaibo, Venezuela: Ediciones Astro Data S.A.
- Gutiérrez, J., Hering, J., Muñoz, J., Enciso, K., Bravo, A., Hincapié, B., . . . Burkart, S. (2018). *Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas - Algunos aspectos clave a considerar*. Calí, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Obtenido de <http://hdl.handle.net/10568/96261>
- Hernández, E. A., Juárez-Lagunes, F. I., Montero-Lagunes, M., Enríquez-Quiróz, J. F., Loeza-Limón, R., & Pinos-Rodríguez, J. M. (2021). Calibraciones de espectrofotometría de reflectancia en el infrarrojo cercano para carbohidratos en pasto *Urochloa*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(II). doi:<https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2874>

- Hernández, E. A., Montero-Lagunes, M., Enríquez-Quiróz, J. F., Juárez-Lagunes, F. I., Basurto-Gutierrez, R., & Ramírez-Rodríguez, E. (2021). Espectroscopia de reflectancia en el infrarojo cercano (NIRS) para estimar fracciones proteicas en pasto Urochloa. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4-A), 781-781. Obtenido de <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/download/911/867>
- Hernández-Ríos, I., Vasco-Leal, J. F., Mosquera-Artamonov, J. D., Acosta-Orsorio, A. A., Torres-Aquino, M., & García-Herrera, E. J. (2018). Uso del glifosato y los cultivos transgénicos resistentes. *AGROProductividad*, 11(4), 112-117. Obtenido de revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/279/207
- Hoyos, J. E., Posada, W., & Cerón, M. F. (2019). Fotografía multiespectral para el diagnóstico fitosanitario de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov) Morrone). *Acta Agronómica*, 68(1), 61-67. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.75662>
- Huaman, L., Vásquez, H., & Oliva, M. (2019). Fertilizantes orgánicos en la producción de pastos nativos en Molinopampa, Amazonas-Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 17-22. Obtenido de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESADOS/article/view/399/517>
- Iglesias, H. I., & Delgado, I. R. (2019). Secuestro de carbono por el suelo en agroecosistemas tropicales muy secos de la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 125-131. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Jamil, N., Zairi, M. N., Nasim, N. A., & Pa'ee, F. (2018). Influences of environmental conditions to phytoconstituents in *Clitoria ternatea* (butterfly pea flower)–A review. *Journal of Science and Technology*, 10(2), 208-228. Obtenido de <https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/JST/article/download/3031/1624>
- Jorge, M. A., Van de Wouw, M., Hanson, J., & Mohammed, J. (. (2008). Characterisation of a collection of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*). *Tropical Grasslands*, 42(1). Obtenido de <https://hdl.handle.net/10568/1274>
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., & ... Chávez-Ruiz, M. G. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(3), 261-285. doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>
- Kumar, V., Shekhawat, P. S., & Kanwar, H. R. (2019). Evaluation of fungicides and bio-control agents against stripe disease of barley caused by *Drechslera graminea*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 1684-1687. doi:<https://doi.org/10.1186/s41938-018-0103-7>

- Lafaux, M. P., Bastidas, J. A., & Insausti, E. (2015). Efecto de la bovinaza en la composición nutricional del tubérculo de remolacha forrajera (*Beta vulgaris*) en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. *Revista Ciencia Animal*, 1(9), 209-221. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1089&context=ca>
- Landaeta, J. C. (2019). Evaluación de pastizales naturales y determinación de la carga animal actual en la comunidad Chila, Puno, Perú. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la UNA PUNO*, 8(4), 1286-1296. Obtenido de revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/download/1280/275
- Leon, E., Hughes, M. P., & Daley, O. (2022). Nutritive value and herbage mass of *Pueraria phaseoloides* (tropical kudzu) in un-utilized open grasslands in north-eastern and central Trinidad and Tobago. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.05.002>
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Lloveras, J., & Martínez, E. (2018). Respuesta del maíz al abonado nitrogenado en riego por aspersión. *Vida Rural*, 2018(446), 12-18. Obtenido de <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/64618>
- Lodeiro-Ocampo, N., Gantchoff, M. G., Nigro, N. A., Palaia, J. Y., & Gnatiuk, D. G. (2021). Prevención de depredación de yagareté (*Panthera onca*) a ganado vacuno mediante cercas electrificadas en Misiones, Argentina. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 11(2), 1-10. doi:<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2021.11.2.338>
- Londoño, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista colombiana de ciencia animal RECIA*, 11(1), 28-41. doi:<https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.693>
- López, M. S., & Villalobos, L. V. (2022). Fertilización nitrogenada en pastos del género *Cynodon*. *Nutrición animal tropical*, 16(1), 82-104. doi:10.15517/nat.v16i1.51542
- Loyola, O., Triana, D., Batista, C. M., Díaz, E., & Pérez, E. (2021). Follaje, hojarasca y fauna edáfica asociada a tres especies forestales en cercas vivas en ecosistemas ganaderos. *Revista de Producción Animal*, 33(1), 90-104. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202021000100090&script=sci_arttext&tlng=en
- Loyola, O., Triana, D., Tejas, O., Malpica, L., & Lezcano, C. M. (2018). Efecto de *Samanea saman* (Jacq.) Merr. sobre la agroproduktividad del pasto en un sistema silvopastoril. *Revista de Producción Animal*, 31(2). Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202019000200009&script=sci_arttext&tlng=en

- Madrigal-Ambriz, L. V., Hernández-Madrigal, J. V., Carranco-Jáuregui, M. E., de la Concepción Calvo-Carrillo, M., & de Guadalupe Casas-Rosado, R. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(2), 175-183. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/cf1f760852cdc0cab6bc4ffe9df9370d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032499>
- Maldonado-Peralta, M. D., Rojas-García, A. R., Sánchez-Santillán, P., B.-L. M., Torres-Salado, N., Ventura-Ríos, J., & ... Luna-Guerrero, M. J. (2019). Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en el trópico seco. 12(8). *Agro Productividad*, 12(8). doi:<https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1445>
- Mamédio, D., Soares-de Andrade, C. M., Ferreira-Sampaio, A., & Santana-Laoures, D. R. (2000). Efecto del manejo del suelo y espaciamiento de siembra en el establecimiento de la mezcla de pasto-estrella-púrpura (*Cynodon nlemfuensis* cv. BRS Lua) y maní forrajero (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) en área degradada de *Brachiaria brizantha*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 241-254. doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.5004>
- Mariani, A., Martín, L., Hernández, R., & Morábito, J. (2021). Actualización de los parámetros característicos de riego por escurrimiento superficial en el área de regadío del río Mendoza. *Agronomía & Ambiente*, 41(1), 1-4. Obtenido de <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/146>
- Martín, R., & Cañizares, P. J. (2018). Respuesta del pasto Cayman (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) al déficit hídrico. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 113-118. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000100015&script=sci_arttext&tlng=pt
- Martín, R., & Cañizares, P. J. (2018). Respuesta del pasto Cayman (*Brachiaria* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) al déficit hídrico. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 113-118. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000100015&script=sci_arttext&tlng=pt
- Martínez, A., & Leyva Galán, A. (2014). La biomasa de los cultivos en el oecosistema. Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos tropicales*, 35(1), 11-20. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000100002
- Martínez, C. V., Blanco, A. I., & Nomdedeu, C. L. (2005). *Alimentación y nutrición: manual teórico-práctico*. Ediciones Díaz de Santos.

- Martínez, N. (2010). Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y salud*, 8(1), 073-082. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-32932010000100010
- Martirena-Ramírez, A., Veitía, N., Torres, D., Rivero, L., García, L. R., Collado, R., & Ramírez-López, M. (2019). Longitud de la raíz: indicador morfológico de la respuesta al estrés hídrico en *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. *Bioteología Vege.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472019000300225
- Mata-Fernández, I., Rodríguez-Gamiño, M. L., López-Blanco, J., & Vela-Correa, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente*, 1(5), 26-35. Obtenido de http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/05_SALINIDAD_EN_SUELOS_ESPA_NOL.pdf
- Mateus, L., Hernández, O., Velásquez, M., & Díaz, J. D. (2012). Evaluación del pretratamiento con ácido sulfúrico diluido del pasto maralfalfa (*Pennisetum glaucum* x *Pennisetum purpureum*) para la producción de etanol. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 146-156. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752012000100013
- Medina, E., Cobos, E. S., Litardo, R. M., & Mora, F. C. (2020). Evaluación de un sistema silvopastoril para la gestión sostenible de los recursos naturales de la Hacienda Aurora, Guayas-Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(1), 79-95. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.4421986>
- Mejía, H. J., & Orellana, F. S. (2019). Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. 5(9),. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 1103-1120. doi:<https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7947>
- Milera-Rodríguez, M. D. (2021). Funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 44. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942021000100022&script=sci_arttext&tlng=pt
- Milera-Rodríguez, M. D., Machado-Martínez, R. L., Alonso Amaro, O., Hernández-Chávez, M., & Sánchez-Cárdenas, S. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 3-12. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000100003&script=sci_arttext&tlng=pt
- Miranda, F. W. (2021). *Introducción al manejo del pastizal: consideraciones generales*. Agencia de Extensión Rural Formosa, INTA.

- Molano, C. E., Fonseca-López, D., Monroy, L. E., López, A. E., Concha, J. L., Ramírez, I. D., & Lagos, N. R. (2019). Caracterización nutricional y de producción de biomasa de *Sambucus peruviana*, *Sambucus nigra* y *Morus alba* en un banco forrajero. *Ciencia en Desarrollo*, 10(2), 23-32. doi:<https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.9098>
- Mónaco, N., Santa, V., Rosa, M., & Autran, V. (2017). Evaluación de métodos indirectos para estimar biomasa en un pastizal natural del sur de Córdoba (Argentina Central). *European Scientific Journal, ESJ*, 13(36), 59-70. doi:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p59>
- Monroy, M. Á., & Moreno, H. V. (2018). Establecimiento de un sistema silvopastoril con *Sambucus peruviana*. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 9(2), 97-111. Obtenido de <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/719>
- Montes, C. F., & González, A. F. (2018). Aprovechamiento potencial de residuos de la agroindustria caldense según su composición estructural. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 143-151. Obtenido de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/3411/2919>
- Mora, D. (24 de abril de 2012). *¿De qué manera se analizan los pastos de su finca en el laboratorio?* Obtenido de Ganaderia: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/manera-analizan-pastos-finca-t29379.htm>
- Morantes-Toloza, J. L., & Renjifo, L. M. (2018). Cercas vivas en sistemas de producción tropicales: una revisión mundial de los usos y percepciones. , 66(2), . *Revista de Biología Tropical*, 739-753. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33405>
- Müller, C. E. (2018). Silage and haylage for horses. *Grass and Forage Science*, 73(4), 815-827. doi:<https://doi.org/10.1111/gfs.12387>
- Müller, C. E. (2020). Rebalancing of silage and haylage and its effects on forage microbial and chemical composition—A pilot study. *Grass and Forage Science*, 75(2), 216-226. doi:10.1111/gfs.12480
- Murugan, M., Rajendran, K., Velmurugan, T., Muthu, S. G., & Thangavel, S. (2020). Antagonistic and antioxidant potencies of *Centrosema pubescens* benth extracts against nosocomial infection pathogens. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101776>
- Mutumura, M., & Ghimire, S. (2021). Brachiaria grass for sustainable livestock production in Rwanda under climate change. En *Handbook of Climate Change Management: Research, Leadership, Transformation* (págs. 195-211). Springer International Publishing. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-57281-5_314

- Narváez, A. U., Cruz León, A., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2020). Servicios ambientales: sistema agroforestal tradicional con plantas de maguey pulquero en la Altiplanicie, Hidalgo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1957-1969. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2750>
- Natalia, Z., Diana, S., Ángel, L., & Blanca, C. (2019). Evaluación de la ley del mínimo en *Hordeum Vulgare*. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista.*, 1(1), 6-6., 1(1), 1-6. Obtenido de <https://dateh.es/index.php/main/article/download/30/24>
- Navarro, C. L., Restrepo, D., & Perez, J. (2014). El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 197-206. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a22.pdf>
- Navarro, G., & Navarro, S. (2014). *Fertilizantes: química y acción*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Noguera, P. L., Lizazo, I. C., Pinedo, A. Á., & González, J. C. (2018). Método Convencional de preparación del suelo. Cuatro aspectos que lo caracterizan. *Anuario Ciencia en la UNAH*, 16(1). Obtenido de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/1038>
- Ochoa, D. K., & García, J. M. (2014). Caracterización y análisis de rentabilidad de los sistemas de producción ganaderos presentes en el cantón Yantzaza, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1). Obtenido de <file:///C:/Users/alvar/Downloads/administrador,+240-805-1-CE.pdf>
- Olascuaga-Vargas, D., Mercado-Gómez, J., & Sanchez-Montaña, L. R. (2016). Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Toluviejo-Sucre (Colombia). *Colombia forestal*, 19(1), 23-40. doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a02>
- Oliva, M., Rojas, D., Morales, A., Oliva, C., & Oliva, M. A. (2015). Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 211-215. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- Oliva, M., Valqui, L., Meléndez, J., Milla, M., Leiva, S., Collazos, R., & Maicelo, J. L. (2018). Influencia de especies arbóreas nativas en sistemas silvopastoriles sobre el rendimiento y valor nutricional de *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 579-583. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.14>

- Olivet, Y. E., Ortiz Rodríguez, A., & Cobas Hernández, D. (2019). Efecto de dos sistemas de labranza mínima sobre la humedad de un suelo Fluvisol para cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro Agrícola*, 46(1), 18-23. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000100018&script=sci_arttext&tlng=en
- Olorunfemi, I. E., Fasinmirin, J. T., & Akinola, F. F. (2018). Soil physico-chemical properties and fertility status of long-term land use and cover changes: a case study in forest vegetative zone of Nigeria. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(2), 133-150. doi:10.18393/ejss.366168
- Ordoñez-Flores, J. H., Huamán-Adriano, V. M., & Rojas-Egoavil, J. D. (2019). Establecimiento de una asociación de gramíneas y leguminosas forrajeras, sembradas con densidades de arveja (*Pisum sativum* L.) cv" Remate" en el Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 383-391. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.09>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *El derecho humano al medio ambiente en la Agenda 2030*. UNESCO. Obtenido de <http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/dossierDDHHamb.pdf>
- Ortíz, V. R., & Silva, C. S. (2006). Cálculo y manejo en pastoreo controlado: II) Pastoreo rotativo y en franjas. *Veterinaria (Montevideo)*, 41(161-162), 15-24. Obtenido de <http://revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/360>
- Oscanoa, L., & Flores, E. (2016). Influencia de técnicas de mejora de suelos sobre la función hídrica de pastos naturales altoandinos. *Ecología Aplicada*, 15(2), 91-99. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.748>
- Paipa, L., Bernal, L., Conde, A., Quijano, N., & Bula, K. (2020). El forraje verde hidropónico: una alternativa sostenible en tiempos de cambio climático. *Ámbito Investigativo*, 5(2), 60-71. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ai?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fai%2Fvol5%2Fiss2%2F8&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Palacios-Estrada, M., Massa-Sánchez, P., & Martínez-Fernández, V. A. (2018). (2018). Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la América andina: un análisis empírico para Ecuador. *Investigación operacional*, 39(2), 234-249. Obtenido de <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/download/603/565>
- Patiño, D. T., Sánchez, P. C., & Rojas, G. M. (2018). Umbrales en la respuesta de humedad del suelo a condiciones meteorológicas en una ladera Altoandina. *Maskana*, 9(2), 53-65. doi:<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/2394>

- Pedraza, R. O., Teixeira, K. R., Scavino, A. F., de Salamone, I. G., Baca, B. E., Azcón, R., & ... Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155-164. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945029007.pdf>
- Pérez, A., Cury, K., & Oviedo, L. (2016). Colonización de micorrizas arbusculares en tres especies de pasturas del departamento de Sucre. *Temas Agrarios*, 21(2), 65-75. Obtenido de <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/download/902/1027>
- Pérez, E., Casal, A. V., & Jacobo, E. J. (2019). Evaluación de la transición agroecológica de un establecimiento ganadero a base de pastizal de la cuenca del Salado, mediante indicadores. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(1), 295-307. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652019000100021
- Perilla, N. O., Peña, D. M., & Parra, A. S. (2018). Influencia del uso de carbonato de calcio en la fertilización de *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria dictyoneura*. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 9(1), 15-34. Obtenido de <file:///C:/Users/alvar/Downloads/708-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2930-1-10-20210725.pdf>
- Pile, E., Chang, A., & Chang, E. (2021). Relación entre los recursos forrajeros y la producción lechera en el contexto de la agricultura familiar en la provincia de Darién, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 1(2), 37-48. Obtenido de <file:///C:/Users/alvar/Downloads/2122-Texto%20del%20art%C3%ADculo-3542-1-10-20210429.pdf>
- Polo, E. A. (2021). Efecto de la aplicación de abono orgánico en la producción de biomasa y calidad nutritiva de pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*), bajo dos frecuencias de corte. *Saberes APUDEP*, 4(2), 18-27. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/223/2232266002/>
- Portillo-López, P. A., Meneses-Buitrago, D. H., Lagos-Burbano, E., Duter-Nisivoccia, M. E., & Castro-Rincón, E. (2021). Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 556-572. doi:10.15517/am.v32i2.43207
- Portillo-López, P. A., Meneses-Buitrago, D. H., Morales-Montero, S. P., Cadena-Guerrero, M. M., & Castro-Rincón, E. (2019). Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y forrajes*, 42(2), 93-103. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200093

- Prudencio Velásquez, D. M., Hidalgo Vásquez, Y. N., Chagray Ameri, N. H., Airahuacho Bautista, F. E., & Maguiña Maza, R. M. (2020). Producción y calidad forrajera de tres especies del género *Pennisetum* en el valle Alto Andino de Ancash. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 21-29. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182020000100004&script=sci_arttext
- Puicón-Niño-de-Guzmán, V. H., & Gutiérrez-Arce, F. (2022). Sistema silvopastoril, alimentación y biotecnología para una producción animal sustentable,. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 2(2), e408-e408. doi:<https://doi.org/10.51252/revza.v2i2.408>
- Quero, A. R., Enríquez Quiroz, J. F., & Miranda Jiménez, L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia*, 32(8), 566-571. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442007000800014&script=sci_arttext
- Quiñones, J. D., Cardona Iglesias, J. L., & Castro Rincón, E. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino . *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 285-301. doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.662>
- Quiroz, B. E., Ortega, G. I., Romero, N. E., & Ortega, C. A. (2021). Ganadería en sistemas de producción silvopastoril. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 13(2), 156-168. doi:<https://doi.org/10.47847/fagropec>
- Ramírez, R. C. (2018). Extracción de nutrientes y productividad del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 19(39), 172-187. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v19i39.34076>
- Ramírez-Iglesias, E., Cuenca, K., & Quizhpe, W. (2020). Manejo integrado de agroecosistemas en América Latina: Una opción para maximizar la producción resguardando la biodiversidad. *Tekhné*, 23(1), 1-11. Obtenido de <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/download/4472/3713>
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bokashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362014000400007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R., & Aguirre, E. (2019). Presión de pastoreo sobre la disponibilidad de forraje *Brachiaria decumbens*. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 249-258. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.10>

- Rebuffo, M., & Cabrera, K. (2010). *Enfermedades y plagas en pasturas*. Montevideo, Uruguay: INIA Serie Técnica.
- Reyes-Pérez, J. J., Méndez-Martínez, Y., Luna-Murillo, R. A., Santos, M., Guaman Sarango, V. M., & Espinosa-Coronel, A. (2018). Componentes del rendimiento y composición química del *Cynodon nlemfuensis*. *Revista electrónica de Veterinaria*, 19(9). Obtenido de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080818/081800.pdf>
- Rincón, A., Bueno, G., Díaz, R. A., Burkart, S., & Enciso, K. (2011). *Potencial productivo de ecotipos de Arachis pintoi en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - agrosavia.
- Rincón, Á., Bueno, G., Díaz, R., Burkart, S., & Enciso, K. (2020). *Cultivar Centauro (Arachis pintoi 22160) Leguminosa forrajera para sistemas de ganadería sostenible*. Corporación Colombiana de Investigación.
- Rincón, A., Flórez, H., Ballesteros, H., & León, L. M. (2018). Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 6(3), 158-168. Obtenido de [https://doi.org/10.17138/tgft\(6\)158-168](https://doi.org/10.17138/tgft(6)158-168)
- Risso-Pascotto, C., Pagliarini, M. S., Borges do Valle, C., & Mendes-Bonato, A. B. (2003). Chromosome number and microsporogenesis in a pentaploid accession of *Brachiaria brizantha* (Gramineae). *Plant Breeding*, 122(2), 136-140. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2003.00825.x>
- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de iniciación científica*. 4, 101-105. Obtenido de <file:///C:/Users/alvar/Downloads/1829-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8770-1-10-20180623.pdf>
- Rivera-Herrera, J. E., Ruíz-Vásquez, T., Chará-Orozco, J., Gómez-Leyva, J. F., & Barahona-Rosales, R. (2021). Fases de desarrollo y propagación de ecotipos destacados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(3). doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5720>
- Rodas-Trejo, J., Sansón, L. M., Gutierrez, D. C., Ocampo-González, P., Muñoz, E. S., & López, M. R. (2017). Impactos y adaptaciones ante los efectos del cambio climático: un caso de estudio en una comunidad ganadera en Chiapas, México. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(10), 1-14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470020.pdf>
- Rodríguez, M. G., & Herrera, V. H. (2021). Análisis comparativo de métodos de conservación de forraje y su impacto en la producción de leche bovina en el

- Trópico Alto. *Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 27-49. Obtenido de http://200.14.47.231/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/401
- Rojas, A. R., M. S., Maldonado, M. D., Álvarez, P., Torres, N., Cruz Hernández, A., & ..Joaquín, S. (2019). Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 849-858. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1695>
- Rojas, R. (21 de julio de 2020). *Manejo óptimo del pastoreo – Bovinos*. Obtenido de <https://saenzfety.com/manejo-optimo-del-pastoreo-bovinos/>
- Roldan, L. (1 de marzo de 2022). *Tipos de biomas terrestres*. Obtenido de Ecologia Verde: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-biomas-terrestres-2188.html#:~:text=Entre%20las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20de%20los%20biomas%20terrestres,un%20espaciado%20cerrado%20o%20abierto.%20Mas%20cosas...%20>
- Rosero, R., & Posada, S. L. (2016). *Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo*. Fondo Editorial Biogénesis.
- Rossiter-Rachor, N. A., Setterfield, S. A., Douglas, M. M., Hutley, L. B., Cook, G. D., & Schmidt, S. (2009). Invasive *Andropogon gayanus* (gamba grass) is an ecosystem transformer of nitrogen relations in Australian savanna. *Ecological Applications*, 19(6). doi:<https://doi.org/10.1890/08-0265.1>
- Ruiz, C. M., Gonzalez, M. A., Riaño, A. L., & Vargas, D. R. (2020). (). Sistemas silvopastoriles “Una opción estratégica para el desarrollo sostenible del sector pecuario. *Revista Siembra*, CBA(2), 7-32. Obtenido de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Revsiembracba/article/download/3624/4088>
- Ruiz, E. R., González, W. F., & Pesantez, L. P. (2019). Sistemas silvopastoriles y cambio climático: estimación y predicción de biomasa arbórea. *La Granja*, 29(1), 44-55. doi:<http://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.04>
- Sánchez-Bernal, E. I., Santos-Jerónimo, S., Ortega-Escobar, H. M., López-Garrido, S. J., & Camacho-Escobar, M. A. (2020). Crecimiento de los pastos Cayman y Cobra en diferentes niveles salinos de NaCl, en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 391-401. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.613>
- Sarmiento-Sarmiento, G., Peña-Dávila, J., & Medina-Dávila, H. (2022). Impacto de tres sistemas de labranza en la fertilidad de un suelo entisol en zonas áridas. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(1), 104-113. doi:<http://dx.doi.org/10.29393/chjaas38-10itgh30010>
- Saucedo-Terán, R. A., Jurado-Guerra, P., Rubio-Arias, H. O., & Álvarez-Holguín, A. (2021). Índice de contribución ecológica: Un método simple y confiable para

- determinar la condición de pastizales. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1), 1-13. doi:<https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2732>
- Schnellmann, L. P., O Verdoljak, J. J., Bernardis, A., Martínez-González, J. C., & Castillo-Rodríguez, S. P. (2019). Frecuencia y altura de corte en *Panicum maximum* cv Gatton Panic. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 553-562. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i2.34216>
- Silva, R. C., Chavez, J. C., Huamán, E. H., & Contreras, L. D. (2019). Cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en el distrito de Molinopampa-Chachapoyas-Amazonas. 2(3), . *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 23-29. doi:DOI:10.25127/aps.20183.400
- Soto-Pinto, L., & Jiménez-Ferrer, G. (2018). Contradicciones socioambientales en los procesos de mitigación asociados al ciclo del carbono en sistemas agroforestales. *Madera y bosques*, 24(SPE). doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401887>
- Tácuna, R. E., Aguirre, L., & Flores, E. R. (2021). Cambios en la estructura de la vegetación y función hidrológica en respuesta al descanso del pastizal. *Ecología Aplicada*, 20(2), 127-136. doi:<http://dx.doi.org/0.21704/rea.v20i2.1803>
- Tang, M., Hernández, I., & Hernández, C. A. (1987). *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) Lackey. *Pastos y Forrajes*, 10(1), 1-24. Obtenido de [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=download&path\[\]=1412&path\[\]=913](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=download&path[]=1412&path[]=913)
- Tapia, O. C., & Ruiz, V. M. (2019). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Reverte.
- Tigmasa, K. P. (2022). Contribución de las emisiones de gas metano producidas por el ganado bovino al cambio climático. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 5, 1-6. doi:<https://doi.org/10.46380/rias.v5.e215>
- Torres, A. (2013). Consideraciones tecnológicas para la recuperación de pasturas degradadas. En A. D. Perozo (Ed.), *Manejo de pastos y forrajes tropicales* (págs. 67-75). Cuadernos científicos GIRARZ. Maracaibo, Venezuela.
- Trejo-Márquez, M. A., Lira-Vargas, A. A., & Pascual-Bustamante, S. (2017). *Fibra para el futuro: propiedades y beneficios*. OmniaScience Monographs. doi:<https://doi.org/10.3926/oms.354>
- Troiani, H. O., Prina, A. O., Muiño, W. A., Tamame, M. A., & Beinticincio, L. (2017). *Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía*. Universidad Nacional de La Pampa. Obtenido de <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1830/botanica-morforlogia-taxonomia-y-fitogeografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Valencia, A. F. (2016). *Los ensilajes una mirada a esta estrategia de conservación de forraje para la alimentación animal en el contexto colombiano*. Universidad de La Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/261?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fzootecnia%2F261&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Valles de la Mora, B., Castillo, E., & Bernal, H. (2016). Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(2), 141-158. Obtenido de www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242016000200141
- Valverde-Otárola, J. C., & Arias, D. (2020). Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Colombia forestal*, 23(1), 20-34. doi:<https://doi.org/10.14483/2256201x.14786>
- Vega, J. M., Lwanga, E. H., Quej, V. M., & Novelo, L. P. (2015). Imprescindibles servicios ecosistémicos de los suelos. , . *ECOFronteras*, 19(55), 10-13. Obtenido de <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/1599/1541>
- Velasco, M., Hernández, A., Vaquera, H., Martínez, J., Hernández, P., & Aguirre, J. (2018). Análisis de crecimiento de Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombasa. *Revista MVZ Córdoba*, 23(S), 6951-6963. doi:<https://doi.org/10.21897/rmvz.1415>
- Velázquez, R., Herrera, R. S., & Fiallos, L. (2015). Flora diversity in the Ecuadorian Páramo grassland ecosystem. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(3), 399-405. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193042629015.pdf>
- Vera, D. N., Mejía, K. F., Pastrán, F. R., & Mendoza, J. L. (2021). Determinación de la digestibilidad in vitro en heno de alfalfa (*Medicago sativa* L.) adicionando enzimas exógenas xilanasas. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(3), 77-87. doi:<https://doi.org/10.53287/dbiv4116ea97z>
- Villamar, A. X., Murillo, R. A., & Vergara, L. L. (2022). Respuestas agronómicas de gramíneas y leguminosas en el subtrópico ecuatoriano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 268-282. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2461
- Villanueva, A. J., Bonilla, C. J., Rubio, C. J., & Bustamante, G. J. (2004). Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(1), 79-96. Obtenido de <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/1255/1250>

- Villegas, D. A., Valbuena, N., & Milla, M. E. (2019). Evaluación de modelos aplicados a la producción de materia seca de *Brachiaria brizantha* en el periodo lluvioso. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 33-45. Obtenido de <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.96>
- Vivas, W. A., Varón, L. E., & de Escovar, L. B. (2019). Análisis histórico de la composición química de forrajes tropicales en Colombia entre 1985–2015. *I-Gramíneas Forrajeras. RIAA*, 10(2), 89-113. doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.2415>
- Wadsworth, F. H. (2000). *Producción forestal para América tropical*. Departamento de Agricultura de los EE. UU., Servicio Forestal.
- Walsh, G. C. (2021). Control Biológico Clásico de Malezas: Campo de Aplicación y Métodos. In Memorias del (p. 25). *II Congreso de Control Biológico Aplicado* (págs. 26-28). Quito: Universidad de San Francisco. Obtenido de <https://revistas-olnx.usfq.edu.ec/index.php/archivosacademicos/article/download/2313/2408#page=26>
- WingChing-Jones, R., & Leal, J. C. (2018). Conservación del forraje de la *Typha domingensis* (Typhaceae). Ensilaje y henificación. *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(1), 119-126. doi:<http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i1.2013>
- Yalli, T. B., Ñaupari, J. A., & Castillo, E. R. (2020). (2020). Efecto del pastoreo de llamas y vacunos en la función hidrológica de pastizales altoandinos. *Archivos de zootecnia*, 69(267), 372-376. Obtenido de <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/viewFile/5357/3399>
- Yaranga, R., Custodio, M., Chanamé, F., & Pantoja, R. (2018). Diversidad florística de pastizales según formación vegetal en la subcuenca del río Shullcas, Junín, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 511-517. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.06>
- Zaragoza-Quintana, E. P., Correa, M. C., Moreno, M. P., Morales, L. M., Castillón, A. E., & Rodríguez, H. G. (2022). Salud del ecosistema de pastizal y biomasa en áreas naturales protegidas para el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) en Nuevo León, México. *Acta Universitaria*, 32, 1-19. doi:<http://doi.org/10.15174/au.2022.3495>

MANEJO DE PASTIZALES Para la producción forrajera en climas tropicales

Arias Alemán, L. S., Condo Plaza, L. A., Rojas Oviedo, L. A., Huebla Concha, V. H.

ISBN: 978-987-82816-4-3

DE LOS AUTORES

ARIAS ALEMÁN LUIS SAMUEL



Nacido en la ciudad del Sigsig –Azuay el 24 de marzo de 1963; realiza sus estudios universitarios en la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Diplomado en gobernabilidad y gerencia de proyectos en la Universidad Técnica del Norte, Maestría en Agroforestería para el trópico húmedo en la Universidad Nacional de Loja. docente en el Colegio Fiscomisional Gualaquiza , docente en la Escuela Politécnica de Chimborazo, carrera de zootecnia impartiendo las asignatura de botánica, pastos de clima cálido, manejo de praderas. coordinador del “Grupo de investigación para el desarrollo sustentable” GIDES y coordinador del proyecto de investigación “Implementación del centro de investigación para el desarrollo sustentable” ICIDES de la ESPOCH.

A fungido los cargos de director provincial del instituto para el codesarrollo de la región amazónica ECORAE, director del departamento de desarrollo local en el GAD del cantón Morona, coordinador del proyectos productivos en GAD provincial de Morona Santiago, y director de la fundación desarrollo verde –GTZ.

CONDO PLAZA LUIS ALFONSO



Luis Alfonso Condo Plaza es oriundo del cantón Chillanes de la Provincia Bolívar – Ecuador, nació el 15 de noviembre del 1968, su formación académica inicia en la Escuela Fiscal Mixta Francisco Mancero, la secundaria en el Colegio Técnico Nacional Agropecuario Puruhá, la Ingeniería en Zootecnia obtiene en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH – Riobamba-Ecuador, la Maestría en Proyectos en el IPEC – UNACH-Riobamba- Ecuador, la especialización en el IPEC – ESPOCH Riobamba-Ecuador, el Doctorado (PhD) en la EPG UNALM Lima-Perú, su actividad profesional inicia desde 1999 en la empresa privada, a partir del 2000 se incorpora en la docencia en la ESPOCH hasta el 2019 y del 2022 hasta la fecha, desde el 2019 – 2022 hace docencia de las ciencias exactas en la Universidad Regional Amazónica IKIAM. Escribió el libro Diseño Experimental para el desarrollo del conocimiento de las ciencias agropecuarias. Participa como director y/o miembro de las investigaciones de maestría en la UNACH y ESPOCH. Forma parte de los proyecto de Investigación GIDES en Morona Santiago, CISED en la ESPOCH, Proyecto Tuna – Cochinilla, es miembro de la Red de la problemática lechera en Latinoamérica.

ROJAS OVIEDO LUIS ABDÓN

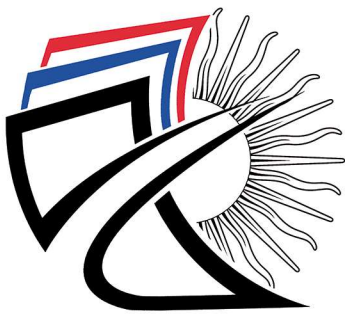


Luis Abdón Rojas Oviedo: nacido en la ciudad de Riobamba el 19 de abril de 1983, residente en Riobamba, obteniendo el título de Ingeniero Zootecnista en la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo (ESPOCH), Maestría en Producción Animal (ESPOCH), inicie mi vida profesional técnico en la incubadora Anhalzer, posteriormente ingreso a laborar como técnico de campo en desarrollo local, en el cantón Chillanes provincia de Guaranda en la fundación islas de paz, al terminar el proyecto 2011, ingreso al MAGAP en el 2011, como técnico pecuario, en el cantón de Alausi, desde el 2012 ingrese en la SETEDIS, secretará técnica de discapacidades, responsable de elaboración de proyectos en la provincia de Morona Santiago, 2016 desempeñe como docente en la ESPOCH, en el 2017 me desempeñe como responsable de proyectos en el GAD Guamote, desde el 2019 hasta la actualidad me desempeño como docente ESPOCH en la escuela de Ingeniería Zootecnica.

HUEBLA CONCHA VÍCTOR HUGO



Víctor Hugo Huebla Concha, nace en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo-Ecuador, es Magister en Biotecnología Molecular por la Universidad de Guayaquil, debido a su formación de pregrado como Ingeniero Zootecnista, ha ejercido su profesión en Ganaderías de la provincia de Chimborazo y Pichincha, y en organizaciones ecologistas dedicadas a la conservación de los recursos naturales del Ecuador; se ha desempeñado como Docente en instituciones de educación media y superior, y actualmente como Profesor en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Sede Morona Santiago.



**PUERTO MADERO
EDITORIAL**

ISBN 978-987-82816-4-3

