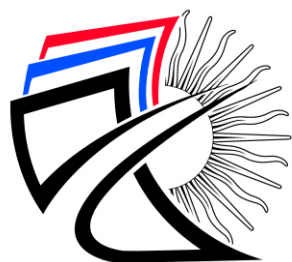


MANEJO DE PRADERAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLES DE FORRAJES



PUERTO MADERO
EDITORIAL

MANEJO DE PRADERAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLES DE FORRAJES

AUTORES:

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



Manejo de praderas para la producción sostenibles de forrajes / Luis Samuel Arias Alemán ... [et al.] ; Editado por Juan Carlos Santillán Lima ; Andrés Francisco Rodríguez Arevalo. - 1a ed - La Plata : Puerto Madero Editorial Académica, 2024. Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-631-6557-37-7

1. Forrajes. I. Arias Alemán, Luis Samuel II. Santillán Lima, Juan Carlos, ed. III. Rodríguez Arevalo, Andrés Francisco, ed.
CDD 633.2



Licencia Creative Commons:

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



Primera Edición, Agosto 2024

Manejo de praderas para la producción sostenibles de forrajes
ISBN: 978-631-6557-37-7

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
Rodríguez Arévalo, Andrés Francisco

Hecho en Argentina
Made in Argentina

AUTORES:

Luis Samuel Arias Alemán

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Sede Morona Santiago, Carrera de Zootécnica.
Morona. 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 Zootécnica.
Morona. 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 Zootécnica.
Morona. 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 Zootécnica.
Morona. Ecuador

Victor.huebla@espoch.edu.ec



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

Índice

CAPÍTULO 1:	1
CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL MANEJO DE PRADERAS	1
RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
1.1. Terminologías utilizadas en manejo de praderas	4
1.2. Terminología utilizada en manejo agronómico de praderas	5
1.3. Terminologías utilizadas en alimentación animal	8
1.4. Clima y productividad de praderas	11
1.5. Manejo sostenible de praderas	12
1.6. Alternativas forrajeras para la alimentación animal	13
1.7. Especies de gramíneas de clima cálido	14
1.8. Especies gramíneas de clima Frío	23
1.9. Especies leguminosas	25
1.10. Otras especies	30
1.11. Importancia de la conservación de forrajes	32
CONCLUSIONES	34
CAPÍTULO 2:	35
EL CLIMA Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS	35
RESUMEN	36
INTRODUCCIÓN	37
2.1. Tipos de climas y distribución de praderas	38
2.1.1. Praderas templadas	38
2.1.2. Praderas de clima tropical	39
2.2. Influencia del clima sobre distribución de praderas	39
2.3. Distribución de pasturas en función del clima	39
2.3.1. Pasturas de Clima Frío	40
2.3.2. Pasturas de clima Templado	40
2.3.3. Pasturas de clima Tropical:	40
2.4. Factores que influyen en la variación de clima	41
2.4.1. Latitud	42
2.4.2. Altitud	42
2.4.3. Otros Factores	43
2.5. Elementos del clima	43
2.5.1. Precipitación	43

2.5.2.	Humedad	43
2.5.3.	Viento	44
2.5.4.	Radiación	45
2.5.5.	Temperatura	46
2.6.	Estaciones climatológicas	46
2.7.	Modelos matemáticos	49
2.8.	Cambio climático y producción de praderas	50
2.9.	Causas del cambio climático	51
2.9.1.	La tala de los bosques	51
2.9.2.	Agricultura y ganadería	51
2.9.3.	Pasturas y emisiones de CO ₂	51
2.10.	Consecuencias del cambio climático	52
2.11.	Pasturas y secuestro de CO ₂	53
CONCLUSIONES		54
CAPÍTULO 3:		55
EL SUELO Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS		55
RESUMEN		56
INTRODUCCIÓN		57
3.1.	Caracterización de tipos de suelos	58
3.2.	Muestreo de suelo	59
3.3.	Análisis físico de suelo	61
3.4.	Análisis químico de suelo	62
3.5.	Análisis biológico de suelo	63
3.6.	Indicadores de calidad de suelo	63
3.6.1.	Indicadores Físicos	63
3.6.2.	Los indicadores químicos	64
3.6.3.	Los indicadores biológicos	64
3.7.	Principales problemas de degradación de suelos y producción de praderas	64
3.7.1.	Acidez	64
3.7.2.	Salinidad	65
3.8.	Compactación	65
3.9.	Pendiente	66
3.10.	pH	66
3.11.	Al y Fe	67
3.12.	Pasturas y sus efectos sobre la calidad física de suelo	68
3.13.	Pasturas y el ciclaje de nutrientes	68
3.14.	Alternativas de fertilización	69
3.14.1.	Inorgánica	69

3.14.2. Orgánica	69
3.15. Fertiirrigación	70
3.16 Encalado	70
3.17. Manejo de suelos salinos	71
3.17.1. Lavado de sales	71
3.17.2. Fitorremediación	71
3.18. Pasturas y erosión del suelo	72
3.19. Pasturas y eliminación de contaminantes peligrosas	73
CONCLUSIONES	74
CAPÍTULO 4:	75
MANEJO AGRONÓMICO DE LAS PRADERAS	75
RESUMEN	76
INTRODUCCIÓN	77
4.1 Selección y establecimiento de praderas	78
4.2 Alternativas de reproducción y factores a considerar	79
4.2.1 Métodos de reproducción	79
4.2.2 Sexual	79
4.2.3 Asexual	80
4.2.4 Calidad de la semilla	81
4.2.5 Pruebas de germinación	82
4.3 Manejo de la fertilización de las praderas	82
4.3.1. Composición química del suelo	84
4.3.2 Fertilidad de los suelos	85
4.3.3 Métodos de aplicación del fertilizante.	86
4.4. Causas de la reducción de la efectividad de los fertilizantes.	87
4.5 La Ley del Mínimo y la ley de los rendimientos.	88
4.6. Fertilización a base de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre.	90
4.8. Cálculos de fertilización de un pastizal	92
4.9. Manejo integral de plagas y enfermedades en praderas	93
4.10. Principales plagas en gramíneas y leguminosas forrajeras: Ciclo biológico y control.	94
4.11. Principales enfermedades fungosas, bacterianas y víricas en gramíneas y leguminosas forrajeras: Ciclo biológico y control.	94
4.12. Manejo integral de malezas	97
4.12.1. Principales malezas tropicales	97
4.12.2. Método de control químico	98
4.12.3. Métodos de control mecánicos-físicos	99
4.12.4. Método de control biológico	99
4.13. Determinación de la carga animal	100
4.13.1. Capacidad de carga	101

4.13.2.	10% Peso Vivo del Animal	101
4.13.3.	Materia seca	102
4.13.4.	Digestibilidad	102
4.13.5.	Altura de Corte	103
CONCLUSIONES		104
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PRADERAS		106
RESUMEN		107
5.1. Métodos para determinar condición y tendencias de praderas		109
5.1.1.	Método del potencial del sitio.	109
5.1.2.	Método del Clímax cuantitativo.	110
5.1.3.	Método de tres etapas.	111
5.1.4.	Método de dos fases	111
5.2. Métodos para determinar la evaluación de las praderas		112
5.2.1.	Métodos de intersección lineal:	112
5.2.2.	Métodos de cuadrantes	114
5.3. Aforo		116
5.4. Variables cuantitativas		117
5.4.1.	Altura de los pastos	117
5.4.2.	Peso del pasto	117
5.4.3.	Grosor del tallo	117
5.4.4.	Largo de la hoja	118
5.4.5.	Ancho de la hoja	118
5.4.6.	Número de plantas por m ²	118
5.4.7.	Cobertura basal	118
5.4.8.	Cobertura aérea	118
5.4.9.	Número de macollos	118
5.4.10.	Profundidad de las raíces	119
5.4.11.	Porcentaje de floración	119
5.4.12.	Incidencia de plagas	119
5.4.13.	Incidencia de enfermedades	119
5.4.14.	Incidencia de malezas	120
5.5. Variables cualitativas		120
5.5.1.	Color del tallo	120
5.5.2.	Color de las hojas	120
5.5.3.	Textura de las hojas	121
CONCLUSIONES		122
CAPÍTULO 6:		123
CLAVES PARA LA CONSERVACIÓN DE FORRAJES		123
RESUMEN		124
INTRODUCCIÓN		125
6.1. Sistemas de conservación y uso de Forrajes		126
6.1.1.	Henolaje	126
6.1.2.	Cuando emplearlo	128

6.1.3.	Ventajas	128
6.1.4.	Equipos requeridos	128
6.1.5.	Pastos para henolaje	129
6.2.	Ensilado	129
6.2.1.	Tipos de ensilaje	131
6.2.2.	Cuando emplearlo	133
6.2.3.	Ventajas	133
6.2.3.	Pastos para ensilaje	133
6.2.4.	Henificación	134
6.2.5.	Pastos para henificación	135
6.2.6.	Ventajas	135
6.2.7.	Equipos requeridos	135
6.3.	Hidroponía	135
6.3.1.	Ventajas	136
6.3.2.	Experiencias en forrajes hidropónicos	137
6.4.	Bloques multinutricionales	138
6.4.1.	Ventajas	139
CONCLUSIONES		140
CAPÍTULO 7:		141
CALIDAD DE FORRAJES PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL		141
RESUMEN		142
INTRODUCCIÓN		143
7.1.	Método para la determinación el valor nutritivo de los pastos	144
7.2.	Relación nutritiva de los pastos y forrajes	144
7.2.1.	Proteína	145
7.2.2.	Vitaminas	145
7.2.3.	Minerales	146
7.2.4.	Carbohidratos	147
7.3.	Métodos para la determinación ecológica de praderas	148
7.3.1.	Modelos de ecosistemas de pastizales.	148
7.3.2.	Flujo de energía en los pastizales.	150
7.3.3.	Sitio de pastizales	152
7.3.4.	Condición de la Pastura.	152
7.4.	El muestreo de la calidad del forraje.	153
7.4.1.	Identificación de muestras de los forrajes	153
7.4.2.	Determinación de la materia seca.	154
7.4.3.	Molienda y rotulación	154
7.5.	Análisis bromatológico	155
7.5.1.	Tipos de análisis realizados al pasto	155
7.5.2.	Determinación de la proteína	155
7.5.3.	Determinación de fibras	156
7.5.4.	Determinación de fuentes de energía	158
7.5.5.	Ceniza	158
7.5.6.	Comparación con valores de referencia	159

CONCLUSIONES	160
CAPÍTULO 8:	162
CLAVES PARA EL USO SOSTENIBLE DE LAS PRADERAS	162
RESUMEN	163
INTRODUCCIÓN	164
8.1. Sistemas de cercas	165
8.1.1. Cercas para la división de potreros:	165
8.1.2. Cercas muertas	165
8.1.3. Cercas vivas	167
8.1.4. Cercas mixtas: árboles, alambre.	168
8.1.5. Cercas eléctricas	168
8.2. Sistema de pastoreo	170
8.2.1. Pastoreo continuo.	170
8.2.2. Pastoreo rotativo y periódico.	171
8.2.3. Pastoreo en franjas	172
8.2.4. Pastoreo diferido.	172
8.3. Manejo sostenible del suelo	173
8.3.1. Método de laboreo total (Convencional)	173
8.3.2. Método de la labranza mínima.	174
8.3.3. Método de labranza cero (Siembra directa)	175
8.4. Manejo integrado de plagas y enfermedades	176
8.5. Manejo de Residuos	177
8.5.1. Manejo de residuos solidos	177
CONCLUSIONES	183
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	184
AUTORES	206
LUIS SAMUEL ARIAS ALEMÁN	206
LUIS ALFONSO CONDO PLAZA	207
LUIS ABDÓN ROJAS OVIEDO	208
VÍCTOR HUGO HUEBLA CONCHA	209

CAPÍTULO 1:

CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL MANEJO DE PRADERAS

RESUMEN

Para poder hacer un manejo adecuado es necesario conocer una terminología básica, para la producción de las praderas, las cuales son esenciales para conocer cada uno de los procesos que se llevan a cabo tanto en el aspecto agronómico, como el inherente a la producción animal, así mismo el manejo de un grupo de términos en común facilita el acceso y comprensión de textos especializados en el área, los cuales en muchos casos son producidos en diferentes regiones tanto de países tropicales como de países de clima templado, con manejo de términos adecuados a las características sociales y económicas de la región.

Palabras claves: Comunicación, producción, manejo, tecnología, terminología.

INTRODUCCIÓN

Basada en la “Terminología para Tierras de pastoreo y Animales en Pastoreo”, desarrollada por la International Forage and Grazing Lands Terminology Committee (Allen et al., 2011), con el fin de desarrollar un consenso de definiciones claras de términos utilizados en el pastoreo de animales, y asegurar una comunicación internacional clara, en este capítulo la terminología fue abordada en diferentes componentes, los cuales se describen a lo largo del libro.

El primer componente está referido a la terminología asociada a la descripción de los ecosistemas de praderas y el cual guarda relación con las diferentes regiones geográficas existentes en el mundo, que abarcan zonas frías, tropicales y templadas, que incluyen desde zonas de estepas, pampas y sabanas, que constituyen ecosistemas naturales, hasta pastizales que están relacionados al manejo agronómico producto de la intervención antrópica

El segundo grupo de términos está referido al manejo del pastizal, el cual fue dividido en dos sub-componentes, el relacionado a la producción de la pastura propiamente dicha, que implica el conocimiento del manejo e intensidad de uso de la tierra con énfasis en áreas de manejo de riego (Solis et al., 2023), fertilización (Sánchez-Hernández et al., 2019) y control de plagas y enfermedades (Castaño-Quintana et al., 2019) y el segundo referido al manejo sostenible de la producción animal, que incluye conocimiento de la carga animal y rotación de potreros (Anaya et al., 2021).

El último aspecto abordado está referido a los términos usados en la alimentación animal que incluyen la producción de biomasa (Chiquini-Medina et al., 2019), la cosecha de las pasturas (Ferrufino-Suárez et al., 2022) y la alimentación animal, donde se consideran aspectos relacionados a la definición de la calidad del alimento que se está produciendo, y es consecuencia de un adecuado manejo de la pradera.

Así mismo, en el capítulo se describe algunos elementos claves para una producción sostenible de las praderas, lo cual incluye el clima y el manejo del suelo (David et al., 2020), tomando en cuenta que este proceso es fundamental en un mundo donde los recursos naturales cada día son limitados debido a la desertificación (Martínez-Valderrama et al., 2021) y el cambio climático (Álvarez Adán, 2019), finalmente se describe algunas especies forrajeras de importancia en pradera tropical y templada, destacando tanto para el caso de gramíneas como de leguminosas, así como algunas maleza debido su importancia, utilidad y condiciones climáticas y de suelo que son requeridas para la obtención de rendimientos óptimos, incluyendo adicionalmente algunas especies de otros géneros de plantas de importancia forrajera.

1.1. Terminologías utilizadas en manejo de praderas

Los primeros términos se refieren a los ecosistemas que forman parte de las praderas (Figura 1.1), los cuales pueden ser naturales o manejados por el hombre los cuales se describen a continuación:



Figura 1.1. Términos referentes al ecosistema.

Campos: Praderas naturales constituidas principalmente por gramíneas, hierbas, pequeños arbustos y ocasionalmente árboles. Presenta paisaje ondulado con colinas, y fertilidad del suelo variable.

Estepa: Praderas semiáridas dispersas a onduladas, caracterizadas por pastos cortos a medios, que ocurren junto a otra vegetación herbácea y arbustos esporádicos.

Llanos: Extenso sistema de praderas naturales estacionalmente inundado, con suelos infértiles y ácidos. El clima tropical se caracteriza por alternar estaciones húmedas y secas. (Ejemplos: Llanuras del este de los Andes en Bolivia, Colombia y Venezuela).

Pampa: Pradera natural sin árboles en suelos planos y fértiles. La Pampa es una pradera templada o una estepa subtropical. El clima es de húmedo a árido; veranos cálidos e inviernos suaves.

Pastizal: Tierra en la cual la vegetación indígena (clímax o seminatural) está compuesta predominantemente por gramíneas, pseudo gramíneas, hierbas o arbustos los cuales son

pastoreados, o tienen el potencial de serlo, y es usada como un ecosistema natural para la producción de animales domésticos y fauna silvestre. Los pastizales pueden incluir praderas naturales, sabanas, muchos desiertos, estepas, tundras, comunidades alpinas y pantanos.

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

Pastura (Tierra de Pastura): Tierra (y la vegetación que crece sobre ella) dedicada a la producción de forraje introducido o nativo para cosecha por pastoreo, corte o ambos.

Pradera (EEUU): Praderas nativas casi planas u onduladas, originalmente sin árboles o con algunos árboles dispersos, normalmente sobre suelos fértiles.

Pradera (Tierra de Pastos): sinónimo de pastura cuando se refiere a un ecosistema terrestre, impuesto, que no es natural. En este contexto, la vegetación de las praderas (tierras de pastos) en general se interpreta que incluye gramíneas, leguminosas y otras hierbas, pudiendo estar presente, a veces, especies leñosas.

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 perfectamente a las condiciones de la misma.

Pradera natural o nativa: Ecosistema natural constituido por gramíneas nativas, o que ocurren naturalmente, y otras especies herbáceas utilizadas para pastoreo por animales herbívoros y silvestres.

Sabana: Pradera natural caracterizada por precipitaciones entre 375 y 1500 mm año⁻¹, proporciones variables de árboles o grandes arbustos, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. Con frecuencia es un tipo de vegetación de transición entre pradera y bosque.

Tierra de Pastoreo: Cualquier superficie de tierra (todo tipo y clases) con vegetación que es pastoreada por animales, tanto herbívoros como silvestres.

1.2. Terminología utilizada en manejo agronómico de praderas

El segundo grupo de términos está referido al manejo agronómico de la pradera (Figura 2.1), en el cual se incluyen definiciones que están relacionados al manejo de la producción animal y otros al manejo de los recursos naturales necesarios para la producción del pasto.

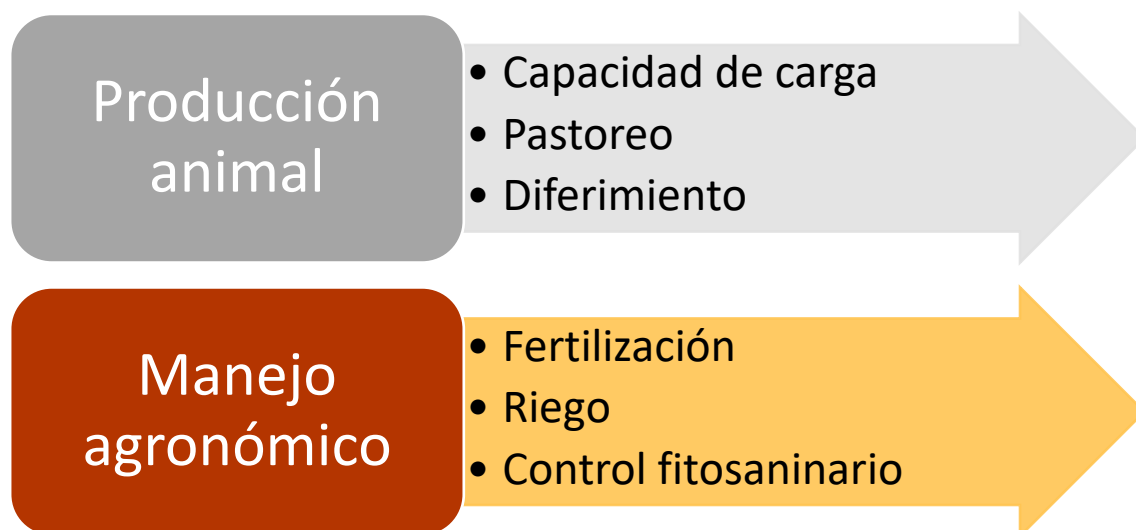


Figura 2.1. Términos de producción animal y manejo agronómico.

Capacidad de carga: Máxima dotación que alcanzará un nivel objetivo de resultado animal, en un sistema de pastoreo especificado que puede ser aplicado en un tiempo definido sin deterioro de la tierra de pastoreo.

Carga Animal: número de animales de una categoría específica por unidad de superficie total, o su recíproca, área total por animal, en un período de tiempo.

Carga animal instantánea: Relación entre el número de animales y la unidad específica de tierra que es pastoreada en cualquier momento; una medida instantánea de la relación animal-área.

Control fitosanitario: métodos para la reducción de la población de insectos plagas, enfermedades o malezas que afecten la producción del pasto.

Diferimiento: Postergación o atraso del pastoreo o cosecha para alcanzar un objetivo de manejo específico.

Disponibilidad de forraje: Relación entre la masa de forraje y el peso vivo animal por unidad de superficie de una unidad específica de tierra que es pastoreada en cualquier momento; medida instantánea de la relación forraje-animal. Es la inversa de la presión de pastoreo.

Fertilización: mantenimiento que tiene como finalidad reponer en el suelo los nutrientes extraídos por las especies forrajeras de la pradera.

Manejo extensivo del pastoreo: Manejo del pastoreo que utiliza áreas relativamente grandes por animal y un nivel relativamente bajo de mano de obra, recursos o capital.

Manejo intensivo del pastoreo: Manejo del pastoreo que utiliza niveles relativamente altos de mano de obra, recursos o capital para incrementar la producción por unidad de área o por animal, a través de un incremento relativo de la dotación, presión de pastoreo y utilización del forraje.

Método de carga animal: Procedimiento o técnica definida para manipular animales en el espacio y en el tiempo para alcanzar objetivo(s) específico(s). (Sin. Método de pastoreo).

Manejo de pastoreo: Manipulación del pastoreo en la búsqueda de un objetivo específico o conjunto de objetivos.

Manejo de tierras de pastoreo: Manipulación del complejo suelo-planta-animal de las tierras de pastoreo en la búsqueda de un resultado deseado.

Período de carga animal: Lapso de tiempo en que los animales herbívoros o silvestres consumen una pastura o potrero.

Período de descanso: Lapso de tiempo en el que una superficie de pasto permanece sin carga animal entre períodos de carga.

Período de ocupación: Longitud específica de tiempo en la que un área específica de tierra está ocupada sucesivamente, ya sea por uno, dos o más grupos de animales.

Período de permanencia: Longitud de tiempo que ocupa un grupo particular de animales un área específica de tierra.

Potrero: Área de pastoreo que es una subdivisión de una unidad de manejo del pastoreo, estando cercada y separada de otras áreas por un alambrado o barrera, tipo de unidad de manejo del pastoreo cercada y separada de otras áreas por alambrados u otras barreras, dedicada a la producción de forraje, para cosechar principalmente con pastoreo.

Presión de pastoreo: Relación entre peso vivo animal y masa de forraje por unidad de superficie que es pastoreada en cualquier momento; una medida instantánea de la relación animal-forraje.

Riego: aplicación suplementaria de la cantidad de agua requerida por las especies vegetales para cumplir sus procesos fisiológicos y de producción.

Sistema de pastoreo: Una combinación definida, integrada de suelo, planta, animal, características socio económicas, método(s) de carga animal (pastoreo) y objetivos de manejo diseñados para alcanzar resultados o metas específicas.

Sistema de pastoreo continuo: sistema en el cual el ganado no tiene restricciones para el pastoreo de la pradera completa a través de la estación de utilización.

Sistema de pastoreo rotacional intensivo: sistema en el que se tienen más potreros y el ganado se mueve con mayor frecuencia en base al crecimiento y utilización del forraje.

Sistemas de pastoreo rotacional simple: sistema en el cual se pastorea un potrero para permitir el descanso de los demás.

1.3. Terminologías utilizadas en alimentación animal

El tercer grupo de términos es referido a algunos de los aspectos relevantes considerados en la alimentación animal (Figura 3.1), una vez que la pradera ha podido garantizar la oferta de alimentos requerida para cubrir las necesidades nutricionales de los mismos, algunos de los elementos básicos considerados se presentan a continuación.

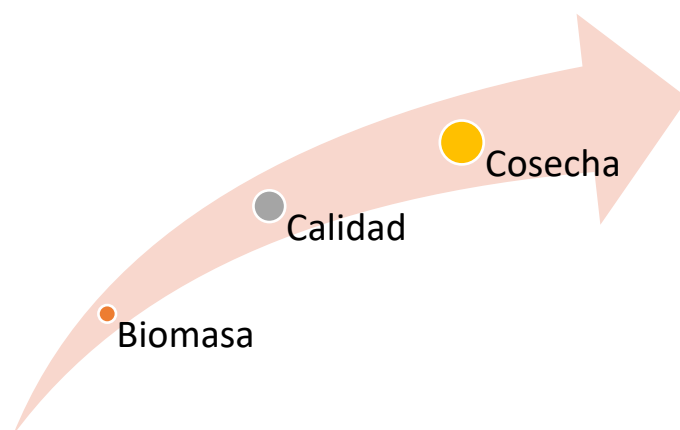


Figura 3.1. Términos relacionados con la alimentación animal.

Arbusto: Planta leñosa que tiene múltiples tallos que surgen en la base o próximos a ella. La altura de la planta madura generalmente es menor a 5-6 m.

Biomasa: Peso seco total de la vegetación por unidad de superficie sobre un nivel de referencia definido, generalmente el nivel del suelo, en un momento específico.

Calidad: Descripción del grado en el que el forraje satisface los requerimientos nutricionales específicos de un género y categoría animal.

Ceniza: Componente mineral inorgánico del material vegetal.

Cosecha: Forraje defoliado por un pastoreo único, o corte, o en una serie de pastoreos o cortes. Puede ser expresada como cantidad diaria, una sola cosecha o totales estacionales o anuales.

Conservación: Reservar forraje para uso futuro. El forraje puede ser conservado in situ (p.ej. forraje almacenado en pie) o cosechado, preservado y almacenado (p.ej. heno, ensilaje, ensilaje de heno).

Consumo (Ingesta) de forraje: Forraje consumido por el animal.

Consumo de materia orgánica: Cantidad de forraje consumida por un animal en base a material orgánica.

Consumo de materia seca: Cantidad de forraje consumida por un animal en base a materia seca.

Consumo voluntario: Cantidad de forraje consumida por un animal, sin limitaciones en la cantidad disponible

Cultivo forrajero: Cultivo de plantas cultivadas, excepto las dedicadas a granos, producido para ser pacido o cosechado para uso en la alimentación animal.

Defoliación: Remoción de tejido vegetal por los animales en pastoreo o maquinaria.

Digestibilidad: Proporción de la materia seca, materia orgánica o nutrimentos, absorbidos durante el pasaje a través del tracto digestivo

Energía: Refiere a la cantidad y calidad de la energía contenida en la biomasa vegetal que compone la vegetación en una pastura o pradera. Comúnmente se expresa como mega Joules (MJ) kg^{-1} [Mega calorías (Mcal) kg^{-1}] de materia seca de forraje, donde una caloría es estandarizada como 4.184 Joules.

Energía Digestible (ED): Cantidad de energía aparentemente absorbida en el tracto gastrointestinal (energía en el alimento menos energía perdida en las heces).

Energía Metabólica (EM): Energía disponible para el metabolismo por el animal (energía del alimento menos energía fecal, energía urinaria y energía de las pérdidas gaseosas)

Energía Neta (EN): Energía metabólica menos energía perdida como calor de fermentación y calor de metabolismo de los nutrimentos. Incremento neto en producto animal útil expresado por incremento de unidad en consumo de alimento.

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

Forraje: Parte comestible de las plantas, excepto granos, que pueden proporcionar alimento para los animales en pastoreo o que pueden ser cosechadas para comida.

Hierbajo: Cualquier planta herbácea de hoja ancha (Leguminosa, Gramínea, Seudo gramínea).

Gramínea en mata: Gramínea que produce macollas, pero no estolones o rizomas y tienen una forma de crecimiento agrupado y erecto (Ejemplos: Gramínea en manojo, Gramínea cespitosa).

Gramínea reptante: Gramínea que se extiende por estolones, rizomas o ambos

Herbáceo/a: Se refiere a las partes no leñosas, sobre el nivel del suelo, de las plantas de gramíneas, seudo gramíneas y hierbas. Las especies herbáceas se diferencian de las especies leñosas por no presentar tallos leñosos perennes.

Leguminosa: Planta o especies de plantas de la familia Fabaceae con un amplio rango de características físicas, desde hierbajos herbáceos hasta formas arbustivas y arbóreas. Muchas especies de la familia de las leguminosas tienen la capacidad para establecer una relación simbiótica con bacterias que fijan nitrógeno atmosférico

Índice de área foliar (IAF): Área de hoja verde (un lado solamente) por unidad de área de suelo. Se refiere a la hoja solamente o a la lámina más la mitad del área de la superficie expuesta de vainas y pecíolos.

Masa de forraje: Peso seco total de forraje por unidad de área de suelo sobre un nivel de referencia definido, generalmente el nivel del suelo, en un momento específico.

Pacer: Consumo in situ de forraje predominantemente herbáceo por los animales

Proteína cruda: Concentración de nitrógeno en el forraje multiplicada por 6.25.

Pseudo gramínea: Que se asemeja a una gramínea. Monocotiledóneas herbáceas, por lo común son miembros de las familias de las Ciperácea (ciperáceas) o Juncáceas (juncos), que son semejantes en apariencia a las gramíneas.

Tiempo de pastoreo: Período de tiempo dedicado al pastoreo durante un lapso determinado; generalmente 24 horas.

Unidad animal: Bovino maduro, no lactante (tercio medio de la preñez) que pesa 500 kg y se alimenta a nivel de mantenimiento con ganancia cero, o su equivalente, expresado como (peso) en otros géneros y categorías de animales.

Valor nutritivo: Respuesta animal pronosticada, basada en la composición química, digestibilidad y naturaleza de los productos forrajeros.

1.4. Clima y productividad de praderas

El clima ha sido identificado como el factor que tiene mayor efecto en el establecimiento y desarrollo de las pasturas, el cual es poco controlable por el ser humano. Obviando factores relacionados con el manejo de la pradera y tipo de suelo, el crecimiento y desarrollo de las praderas, y por tanto su productividad, está estrechamente relacionado a la temperatura (Herrera, 2020), precipitación (Álvarez Adán, 2019) y radiación solar (Corrales-Lerma et al., 2019).

La interacción de estos tres elementos del clima afecta de manera directa el crecimiento de las especies vegetales que conforman la pradera, siendo el más importante en las condiciones de trópico la precipitación, dado que la temperatura y radiación mantiene valores razonablemente constantes.

Las praderas presentan una temperatura base de crecimiento en función de las especies que la conforman (Hernández et al., 2023) y en condiciones se sometan a temperaturas por debajo de ese mínimo, se inhibe el desarrollo de las plantas al verse afectada su fisiología de crecimiento, aún en presencia de condiciones normales de luminosidad y precipitación.

La radiación o luminosidad tiene impacto directo en la velocidad de crecimiento de las especies vegetales (Corrales-Lerma et al., 2019), al verse afectada su capacidad fotosintética, hecho influenciado por la capacidad de captación lumínica en función del área foliar que presenten.

La precipitación sobre las plantas de la pradera y su calidad nutritiva está asociada a la posibilidad de ocurrencia de déficit hídrico (Nasca et al., 2020), afectando la tasa de

crecimiento de la pradera y su productividad. Bajo condiciones de sequía extrema pueden presentarse incluso la senescencia y muerte de las plantas forrajeras, con el añadido de la proliferación de plantas indeseables o malezas.

1.5. Manejo sostenible de praderas

Las praderas representan el alimento más económico y equilibrado para la alimentación animal (ganado), de ahí la importancia de su manejo adecuado y sostenible. Se caracterizan por su diversidad de especies vegetales que interactúan con factores bióticos y abióticos (Gutiérrez et al., 2019), ofreciendo protección al suelo contra eventos climáticos y en muchos casos son para el desarrollo ecoturístico de las zonas en las cuales se encuentran.

Dentro del enfoque del manejo sostenible de praderas se considera el equilibrio e interacciones de sus elementos dinámicos: sociedad, medio ambiente y economía (Quevedo, 2020), los cuales deben procurar mantenerse en equilibrio. Es imprescindible tomar en cuenta la relación entre el manejo sostenible de praderas como fundamento de la producción animal y la población contigua en términos ambientales y económicos, permitiendo conservar los recursos naturales y el mantenimiento indefinido de la actividad productiva.

El manejo de praderas ecológica y económicamente, en el marco de la agricultura sostenible, hace hincapié en la conservación de los recursos naturales, satisfacer las necesidades actuales sin que se vea afectada la disponibilidad de los recursos para las futuras generaciones. Las praderas como ecosistema son recursos en sí mismo, y como tal, debe ser valorado y cuidado.

Bajo esta premisa, el manejo sostenible de pradera implica que la producción forrajera de calidad ha de sustentarse sobre especies adaptadas a la zona productiva, llevando a cabo una nutrición idónea y gestionando el mantenimiento de las condiciones del suelo en cuanto a su fertilidad (Bautista-Montealegre et al., 2023), a través de diversos mecanismos y prácticas amigables medioambientales.

El manejo sostenible contempla, las prácticas agrícolas adecuadas y el control integrado de plagas y enfermedades (Drouet et al., 2023), fertilización orgánica (Polo, 2021), manejo de siembra (Mamédio et al., 2020), riego (Ortega & Hernández, 2021) etc., en base al conocimiento profundo de las especies forrajeras, la implementación de prácticas y técnicas y el reciclaje de residuos de la explotación animal (Elizondo-Salazar & Espinoza-Fonseca, 2021), asociación y rotación de cultivo empleando especies leguminosas fijadoras de nitrógeno (Castro et al., 2019), buen manejo del pastoreo (carga animal, rotación, períodos de descanso), considerando la ecología y la economía como objetivos prioritarios.

La presión desmedida sobre los recursos naturales que forman parte de la pradera como ecosistema puede derivar en su degradación, afectando las propiedades del suelo y con ello la producción de forraje, y en consecuencia la productividad animal (Quispe & Ayamamani, 2021). La soportabilidad de las praderas nativas (carga animal, sobrepastoreo) y las malas prácticas en el establecimiento de praderas suelen ser las causas de la degradación de las praderas, de ahí la importancia de implementar prácticas vinculadas con el manejo sostenible de las mismas.

1.6. Alternativas forrajeras para la alimentación animal

Las alternativas forrajeras de alimentación animal son variadas en función de la ubicación geográfica y características edafoclimáticas de la zona en donde se encuentre la explotación, aunado a la capacidad de inversión que pueda llevar a cabo el productor.

La alimentación animal se orienta al mejoramiento continuo de la condición de éstos y a la satisfacción de los requerimientos nutricionales con incidencia en su productividad y reproductividad, manteniendo paralelamente la salud de la pradera como ecosistema (Pierrugues & Viera, 2021).

Los forrajes representan la alternativa más económica y la principal base de alimentación animal en especies herbívoras. Básicamente las plantas forrajeras utilizadas en la alimentación animal se clasifican en dos grandes grupos: gramíneas y leguminosas.

Las gramíneas, de manera general, presentan un alto contenido de fibra y energía, pero poca proteína. Al contrario, las leguminosas, fijadoras de nitrógeno que proporcionan más proteína, y tienen menos fibra y componentes energéticos. El aporte nutricional y energético de las plantas forrajeras está influenciado por la especie, fase fisiológica (estado de madurez) y estado de conservación (fresco o conservado), mientras que las mezclas forrajeras a partir de la asociación de gramíneas y leguminosas han demostrado favorecer las actividades agrícolas, mejorando la calidad del forraje y con ello ser benéficas en cuanto a la alimentación animal (Portillo-López et al., 2020).

Diversos insumos agrícolas, como semillas, granos y residuos agroindustriales pueden ser utilizados de manera eficiente en la alimentación animal (Yoplac et al., 2021), tomando en cuenta sus características nutricionales, digestibilidad y aceptabilidad por parte del animal.

Los forrajes conservados mediante ensilaje (Castro-Rincón et al., 2020), henificación (Silva et al., 2019), o henolaje (Loiola et al., 2023), son alternativas de alimentación eficaces en tiempos de escasez de forraje verde, y que en general permiten suplir las carencias nutricionales de

los animales a partir de aprovechamiento de la sobreproducción a fin de almacenar, una vez procesados, los excedentes de pastos.

1.7. Especies de gramíneas de clima cálido

Nombre Vulgar		Nombre Científico	
Brizantha, Marandú		Brachiaria brizantha	
Fin Productivo		Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo, Corte, Silo y Heno	
Adaptación			
pH		Aguachinamiento	
4 - 7		Poco Tolerable	
		Sequía	
		Tolerante	
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: semilla escarificada 4-6 kg/ha		15-30	

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Pasto amargo, pasto peludo		<i>Brachiaria decumbens</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4 – 7.5	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: semilla escarificada 3-5 kg/ha		10-15
Asexual: 60 bultos material vegetativo/ha		

Nombre Vulgar		Nombre Científico	
Pasto dulce, pasto alambre		<i>Brachiaria humidicola</i>	
Fin Productivo		Tipo de Uso	

Ganadería Doble Propósito. Ceba		Pastoreo. Heno
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
3.5 – 6	Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 3-5 kg/ha		10-15

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Pasto ruzi		<i>Brachiaria ruziziensis</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne. Leche		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5-7	No tolera	Poco Tolerable
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-6 kg/ha Asexual: 10 m3/ha		10-18

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Pasto llanero		<i>Brachiaria dictyoneura</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4 - 6	Escasa tolerancia	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 4-5 kg/ha. Asexual: estolones o cepas 10.000-20.0000 por ha.		10-18

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Pasto tanner		<i>Brachiaria radicans</i>

Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne. Leche		Pastoreo. Heno
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4 - 7	Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 2500-4000 kg/ha		15-20

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Pasto Pará		<i>Brachiaria mutica</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ceba		Pastoreo. Corte. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4 - 8	Tolera	Tolerancia muy baja
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 3-4 kg /ha		9-12
Asexual: 1500-2000 kg/ha		Hasta 30 con óptima fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Pasto mosambisensis, Sabi, Gonya		<i>Brachiaria mosambisensis</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4-8	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 4-7 kg /ha		8-15

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Mulato 2		<i>Brachiaria híbrido</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso

Ganadería Doble Propósito		Pastoreo. Heno. Silo. Corte
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4-8	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: semilla escarificada 5-7 kg/ha		20-25
Nombre Vulgar		
Mombasa		<i>Panicum maximun</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Corte. Pastoreo. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5-7.5	No Tolera	Tolera (medianamente)
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-8 kg/ha		14-22
Nombre Vulgar		
Tanzania		<i>Panicum maximun</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Ceba		Pastoreo. Corte. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5-7.5	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: semilla escarificada 6-8 kg/ha		15-25
Nombre Vulgar		
Tobiatá		<i>Panicum maximun</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía

5-8	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-7 kg/ha		18-24

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Massai		<i>Panicum maximum</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Lecha. Ceba		Pastoreo. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5-7.5	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 3-4 kg/ha		15-20

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Imperial		<i>Axonopus scoparius</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Leche. Ceba		Corte. Heno. Silo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4-6	No Tolera	No Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: de 550-1000 Kg/ha		15-20

Nombre Vulgar		Nombre Científico
King Grass		<i>Pennisetum purpureum</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche		Corte. Silo. Heno. Pastoreo
Adaptación		

pH	Aguachinamiento	Sequía
4.5-7	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual 1000-1500 Kg/ha		20-40 En función de fertilización

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>

Fin Productivo	Tipo de Uso
Leche. Ganadería Doble Propósito	Corte. Silo. Heno

Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4.5-7,5	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 1000-2000 Kg/ha		12-30 En función de fertilización

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Taiwán	<i>Pennisetum purpureum</i>

Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche	Corte. Silo. Pastoreo

Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4.5-7	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 1500-2000 kg/ha		15-25

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Enano	<i>Pennisetum purpureum</i>

Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche	Principalmente Pastoreo. Corte. Heno. Silo

Adaptación		
------------	--	--

pH	Aguachinamiento	Sequía
5.5-7	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 1500-2000 Kg/ha		15-20

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Aleman		<i>Echinochloa polystachya</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne. Leche		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4-7,5	Tolerante	No Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 1500-2000 Kg/ha		10-20 según fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Estrella africana		<i>Cynodon nlemfuensis</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4-8	Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 1500-2000 Kg/ha		15-25 según fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Estrella		<i>Cynodon plectostachyus</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche		Pastoreo
Adaptación		

pH	Aguachinamiento	Sequía
4,5-8	Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 1500-2000 Kg/ha		15-25 según fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Imperial, Gramalote		<i>Axonopus scoparius</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Leche. Ceba		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4-6	No Tolera	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: estolones		15-25 según fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Bermuda		<i>Cynodon dactylon</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble propósito		Pastoreo
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5,5-8	Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-10 g/ha Asexual: estolones		15-22 según fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Guatemala		<i>Tripsacum laxum</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Carne. Leche		Corte y Acarreo
Adaptación		

pH	Aguachinamiento	Sequía
4,5-7	Tolerante	Poco Tolerante
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: estolones y material vegetativo		20-40 según fertilización

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Maralfalafa	<i>P.purpureum x P. glaucum</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Carne, Leche	Corte y Acarreo

Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4,5-7	Tolerante	Poco Tolerante
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: estolones y material vegetativo		40-80 según fertilización

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Cuba	<i>Pennisetum purpureum</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche	Corte. Silo. Heno

Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
4.5 – 7.5	Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: 2500 - 3000 kg/ha		18-40 En función de fertilización

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Maíz Forrajero	<i>Zea mays</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito	Corte. Silo. Heno, Hidroponía
Adaptación	

pH	Aguachinamiento	Sequía
5,5 – 7	Medianamente Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual y Asexual (tasa de 7-12 kg/ha)		15-30 En función de fertilización
Nombre Vulgar		Nombre Científico
Caña Forrajera		<i>Saccharum officinarum</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Corte. Ensilaje
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5,5 – 8	Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Asexual: estacas o tallos		20-30 En función de fertilización

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Sorgo Forrajero		<i>Sorghum bicolor</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Corte. Ensilaje
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5 – 8,5	Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-10 kg/ha		20-30 En función de fertilización

1.8. Especies gramíneas de clima Frío

Nombre Vulgar		Nombre Científico
Raygrass anual		<i>Lolium multiflorum</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso

Ganadería Doble Propósito. Leche		Pastoreo. Corte. Silo. Heno	
Adaptación			
pH	Aguachinamiento		Sequía
5-7	Poco Tolerante		Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 35-50 kg/ha		16-22	
Nombre Vulgar		Nombre Científico	
Kikuyo		Pennisetum clandestinum	
Fin Productivo		Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito		Corte. Silo. Heno. Pastoreo	
Adaptación			
pH	Aguachinamiento		Sequía
4.5-7	Poco tolerante		Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 1-2 Kg/ha		15-40	
Asexual: 1000-1500 Kg/Ha		En función de fertilización	
Nombre Vulgar		Nombre Científico	
Pasto oloroso		Anthoxanthum odoratum	
Fin Productivo		Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo	
Adaptación			
pH	Aguachinamiento		Sequía
4-7	Tolerante		Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual		Hasta 8 En función de fertilización	
Nombre Vulgar		Nombre Científico	
Pasto Azul orchoro, Ovillo		Dactylis glomerata	
Fin Productivo		Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo. Corte. Ensilaje. Heno	
Adaptación			

pH	Aguachinamiento	Sequía
5-7	Medianamente Tolerante	Tolera
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-7 kg/ha		15-20
Nombre Vulgar		Nombre Científico
Avena Forrajera		<i>Avena sativa</i>
Fin Productivo		Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito		Pastoreo. Pienso. Ensilaje. Heno
Adaptación		
pH	Aguachinamiento	Sequía
5-7,5	Tolerante	Medianamente tolerante
Propagación		Rendimiento Ton Ms/ha/Año
Sexual: 5-7 kg/ha		4,5-7,5 (ensilaje)

1.9. Especies leguminosas

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Campanita. Zapatico de la Reina			Clitoria ternatea	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Carne			Pastoreo. Ensilaje. Heno	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
5-8	21-27°C	Hasta 1200 msnm	600-1200 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 7-20 kg/ha		Semiarbustiva. Trepadora	Hasta 3,3	
Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Frijol Terciopelo			Mucuna pruriens (L.)	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Carne			Pastoreo. Ensilaje. Heno. Banco de proteínas. Cercas vivas. Cobertura	

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
5-7,5	18-27°C	Hasta 1600 msnm	800-3500 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 20-40 kg/ha		Rastrero	Hasta 4-15	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Maní Forrajero	<i>Arachis pintoi</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Cobertura. Pastoreo en asociación con gramíneas

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,5-7,2	17-27°C	Hasta 1800 msnm	1200-3000 mm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 11-30 kg/ha Asexual: 500-600 kg		Rastrero	Hasta 0,5-0,7	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Guandul	<i>Cajanus cajan</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Corte. Ramoneo. Ensilaje. Banco de proteínas

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4-7	17-27°C	Hasta 1800 msnm	900-2500 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 11-30 kg/ha Asexual: 500-600 kg		Arbustiva Erguida	9-12	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Frijol Espada	<i>Canavalia brasiliensis</i> Mart
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Cobertura. Pastoreo. Heno. Ensilaje

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,3-8	16-27°C	Hasta 2000 msnm	900-1800 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 20-30 kg/ha		Rastrero	Hasta 3-8	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Kudzú	<i>Pueraria phaseoloides</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Pastoreo (en asociación). Banco de proteínas. Heno

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,3-8	18-27°C	Hasta 2000 msnm	800-3000 mm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 4-6 kg/ha		Rastrero. Trepador	5-6	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Vichada	<i>Centrosema acutifolium</i> Benth
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Pastoreo (en asociación). Banco de proteínas. Corte y acarreo

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4-7,5	18-27°C	Hasta 1400 msnm	1000-2500 mm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 3-4 kg/ha		Rastrero.	0,9-2	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Lotus. Trébol pata de pájaro	<i>Lotus uliginosus (pedunculatus)</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Pastoreo rotacional. Cobertura

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4-7	0-16°C	Hasta 3000 msnm	1000-4000 mm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual		Decumbente a erecto.	8-16 MV	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Soya Forrajera	<i>Neonotonia wightii</i>)

Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Pastoreo en asociación. Heno. Ensilaje. Cobertura

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
6,5-7	20-30°C	Hasta 1200 msnm	760-1800 mm	Medianamente Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 3-4,5 kg/ha		Rastrero	8-12	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>

Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Carne	Bancos de proteínas. Cercas vivas. Ensilaje. Sistemas Silvopastoriles

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
5,7-8	18-27°C	Hasta 1600 msnm	450-2000 mm	Medianamente Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual y Asexual		Arbustivo	7-25 según condiciones	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>

Fin Productivo	Tipo de Uso
----------------	-------------

Ganadería Doble Propósito. Carne			Bancos de proteínas. Cercas vivas. Sistemas Silvopastoriles	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,5-6,2	22-32°C	Hasta 1000 msnm	600-2500 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Asexual		Arbóreo	2,5 (por km cerca viva)	

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Chachafruto, poroto, balú			<i>Erythrina edulis</i>	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Carne			Bancos de proteínas. Cercas vivas. Sistemas Silvopastoriles	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,5-7	9-25°C	1200-2600 msnm	1200-2000 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual y Asexual		Arbóreo	Hasta 40	

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Alfalfa			Medicago sativa	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Leche.			Pastoreo. Heno. Ensilaje.	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
6-8	15-28°C	1500-3500 msnm	1200-2000 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 15-20 kg/ha		Arbustivo Erecto	15-20	

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Avena Forrajera			<i>Avena sativa</i>	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito.			Pastoreo rotacional en asociación. Heno. Ensilaje	

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
5-7,5	10-17°C	1800-3000 msnm	600-1500 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual: 50-70 kg/ha		Erecto	5-8	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Desmodium, Pega-pega, amor seco	<i>Desmodium sp.</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito	Cobertura. Pastoreo en asociación con gramíneas

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4-7	9-25°C	Hasta 1800 msnm (mejor <300 msnm)	>1800 mm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton Ms/ha/Año	
Sexual y Asexual		Rastrero	1-6	

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Trébol blanco	<i>Trifolium repens.</i>
Fin Productivo	Tipo de Uso
Ganadería Doble Propósito. Leche	Pastoreo en asociación con gramíneas. Heno. Ensilaje

Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
5-7,5	10-20°C	Hasta 3000 msnm	800-1600 msnm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton ha/Año	
Sexual: 2-4 kg/ha		Rastrero	8-10 ton/FV/ha	

1.10. Otras especies

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Botón de Oro	<i>Tithonia diversifolia</i>

Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Carne			Corte. Acarreo. Cercas vivas	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
5-7,5	18-27°C	Hasta 2400 msnm	800-4000 mm	Tolerante
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton/ha/Año	
Sexual y asexual (estacas)		Erecto	27-60 Ton Forraje Verde	

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Moringa			<i>Moringa oleífera</i>	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Carne			Corte. Acarreo. Ensilaje. Abono verde	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,5-8	18-35°C	Hasta 1500 msnm	800-4000 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton/ha/Año	
Sexual y asexual (estacas)		Arbustiva. Erecto	26000-34000 kg/ha/corte	

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Remolacha Forrajera			Beta vulgaris subsp. vulgaris L.	
Fin Productivo			Tipo de Uso	
Ganadería Doble Propósito. Leche			Pastoreo. Henolaje. Ensilaje.	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
6-8	8-25°C	500-2800 msnm	800-4000 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton/ha/Año	
Sexual:100.000 semillas/ha		Rastrero. Superficial	Hasta 50	

Nombre Vulgar			Nombre Científico	
Malanga			<i>Colocasia esculenta</i>	
Fin Productivo			Tipo de Uso	

Ganadería Doble Propósito. Engorde. Cerdos			Forraje verde. Ensilaje.	
Adaptación				
pH	Temperatura	Altitud	Precipitación	Encharcamiento
4,5-7,5	12-30°C	200-1200 msnm	1000-1600 mm	Susceptible
Propagación		Hábito Crecimiento	Rendimiento Ton/ha/Año	
Asexual		Herbáceo	Hasta 40	

1.11. Importancia de la conservación de forrajes

La conservación de forrajes para la alimentación animal es una práctica de relevancia en los sistemas de producción (herbívoros) que contribuye a reducir los costos de alimentación en períodos de escasez de forraje fresco como del estiaje, para hacer frente a imponderables sequías prolongadas, lluvias prolongadas, daños causados por patógenos (Rodríguez & Herrera, 2021).

La conservación de los excedentes de forraje es un proceso necesario en las explotaciones animales debido a la estacionalidad, dado que se estima que entre 60-90% del volumen anual de forrajes se produce en época de lluvias, por lo que la conservación permite garantizar la estabilidad productiva de los animales (Tapia-Coronado et al., 2019).

Además de los excedentes propios de la explotación agropecuaria, la industria agroalimentaria es generadora de subproductos, que son aprovechados a través del procesamiento y conservación de los mismos (Vázquez, 2021), permitiendo aprovechar el material que de otra forma no tendría utilidad y en muchos casos difícil de eliminar adecuadamente, a pesar de que el producto final sea de regular calidad y también estacional.

La conservación de forrajes, como práctica permite almacenamiento de los excedentes, se fundamenta en los siguientes objetivos: asegurar la disponibilidad de alimento para el ganado en las épocas críticas donde no hay condiciones favorables para el crecimiento vegetal; obtener un producto lo más similar posible al forraje verde original en lo que a valor nutritivo se refiere; minimizar las pérdidas; facilitar almacenamiento y transporte; y que sea aceptable por el animal cubriendo total o parcialmente sus necesidades nutricionales (González et al., 2020).

Se debe tener presente que los métodos de conservación de forrajes pueden mantener, pero nunca mejorar la calidad del forraje inicial, de ahí el cuidado que se debe tener al momento de la elección e implementación del método de conservación (Álvarez-García et al., 2023), siendo los más utilizados la deshidratación como la henificación y la fermentación como el henolaje y el ensilado (Solís et al., 2023).

CONCLUSIONES

El manejo de términos básicos es importante para una mejor comunicación con pares y facilitar la comprensión del material técnico y bibliográfico de consulta para abordar el conocimiento sobre las pasturas, su manejo y aprovechamiento tanto en las regiones de clima templado como en las regiones de clima tropical.

Para una producción sostenible de las pasturas, no solo basta conocer las pasturas como ecosistemas, sino que deben manejarse elementos que interactúan dentro del mismo como el clima y el suelo, cuyo manejo dependerá el éxito o no de sistemas de producción, el cual debe estar enfocado dentro de un modelo de producción sostenible.

Muchos de los términos empleados en el manejo de pasturas son de índole agronómico, sin embargo, como profesionales del agro se debe conocer de manera básica algunas terminologías referidas al subsistema animal dado que el manejo de este está estrechamente relacionado con la productividad y conservación de la calidad de las praderas.

CAPÍTULO 2:

EL CLIMA Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS

RESUMEN

La productividad de las praderas depende de las condiciones climáticas y de los suelos. En el caso del clima donde se desarrollan las pasturas, depende de la capacidad adaptativa de las especies de pastos y leguminosas que forman parte de la pradera, particularmente a los cambios de temperatura y precipitación, debiéndose considerar en este contexto que hay dos factores, en primer lugar la capacidad de las especies de desarrollarse en condiciones extremas de altas o bajas temperaturas, de sequías o inundaciones, y en segundo lugar, es importante considerar el fenómeno del cambio climático, el cual está modificando de manera abrupta las condiciones climáticas a nivel global, lo que obliga cada día a ser más precisos en la selección de las especies vegetales en función de su capacidad adaptativa, además de que se deben monitorear constantemente los cambios en los parámetros climáticos, dada su influencia sobre la productividad de las pasturas, debido a su efecto sobre el comportamiento hidrológico del ecosistema y de las condiciones edáficas.

Palabras claves: adaptabilidad, cambio climático, precipitación, temperatura, sequía.

INTRODUCCIÓN

Para garantizar la productividad de las praderas, es necesario seleccionar aquellas donde existan especies con un alto valor nutricional, para asegurar el suministro de proteínas y energía, cubrir los requerimientos de los animales y lograr así una alta producción de leche o carne (Pulgarín et al., 2023), en ese sentido el primer paso es seleccionar las especies de pastos que se adapten a las condiciones edáficas y climáticas locales, de tal manera que expresen su máximo potencial productivo, asumiendo que el mismo depende solamente de la capacidad productiva de la especie vegetal.

Tradicionalmente, con el proceso de selección y un adecuado manejo agronómico, era suficiente para garantizar una sostenibilidad de las praderas, partiendo del hecho de que a las especies vegetales se les presentaban las mejores condiciones de clima y de suelo para su desarrollo, sin embargo con el cambio climático, producto del calentamiento global (Herrera, 2020), como consecuencia de las actividades antrópicas que aumentan las emisiones de gases invernadero (Hernández, 2021), se ha observado un incremento en la variabilidad del clima y el suelo.

En el caso del cambio climático las variaciones en parámetros como temperatura y precipitación (Silva et al., 2019), han conllevado a que las condiciones adversas para la producción de pastos se presenten con mayor frecuencia, especialmente la ocurrencia de las sequías y las inundaciones (Mendoza et al., 2019), lo cual indudablemente repercutirá de manera negativa en la productividad de las pasturas, tanto en términos de cantidad como de calidad, cambios que se observan con mayor intensidad en las pasturas ubicadas en zonas tropicales.

El clima es un elemento que no se puede modificar con el manejo agronómico, por lo que cada día es más preciso recurrir bien sea a la adaptabilidad y selección de las especies vegetales que pudieran desarrollarse en estas condiciones, o al mejoramiento genético que permita producir nuevas variedades o híbridos que soporten condiciones extremas de altas temperaturas, sequías o inundaciones, lo cual es necesario para lograr una producción agropecuaria sostenible, y cubrir las demandas alimenticias de la población mundial, en especial ante la demanda de proteínas de alta calidad (Núñez et al., 2001).

Dado la importancia del clima para la producción pecuaria, es necesario que se monitoreen los parámetros más importantes como temperatura y precipitación, los cuales son los dos elementos más cambiantes, y en lo posible, si se cuenta con los datos necesarios y los equipos tecnológicos requeridos, poder hacer simulaciones (Nuñez-Agurto et al., 2020), de tal manera de predecir como es el comportamiento del clima en un futuro y cómo afecta la

producción de las pasturas y la alimentación animal, y así tomar las medidas necesarias para evitar o disminuir los daños económicos a los sistemas de producción animal.

2.1. Tipos de climas y distribución de praderas

El clima es uno de los principales factores que condiciona la producción de pasturas, al tener influencia en los procesos fotosintéticos (radiación solar), reproducción vegetal (efecto del viento) y proporcionando humedad a través del agua. A nivel edáfico, las precipitaciones y temperatura influyen en la fertilidad del mismo, y el viento y pluviosidad elevada favorece procesos de erosión (Hernández-Chávez et al., 2020). De igual forma, temperatura y humedad tienen efecto sobre los microorganismos presentes en el suelo (Escobar et al., 2020).

La productividad de las praderas, por las razones mencionadas, está por tanto estrechamente relacionada con el clima, estos biomas suelen clasificarse en praderas de clima templado y praderas de clima tropical y las localizadas en el hemisferio sur presentan mayor precipitación que las del hemisferio norte.

2.1.1. Praderas templadas

Las praderas templadas presentan una precipitación media durante todo el año entre 250-750 mm, la vegetación que la conforma es más baja y presenta dos estaciones de crecimiento marcadas (letargo y crecimiento constante) condicionadas por el frío y presencia de heladas, en la figura 2.1 se puede apreciar la ubicación de las praderas templadas.



Figura 2.1. Localización de las praderas templadas.

<https://economiacircularverde.com/biomas-terrestres-praderas-templadas/>

2.1.2. Praderas de clima tropical

Las praderas que se establecen en climas tropicales se caracterizan por presentar temperaturas relativamente constantes (cálidas) durante todo el año, dos estaciones marcadas, una lluviosa y otra seca, siendo la más reconocida a nivel mundial la gran sabana africana (Figura 2.2).

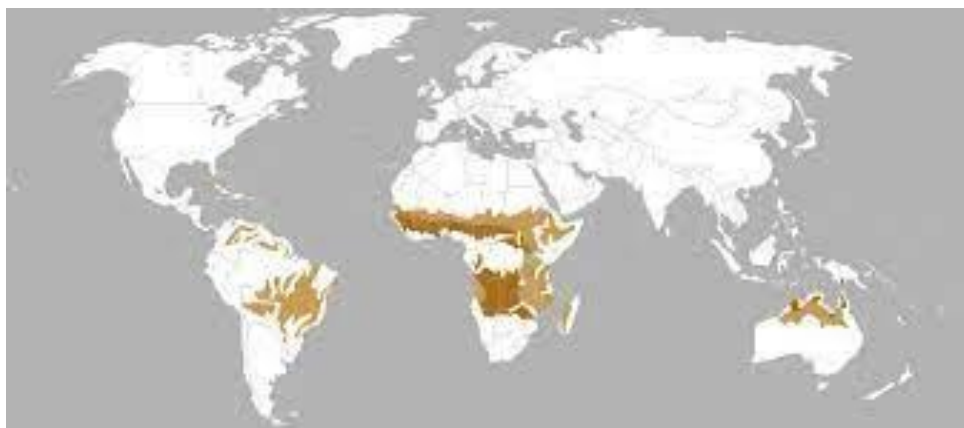


Figura 2.2. Localización de las praderas tropicales.

<https://ecosistemas.ovacen.com/bioma/sabana/>

2.2. Influencia del clima sobre distribución de praderas

El factor climático de mayor influencia en la distribución de las praderas (“praires”, “pampas”, “estepas”, “sabanas”) es la precipitación, lo que incide en que estas biomas se encuentren en áreas en que no hay suficientes lluvias para el crecimiento sostenido de un bosque (Murga-Orrillo et al., 2021), pero si suficiente para que no se conforme un desierto.

La pradera, como hábitat que abarca alrededor de la cuarta parte de la superficie continental del planeta, es el más beneficioso para el ser humano desde el punto de vista agrícola (Ipinza et al., 2021), por ser un terreno fértil que permite el cultivo de diversas especies, incluidos los pastos y forrajes, lo que ha derivado en la intervención antrópica para la producción de cereales, granos y otras especies vegetales (Espinell et al., 2021).

2.3. Distribución de pasturas en función del clima

Los elementos del clima (temperatura, radiación, precipitaciones, etc.) tienen influencia en la fisiología, composición química y digestibilidad de las variedades de pastos, donde la variabilidad climática ha tenido influencia en el manejo de las mismas, y producción y calidad de los pastos.

En función de las características climáticas, las pasturas suelen clasificarse en: pasturas de clima frío, pasturas de clima templado y pasturas tropicales (clima cálido), las cuales muestran diferencias en cuanto a la adaptabilidad, productividad, morfología y fisiología.

2.3.1. Pasturas de Clima Frío

Se refieren aquellos pastos que se adaptan alturas por encima de los 2000 msnm, donde la temperatura media oscila entre los 10-17°C. Estas pasturas son importantes en las economías de ciertos países por ser base de la alimentación animal (ganadera) de los mismos.

2.3.2. Pasturas de clima Templado

Las pasturas de clima templado se ubican en las en regiones templadas, generalmente entre los 30-60° de latitud, con precipitaciones anuales que oscilan entre 500-2.000 mm. Estas pasturas contribuyen significativamente a la producción animal mundial, empleando usualmente especies de las familias de las gramíneas (C3) y leguminosas.

Las tasas de crecimiento de las pasturas templadas son mayores en primavera y otoño a pesar de presentar variabilidad anual (Hernández et al., 2023), y muy bajas en invierno, por lo que bajo condiciones de pastoreo resulta conveniente la conservación de los excesos de forraje que se presentan a principios de verano.

2.3.3. Pasturas de clima Tropical:

Las pasturas de clima tropical están localizadas en la región tropical, representan el 90% de la dieta animal. Suelen presentar degradación y por ende una reducción en su potencial productivo. Las gramíneas suelen establecerse en áreas con temperaturas entre 17-27°C y altitud hasta los 1.800 msnm.

Las gramíneas de clima tropical (C4) tienen características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas que las hacen potencialmente más eficientes en el proceso fotosintético que las leguminosas y las gramíneas de zona templada, con implicaciones en su valor nutritivo.

En la tabla 1.2 se muestran las características morfológicas diferenciales, más importantes, entre gramíneas de clima templado y de clima tropical.

Tabla 1.2. Diferencias morfológicas de gramíneas en función de condiciones climáticas.

Gramíneas Pasturas Templadas (C3)	Gramíneas Pasturas Tropicales (C4)
Menor potencial de producción	Mayor potencial de producción
Menor relación parte aérea/raíces	Mayor relación parte aérea/raíces
Más macolladoras	Menos macolladoras

Macollas más livianas	Macollas pesadas
Menor contenido de agua	Mayor contenido de agua
Baja eficiencia en el uso del agua	Alta eficiencia en el uso del agua

Fuente: adaptado de Chicahuala et al. (2018)

Mientras que en la tabla 2.2 se muestran las características fisiológicas diferenciales, más importantes, entre gramíneas de clima templado y de clima tropical.

Tabla 2.2. Diferencias fisiológicas de gramíneas en función de condiciones climáticas.

Parámetro	Gramíneas Pasturas Templadas (C3)	Gramíneas Pasturas Tropicales (C4)
Anatomía Foliar	Sin vaina vascular	Vaina vascular con cloroplastos
Fotorrespiración	Presente (25-30%)	Menor (10-25%)
Saturación de Luz	30-35000 lux	75000 lux
Tasa Fotosintética	Moderada	Alta
Temperatura óptima crecimiento aéreo	18-25°C	28-35°C
Temperatura mínima crecimiento aéreo	5-8°C	12-15°C
Temperatura máxima crecimiento aéreo	30-35°C	40-45°C
Temperatura óptima crecimiento radicular	10-16°C	20-25°C
Uso agua	900 mm	400-600 mm
Respuesta al agregado de Nitrógeno	Menor	Mayor

Fuente: adaptado de Chicahuala et al. (2018)

2.4. Factores que influyen en la variación de clima

El clima es producto de un conjunto de condiciones atmosféricas que se presentan en un lugar específico durante un período de tiempo, y por tanto existen una serie de factores que interactúan y tienen influencia sobre los elementos que lo conforman, determinando las características particulares de los distintos tipos de clima.

2.4.1. Latitud

Es la distancia angular, medida en grados, minutos y segundos, existente entre un punto del globo terráqueo y el Ecuador, determinando la inclinación con la que caen los rayos solares y la diferencia de duración entre el día y la noche. La cercanía al Ecuador implica menos variación en la duración de los días, y temperaturas más cálidas por la incidencia más vertical y de mayor intensidad de la radiación solar. Este factor (latitud) es quien determina las cinco franjas climáticas de la Tierra (Figura 2.3): Zona Cálida a ambos lados del Ecuador y entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, dos Zonas Templadas (Norte y Sur) entre estos Trópicos y los círculos polares (Ártico y Antártico), y dos Zonas Frías (polares) en torno a dichos círculos polares.

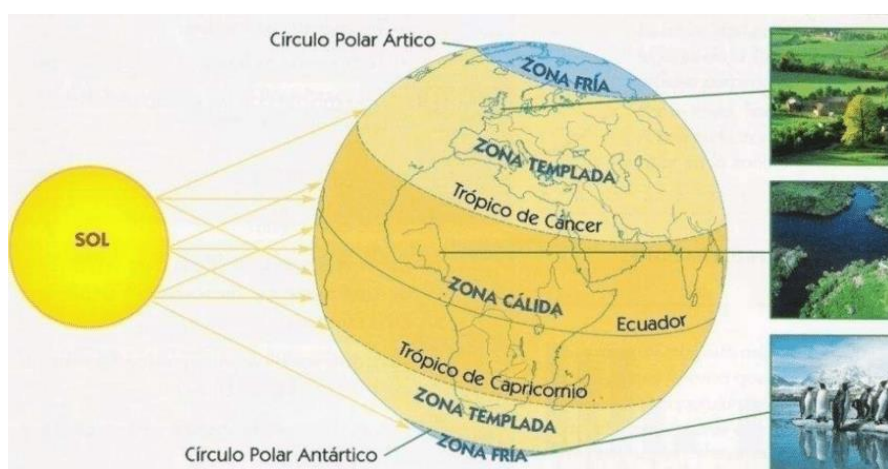


Figura 2.3. Zonas climáticas de la tierra.

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-8-Zonas-climaticas-de-la-tierra-15_fig3_277849521

2.4.2. Altitud

El factor altitud hace referencia a la distancia vertical desde un punto cualquiera de la Tierra respecto al nivel del mar (cero metros). La altitud influye en la presión atmosférica y la temperatura: a mayor altitud, menor presión atmosférica y menor temperatura, encontrando que incrementos aproximados de 154 metros respecto al nivel del mar, ocasionan una disminución de un grado en la temperatura, por efecto de la disminución de la presión atmosférica.

2.4.3. Otros Factores

Se deben agregar como factores que influyen en la variación del clima la circulación atmosférica como: vientos alisios del norte, polares y monzónicos, continentalidad, corrientes marinas y el relieve (Oldani, 2020).

2.5. Elementos del clima

Los elementos del clima son básicamente parámetros que hacen mención a fenómenos meteorológicos cuya interacción explican el tiempo atmosférico. Estos parámetros, bien sean características termodinámicas o acuosas, permiten la evaluación, definición y clasificación del clima.

2.5.1. Precipitación

Cantidad de partículas de agua contenida en la atmosfera que cae sobre la superficie terrestre (suelo) por efecto de la gravedad. La precipitación puede ocurrir en forma de agua líquida (lluvia), cristales de hielo (nieve), masas densas de hielo (granizo), brumas o rocío, todo ello dependiendo de la temperatura y grado de condensación. El pluviómetro es el instrumento de medición utilizado (Figura 2.4), y la unidad es el milímetro (mm, altura de agua caída) que representa el equivalente a un litro por metro cuadrado de área (l/m^2).



Figura 2.4. Modelo de pluviómetro.

<https://www.meteorologiaenred.com/category/climatologia>

2.5.2. Humedad

Elemento que depende de la temperatura, y que expresa la cantidad de vapor de agua presentes en las capas bajas de la atmosfera, producto de la evaporación de fuentes de agua como mares, ríos, lagos y océanos.

La humedad relativa es la relación existente entre la cantidad de vapor de agua contenido en el aire y la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener a una determinada temperatura. A mayor temperatura del aire, más cantidad de vapor de agua disuelto admite. El instrumento de medición de la humedad relativa es el higrómetro (Figura 2.5), cuyo valor porcentual indica el grado de saturación (agua) del aire. De superarse el punto de saturación, se produce la condensación, formación de nubes y posterior precipitación.

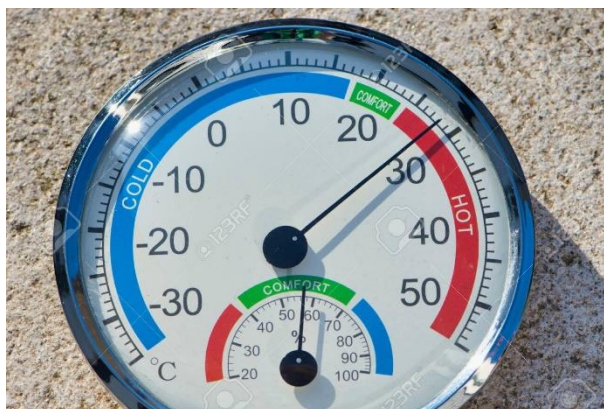


Figura 2.5. Modelo de higrómetro.

<https://es.123rf.com/photo>

2.5.3. Viento

Viene dado por el movimiento del aire en la atmósfera producto de la diferencia de presiones, lo que deriva en el desplazamiento desde zonas de altas presiones a zonas de bajas presiones. A nivel meteorológico se mide únicamente la velocidad y dirección del componente horizontal de este elemento. Como principios básicos se conocen que el viento sopla de zonas de mayor presión a aquellas de menor presión, su velocidad depende de las diferencias de presión (directamente proporcional) y que se desvían a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur a causa del efecto Coriolis.

La velocidad del viento, en kilómetros por hora (km/h) o metros por segundo (m/s) se mide empleando un anemómetro (Figura 2.6), y la dirección utilizando veletas que indican su procedencia.



Figura 2.6. Modelo de anemómetro

<https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/origen-y-evolucion-del-anemometro-que-es.html>

2.5.4. Radiación

La energía transferida por el Sol a la Tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía.

La radiación solar es el flujo de energía que recibe del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). La luz visible (que puede ser detectada por el ojo humano) son las radiaciones comprendidas entre $0,4 \mu\text{m}$ y $0,7 \mu\text{m}$ (Aparicio, 2020).

La cantidad de radiación solar recibida en un punto se mide mediante un aparato denominado piranómetro (Figura 2.7). Consiste que en un sensor encerrado en un hemisferio transparente que transmite toda la radiación de longitud de onda inferior a 3×10^{-6} metros. Dicho sensor tiene un disco con segmentos blancos y negros alternados que absorben la radiación incidente de modo distinto. El contraste de temperatura entre esos segmentos se calibra en función del flujo de radiación (unidades de W/m^2).



Figura 2.7. Modelo de piranómetro.

<https://www.darrera.com/wp/es/producto/lppyra10-piranometro-estandar-secundario/>

2.5.5. Temperatura

Elemento del clima referido a la cantidad de energía calórica acumulada en el aire en un momento específico y en un lugar determinado. Está influenciada por el grado de insolación el cual varía en función de la inclinación del eje terráqueo.

La temperatura disminuye con la altitud, latitud y continentalidad. Es inversa a la altitud y latitud, disminuye en la medida en que estas aumentan. La continentalidad actúa como regulador térmico.

El instrumento de medida es el termómetro (Galileo 1593) siendo la escala más utilizada la Celsius (°C, o grados centígrados) propuesta por el astrónomo Anders Celsius en 1742 y que permite determinar las sensaciones de frío y calor.



Figura 2.8. Modelo de termómetro.

<https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/46ermómetro-frio>

2.6. Estaciones climatológicas

Se entiende por estación climatológica al lugar, ubicado en la intemperie y en sitios estratégicos, donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico y las variaciones climáticas, siguiendo lo establecido en las normas técnicas de la Organización Mundial de Meteorología.



Figura 2.9. Modelo de estación meteorológica

<https://estaciondemeteorologia.com/que-es-una-estacion-meteorologica/>

Los parámetros medidos y registrados son empleados para diversos fines, entre ellos el desarrollo de modelos y pronósticos, permitiendo predecir el comportamiento del clima y su efecto en determinadas actividades incluyendo la agrícola y pecuaria.

Las estaciones meteorológicas pueden ser clasificadas tal y como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Tipos de estaciones climatológicas, según su capacidad de medición

Tipo Estación	Descripción
Pluviométrica	Tiene pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos mediciones realizadas consecutivas.
Pluviográfica	Puede realizar de forma continua y mecánica un registro de las precipitaciones, por lo que nos permite conocer la cantidad, intensidad, duración y período en que ha ocurrido la lluvia.
Climatológica Principal	Permite realizar observaciones de precipitación, temperatura del aire, temperaturas máxima y mínima a 2 metros, humedad, viento, radiación, brillo solar, evaporación, temperaturas extremas del tanque de evaporación, cantidad de nubes y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores
Climatológica Ordinaria	Provista obligatoriamente de psicrómetro, de un pluviómetro y un pluviógrafo , para así poder medir la precipitación y la temperatura de manera instantánea.
Sinóptica	Realiza observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente por la OMM (Organización Meteorológica Mundial). Los datos se toman horariamente y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitaciones, temperaturas extremas, capas significativas de las nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos.

Agrometeorológica	Para observaciones meteorológicas y otras observaciones que ayudan a determinar las relaciones entre el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación climatológica principal, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo). Orientada a la aplicación de control de riesgos en cultivos, cosechas y gestión forestal.
--------------------------	---

En función de la tecnología para la captura y registro de datos, la estación puede ser Convencional, Automática con Telemetría o Automática sin Telemetría. En la Estación Convencional la toma de datos la efectúa un observador y la registra en una libreta para luego enviarla a los técnicos para el procesamiento de los mismos.

Las Estaciones Automáticas obtienen los datos de manera también automática mediante sensores de diferente tipo. Las que cuentan con telemetría tienen capacidad de envío automático de datos a centros de recepción por medio satelital, radiofrecuencias, etc. En el caso de no disponer de telemetría los datos son almacenados en dispositivos dentro de la propia estación, no pudiendo ser enviados automáticamente.

En relación a los instrumentos de medición, en la tabla. 4.2 se muestran los más frecuentemente utilizados, el evento o parámetro climático implicado y una breve descripción del instrumento.

Tabla 4.2. Instrumento de medición climático, usados en una estación climatológica.

Instrumento	Descripción	Parámetro Climático
Pluviómetro	Mide la cantidad de precipitaciones caídas, mediante el método de medición por pesaje, el cual se registra tanto la cantidad como la intensidad de todas las precipitaciones considerando factores marginales como la temperatura y el viento	Precipitación
Anemómetro	Empleados para medir la velocidad del viento, están dotados de cazoletas o hélices unidas a un eje central cuyo giro, proporcional a la velocidad del viento activa un diminuto generador eléctrico que facilita una medida precisa de la velocidad.	Velocidad del viento
Veleta	Dispositivo sencillo rotatorio que gira libremente con un señalador que indica la dirección del viento	Dirección del viento

Sensores ultrasónicos	Consiste en 4 pequeños sensores ultrasónicos incorporados que calculan la diferencia del tiempo de recorrido para determinar la velocidad y la dirección del viento.	Velocidad y dirección del viento
Piranómetro	Instrumento capaz de proporcionar la medida de la radiación solar global (directa + difusa) que incide en la zona.	Radiación solar
Termómetro Tipos SIX	Usado para indicar la temperatura ambiente, además cuenta con dos índices que marcan uno la temperatura máxima y el otro la mínima	Temperatura
Tanque evaporímetro	Instrumento utilizado para medir la evaporación efectiva. El más empleado es el Tipo A	Evaporación
Higrómetro	Instrumento utilizado para medir la humedad relativa (HR) del aire, expresada como cantidad de vapor de agua presente en un volumen de aire	Humedad
Sensores Climáticos	Permiten medir de manera simultánea variables climáticas, pudiendo operar de manera continua y bajo condiciones extremas sin intervención humana.	Temperatura, Humedad, Presión, etc.

2.7. Modelos matemáticos

Un modelo matemático es la representación a través de ecuaciones, funciones y fórmulas matemáticas de un fenómeno de variables relacionadas (Suárez-Aguilar et al., 2020). El modelo puede ser heurístico en este caso en que se fundamenta en las definiciones de las causas (mecanismos naturales) que dan origen al fenómeno, o empírico cuando se enfoca en el estudio de resultados experimentales (Medina & Pérez 2021).

Los modelos matemáticos en función de los resultados esperados pueden tipificarse como cualitativos o cuantitativos. En el primer caso, no buscan la exactitud y suelen emplearse gráficos para intentar detectar tendencias dentro de un sistema. En el caso de modelos cuantitativos, estos buscan precisión en los resultados en base a fórmulas matemáticas de diversa complejidad.

Los modelos matemáticos aplicados a las ciencias aplicadas como meteorología o climatología posibilitan hacer cálculo y proyectar el comportamiento futuro, hecho relevante dado el impacto que está teniendo el cambio climático a nivel global.

2.8. Cambio climático y producción de praderas

Las praderas como biomas, son esenciales para el mantenimiento del ecosistema a nivel global. Resultan importantes al proporcionar alimento al ganado criado por el ser humano, presenta una fauna rica en especies y desempeñan un rol relevante en la lucha contra el cambio climático por su capacidad de absorción de dióxido de carbono (López-González et al., 2019).

El cambio climático, entendido como la modificación del clima respecto al historial climático, aunado otras alteraciones ambientales y antrópicas (Pabón-Caicedo, 2022), ha derivado en transformaciones de las especies vegetales que habitan estos pastizales, y por ende su productividad.

Las praderas y los pastizales a pesar de ser muy resistentes y capaces de tolerar los efectos del cambio climático (Lanfranco et al., 2022), pueden hacerlo hasta determinado punto, y un cambio en las condiciones climáticas derivan en una transformación drástica de los mismos, provocan alteraciones en el número y tipo de especies vegetales, con presencia de plantas indeseadas que no aportan beneficio a los servicios de los que depende el ser humano.

La alteración de patrones meteorológicos producto del cambio climático, tales como frentes fríos, alteraciones en los patrones de precipitación, temperatura, sequías extremas, excesos de humedad (Gran, 2022), ocurrencia de fenómenos como “La Niña” y “el Niño”, entre otros, afectan la productividad rendimiento de las especies vegetales que hacen vida en las praderas, con el efecto añadido de incrementar la incidencia de plagas y enfermedades.

La variabilidad climática prevista a futuro, con cambios cada vez más marcados en los patrones climáticos y elementos del clima (temperatura y precipitaciones) implica cambios también en las praderas y su manejo a fin de garantizar su productividad y sustentabilidad, dado que la variabilidad y el cambio climático afecta la distribución de los pastos a nivel del trópico, priorizando la implantación de especies con mejor y mayor adaptación a las condiciones cambiantes, y la identificación y generación de genotipos que mejor se adapten a cada zona.

2.9. Causas del cambio climático

Aunque son múltiples las causas del cambio climático, solo se mencionan acá las relacionadas al uso de la tierra con fines agrícolas o pecuarios.

2.9.1. La tala de los bosques

La tala de bosques a fin de crear granjas o pastos, o por otros motivos, provoca emisiones dado que cuando se talan sus árboles se libera el carbono que estos han estado almacenando (Pintac-Robalino & Pincay, 2022), estimándose que cada año se destruyen aproximadamente 12 millones de hectáreas de bosques. Puesto que los bosques absorben el dióxido de carbono, su destrucción también limita la capacidad de la naturaleza para mantener estas emisiones fuera de la atmósfera. La deforestación, junto con la agricultura y otros cambios en la utilización de los suelos, es responsable de aproximadamente un cuarto de las emisiones de gases de efecto invernadero.

2.9.2. Agricultura y ganadería

La producción de alimentos provoca emisiones de metano, dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, de diferentes maneras, en lo que se incluye la deforestación y la roturación de tierras para la agricultura y el pastoreo (Olivares-Campos et al., 2019), la alimentación del ganado bovino y ovino, la producción y uso de fertilizantes y el abono utilizado para los cultivos (Cayetano et al., 2020), además del uso de la energía que hace funcionar las maquinarias agrícolas (Estupiñán et al., 2022), siendo normalmente con combustibles fósiles. Todo esto hace que la producción de alimentos sea uno de los sectores que más contribuyen al cambio climático. Además, las emisiones de efecto invernadero también provienen del envasado y la distribución de los alimentos.

2.9.3. Pasturas y emisiones de CO₂

La Organización Meteorológica Mundial en 2017, señala que el CO₂ es el gas de efecto invernadero de mayor importancia dada su vida media, y adicionalmente contribuir con un 60% del calentamiento global. En pasturas, los valores estimados de secuestro y emisión de carbono varían en función de la vegetación (y su edad), uso del suelo y tipo de ecosistema (Álvarez-Villa et al., 2023).

La emisión o liberación a la atmosfera de carbono conlleva daños ambientales con efecto en el calentamiento global, y debe destacarse que el suelo contribuye con un 20% de la emisión total de CO₂ a la atmósfera a través de la respiración, derivando además en una disminución

en la concentración de C orgánico del suelo, la fertilidad del mismo y su productividad (Gómez et al., 2021).

Las pasturas como ecosistemas han sido reconocidas como un sumidero de carbono, sin embargo, existen factores que pueden revertir el intercambio positivo entre fotosíntesis y respiración del ecosistema, haciéndolas una fuente de CO₂. A nivel edáfico, las emisiones de CO₂ dependen de las condiciones del mismo en cuanto humedad, temperatura, disponibilidad de nutrientes, pH, parámetros meteorológicos y climatológicos, manejo y cambios del uso del suelo y calidad de las pasturas (Cruz-Sánchez et al., 2022).

La degradación del pastizal como ecosistema, pastos de baja calidad y manejo erróneo son factores que ocasionan que el suelo pierda su capacidad para capturar carbono y que el mismo sea liberado a la atmósfera, por lo que, si se previene la pérdida de reservas de C o se reducen las emisiones de CO₂ del suelo, se reduce la cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera (Vázquez-Luna et al., 2014).

2.10. Consecuencias del cambio climático

Las consecuencias generales del cambio climático se asocian a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos con mayor frecuencia e intensidad (Rojas et al., 2021), graves efectos sobre la salud humana (Favier et al., 2019), inseguridad alimentaria, difícil acceso a fuentes seguras de agua (Reyes-Palomino & Cano, 2022), mayor vulnerabilidad de la población más empobrecida, movimientos migratorios y pérdida de medios de vida.

La variabilidad climática y sus efectos sobre las pasturas, praderas y cultivos en general, con lo que representa un aumento de temperaturas, disminución de precipitaciones, eventos climáticos extremos, índice en la productividad agrícola y en la calidad de vida de los productores (Gordón-Mendoza, 2020).

El cambio climático tiene impacto en las praderas y en el manejo de las mismas, incidiendo en cuestiones como las fechas de siembra, reducción de germinación de semillas, afectaciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas y vulnerabilidad ante ataques de plagas y enfermedades (Álvarez Adán, 2019).

Lo anterior implica que se deben acometer acciones que permitan el uso eficiente de recursos, y la adopción de sistemas productivos que permitan la sustentabilidad de los ecosistemas, dado que la agricultura y la producción de pastos, no solo se ve afectada por el cambio climático, sino que estos también contribuyen directa o indirectamente de forma importante a la emisión de gases hacia la atmósfera.

2.11. Pasturas y secuestro de CO₂

La importancia del suelo como sumidero de carbono es incuestionable, de ahí que el tipo de ecosistema sea factor a tomar en cuenta en cuanto a la promoción del secuestro de carbono en el mismo, donde los ecosistemas cumplen funciones de sumideros o almacenes a través de procesos como la fotosíntesis

Las pasturas han sido reconocidas como ecosistemas con alto potencial de secuestro de CO₂. Cálculos estimados indican un stock de carbono en suelos de pastizales de alrededor de 343 Pg (picogramo) de C a nivel mundial, lo que representa un 50% más que el de los bosques (Conant et al., 2017), como consecuencia de las características de los pastizales: 40-80% de su biomasa está presente en el subsuelo, lo que a su vez les confiere mayor resiliencia a eventos extremos, haciéndolos más fiables como sumideros de carbono en el largo plazo.

Los pastizales poseen gran capacidad de secuestrar carbono orgánico en los suelos, principalmente por tres motivos principales: la producción bruta de biomasa radícula, por la excreta de los animales y el manejo del suelo (Barrezueta-Unda et al., 2020).

Las mejores estimaciones disponibles sugieren que la gestión mejorada de los pastizales tiene potencial biofísico para secuestrar un total de 1300-2000 Mt CO₂ hasta el año 2030, lo que ratifica la importancia de estos ecosistemas en el secuestro de carbono como servicio regulador del mismo, donde el carbono captado y almacenado tiene valor ambiental positivo.

Los pastizales acumulan C a través del ciclo de carbono, que a su vez deriva en cambios en las reservas de C en suelos, que subtienden diferentes tipos de vegetación de los pastizales. Si se aumenta el tamaño de estas reservas se elimina CO₂ de la atmósfera.

CONCLUSIONES

El clima es uno de los elementos claves para garantizar una producción de pasturas sostenibles, sin embargo, las actividades antrópicas que han impulsado el calentamiento global y el cambio climático han conllevado a un cambio en los regímenes de temperatura y precipitación que crean condiciones de extremas temperaturas, sequías e inundaciones, que dificultan la adaptabilidad de la mayoría de las especies vegetales a estas condiciones, afectando así la productividad de las pasturas.

Dado que se prevé en los próximos un año una mayor intensidad de las condiciones climáticas adversas, se requiere que se haga una selección y mejoramiento genético de las especies vegetales actuales, de tal manera de seleccionar aquellas que se puedan desarrollar en condiciones climáticas extremas, en especial en los países tropicales, donde las consecuencias del cambio climático se expresan con mayor intensidad, afectando la productividad de las pasturas.

Se requiere del monitoreo constante de los parámetros como temperatura y precipitación, para verificar los cambios de los mismos como consecuencia del cambio climático y el efecto que pueden tener sobre la productividad de las praderas, así mismo en la medida de las posibilidades se deben simular escenarios futuros, mediante modelos matemáticos, inteligencia artificial o algoritmos automatizados, de manera de predecir los cambios en los parámetros de temperatura y precipitación y establecer las medidas preventivas, para evitar su efecto sobre la productividad de la producción de pastos y forrajes.

CAPÍTULO 3:

EL SUELO Y LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS

RESUMEN

Las condiciones edáficas están estrechamente relacionadas con la productividad de las praderas, se considera que en los suelos con mejores condiciones físicas, químicas y biológicas, así con la cantidad nutrientes necesarios para suplir las necesidades nutricionales del cultivo se pueden llegar a alcanzar los máximos rendimientos, es por ello que es necesario caracterizar adecuadamente el suelo donde crecen la pasturas, tanto desde el punto de vista químico, físico, y biológico, para establecer las limitaciones y potenciales del mismo, para evitar su degradación, y llevar cabo las prácticas agronómicas que permitan crear las condiciones ideales de suelo, para alcanzar la máxima productividad del cultivo, lo cual incluye la mecanización para la preparación física y la fertilización para el suministro de los nutrientes que requiere la planta y no puedan ser suplidos en su totalidad vía edáfica.

Palabra claves: acidez, compactación erosión, fertilidad salinidad.

INTRODUCCIÓN

Dado que el suelo es un elemento clave para la producción de los pastizales, es necesario la caracterización de este recurso, de manera de establecer las potencialidad y limitaciones, así como el manejo agronómico que se le debe dar al mismo, en ese sentido en este capítulo se aborda la caracterización del suelo desde el punto de vista, físico, químico y biológico y se analiza la relación de la calidad del mismo con la productividad del pasto, así como la asociación del manejo agronómico con los cambios en la calidad del suelo y la aparición con problemas de degradación que reducen el potencial productivo del suelo.

La primera categoría que se analiza para caracterizar el suelo, son las condiciones físicas, en primer lugar porque se relacionan con procesos de establecimiento de pasturas (Mamédio et al., 2020), desarrollo de raíces (Yerena-Yamallel et al., 2020), infiltración y movilidad del agua en el suelo (Cuastumal et al., 2023), que a su vez condicionan otras prácticas agronómicas como la mecanización del suelo (Mita et al., 2021) y el riego (González-Fragozo et al., 2020), además las características físicas son el principal indicador cuando existen problemas de degradación en el suelo, dado que se da un proceso denominado compactación (Rosales-Naranjo et al., 2020), el cual es producto de una carga animal excesiva (López et al., 2020), que aumenta la densidad aparente, destruye la estructura y crea condiciones propicias para la erosión.

El segundo aspecto evaluado fue las características químicas del suelo, las cuales tiene 3 elementos claves a considerar; el primero, es si el suelo posee los nutrientes necesarios que requiere el pastizal, en este sentido se deben determinar el contenido de materia orgánica (Apráez et al., 2019), nitrógeno (Cerdas-Ramírez et al., 2021), fósforo y potasio (Sánchez-Hernández et al., 2019), en segundo lugar a través de la evaluación del pH si existe problemas de acidificación o salinización (Luna et al., 2022) que son dos condiciones edáficas producto de la acción de los procesos formadores del suelo, pero también es consecuencia del manejo agronómico inadecuado que conlleva a crear situaciones que no son aptas para muchas especies de pastos.

Finalmente se evalúa la actividad biológica, dado que en la edafología moderna se considera que el suelo es un elemento vivo y las pasturas serán productivas cuando los microorganismos como micorrizas, bacterias fijadoras de nitrógeno o solubilizadoras de fósforo se desarrollen en la rizosfera y cumplan procesos de mineralización de la materia orgánica (Viera-Arroyo, 2020), y fijación de nitrógeno (Guzmán & Montero, 2021) lo cual se refleja en una mayor productividad de la pastura y en un indicador de la salud del suelo.

Además de las condiciones del suelo en relación a la productividad en este capítulo, se hace énfasis en la identificación de factores como la contaminación con metales pesados (Salazar-Matarrita et al., 2020), agroquímicos (Izurieta et al., 2019), la salinización (Mujica et al., 2019) y la acidificación, en el apartado final del presente capítulo se hace referencia a algunas técnicas de biorremediación y fitorremediación que se puede emplear para minimizar los problemas, de esa manera contribuir al mejoramiento de la calidad del suelo y garantizar la sostenibilidad del agro ecosistema.

3.1. Caracterización de tipos de suelos

La caracterización del suelo se refiere a la descripción de sus atributos, y esta puede ser asumida tanto del punto de vista taxonómico que reflejan la acción de los factores formadores de suelo que son posibles de detectar a través de la identificación de los procesos edafológicos como: la oxidación en suelos oxicos, la argiluvación en alfisoles y ultisoles y procesos de acumulación en molisoles, cuyas características se pueden asociar la potencialidad o limitaciones del suelo para la producción agrícola (Figura 3.1).

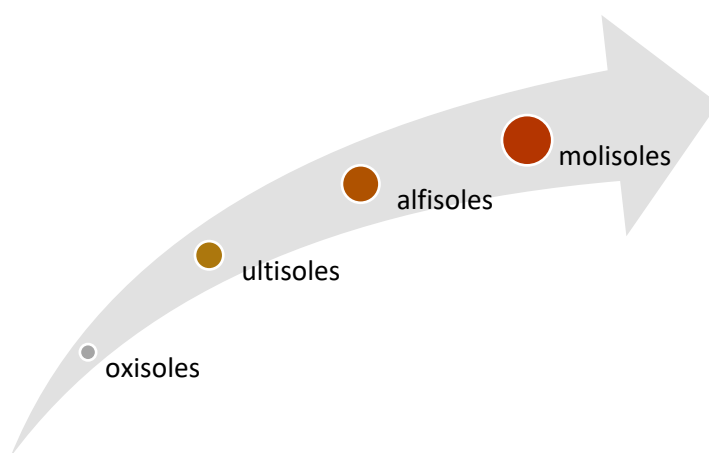


Figura 3.1. Tipos de suelos según su capacidad de potencialidad agrícola.

Otra descripción es mediante la determinación de las características químicas que incluye el contenido de carbono orgánico, pH, conductividad eléctrica, contenido de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, que sirven para determinar el potencial de fertilidad del suelo (Tigrero-Zapata et al., 2022) para identificar la presencia de problemas de acidez (Quito et al., 2022), salinización (Tomita & Proaño, 2023) o acumulación de metales pesados.

También existen atributos físicos del suelos los cual son determinados mediante la toma de muestras no alteradas del suelo (Figura 3.2) y a través del cual se determinan atributos como la densidad aparentes, la estabilidad estructural, la porosidad, la infiltración y; estas permiten determinar la capacidad de infiltración de agua en suelo (Calvo et al., 2020), su movilidad (Yaguache et al., 2022), los riesgos de escurrimiento (Cruz-Arevalo et al., 2021), erosión (Fernández et al., 2023) y lixiviación de agroquímicos (Román et al., 2022), además de problemas físicos como la compactación y la pérdida de la estabilidad estructural del suelo (Volverás-Mambuscay et al., 2020).



Figura 3.2. Caracterización física del perfil del suelo.

<https://www.cetabol.bo/sitio/index.php/suelos/evaluacion-fisica-del-suelo>

Finalmente el suelo se puede caracterizar mediante la descripción de atributos biológicos o la cuantificación de la población microbiana, mediante la determinación de parámetros como la respiración basal, la biomasa microbiana (Pardo-Plaza et al., 2019), la actividad enzimática en el suelo (Nava-Reyna et al., 2021), la cual sirve para determinar la capacidad del suelo para cumplir algunas funciones como: la desmineralización de la materia orgánica (Reyes et al., 2022), la solubilización del fósforo (Román et al., 2022) y la fijación del nitrógeno (Soto-Valenzuela et al., 2021).

3.2. Muestreo de suelo

Para una descripción adecuada del suelo, es necesario que el muestreo sea representativo, ya que estas variables están afectadas por la variabilidad vertical y espacial de suelo, y en este sentido es importante determinar el número de muestras a coleccionar, la época de muestreo y la profundidad del mismo, para lo cual previo a la toma de la muestra, debe hacerse un

estudio de calicata, para determinar los cambios en profundidad y a lo largo del predio agrícola (Figura 3.3).



Figura 3.3. Calicatas para tomas de muestras.

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/01/calicatas-toma-de-muestras-y-descripcion-de-suelos/>

El tipo de muestreo depende de la variabilidad y el mismo puede ser aleatorio cuando existe una homogeneidad dentro del sitio donde se van a coleccionar las muestras, sistemático cuando se conoce la variabilidad y la distancia de la misma (Figura 3.4), dentro del predio, debido a que se realizan estudios previos de variabilidad y el muestreo en transecto cuando los cambios en el suelo ocurren por un gradiente de pendiente, de clima o de relieve (Acevedo et al., 2021).

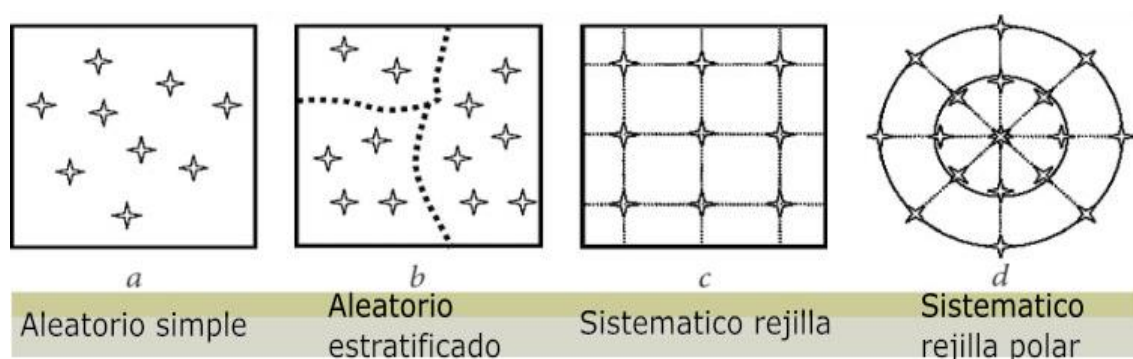


Figura 3.4. Tipos de muestreos.

<https://ingenieriaambiental.net/tipos-de-muestreo-de-suelos/>

En relación a la forma de muestrear existen dos formas básicas en la toma de muestras; alteradas, las cuales se hacen mediante la obtención de muestras compuestas, cuyo número depende del tamaño del predio, las cuales se hacen con fines de fertilidad y análisis biológicos, en este último considerando que las muestras deben estar refrigeradas, no alteradas cuya finalidad es la determinación de las propiedades físicas de los suelos y cuyo objetivo es mantener intacta las condiciones del suelo (Figura 3.5).

Figura 3.5. Esquema de la toma de muestra de suelos.



researchgate.net/figure/Figura-18-Eschema-de-como-se-deben-sacar-las-muestras-de-suelo-con-el-barreno-para_fig9_295009980

3.3. Análisis físico de suelo

El análisis físico se define como la determinación de los parámetros en las muestras no alteradas y su finalidad es determinar la capacidad de infiltración del agua en el suelo, la capacidad de aireación, la retención de humedad, la identificación del riesgo de erosión, escurrimiento y pérdida de agroquímicos por lixiviación. Dentro de las muestras físicas además de los análisis de muestra no alteradas se hace la determinación de textura, al final mediante estas pruebas se puede determinar la pérdida de la estabilidad estructural y la compactación del suelo.

Tabla 1.3. Análisis físico y su relación con los riesgos de degradación de suelos.

Parámetro	Método	Utilidad
Textura	Bouyoucos	Potencial de fertilidad, infiltración, permeabilidad, riesgos de lixiviación
Densidad aparente	Uhland	Riesgos de compactación
Estabilidad estructural	Impacto de gota de lluvia	Riesgos de erosión (
Porosidad	Mesa de tensión	Presencias de capas compactadas
Macroporosidad	Mesa de tensión	Drenaje
Microporosidad	Mesa de tensión	Retención de agua
Permeabilidad	Permeámetro	Riesgos de aguachinamiento

Infiltración	Doble cilindro	Manejo del riego
Lixiviación	Lisímetro	Contaminación de acuíferos
Retención de humedad	Ollas de presión	Disponibilidad de agua
Capacidad de campo	Tensiómetros	Frecuencia de riego
Punto de marchitez	Tensiómetros	Estrés hídrico

3.4. Análisis químico de suelo

El análisis químico de suelo se refiere a la determinación de los parámetros químicos obtenidos de las muestras alteradas y que sirven para determinar el potencial de fertilidad del suelo, los riesgos de salinización, acidificación y la evaluación de la contaminación de suelo por la presencia de agroquímicos y metales pesados.

Tabla 2.3. Análisis físico y su relación con los riesgos de degradación de suelos.

Parámetro	Método	Utilidad
Materia orgánica	Walkley y Black (García et al., 2005)	Potencial de fertilidad
pH	pH metro (Delgado et al., 2007)	Acidez y salinidad
Conductividad eléctrica	Conductímetro (Carranza & Gross, 2002)	Salinidad
Nitrógeno	Kjeldahl (Bremner, 1960)	Contenido de nitrógeno
Fósforo	Olsen (Ektepe, 1976)	Contenido de fósforo
Potasio	Bray (Bray, 1944)	Contenido de potasio
Calcio	Morgan (Tinsley Pizer, 1940)	Encalado
Magnesio	Morgan (Williams et al., 1996)	Contenido de magnesio
Sodio	Morgan (Schuffelen et al., 2061)	Sodicidad, dispersión
Aluminio	Van Raj (Bastardo et al., 2011)	Toxicidad radical
Microelementos	Absorción atómica (Torres-Rodríguez et al., 2020)	Contenido de microelementos
Metales pesados	Absorción atómica (Martínez & Rivero, 2005)	Contaminación

3.5. Análisis biológico de suelo

Se refiere a los parámetros que se obtienen de las muestras alteradas, que posteriormente son incubadas y permiten mediar la actividad biológica del suelo, mediante parámetros como: la respiración basal, biomasa microbiana, actividad enzimática y que sirve para evaluar el potencial del suelo para desmineralizar la materia orgánica, solubilización de fósforo y fijación de nitrógeno.

Tabla 3.3. Análisis físico y su relación con los riesgos de degradación de suelos.

Parámetro	Método	Utilidad
Respiración basal	Alef y Nannipieri (1995).	Actividad biológica
Biomasa Microbiana	Sparling y West (1988)	Actividad biológica
Mineralización MO	Incubación (Matus, 1994)	Liberación de nutrientes
Actividad deshidrogenasa	Camíña et al. (1998);	Actividad biológica
Actividad fosfatasa acida	Camíña et al. (1998);	Disponibilidad de fósforo
Actividad fosfatasa alcalina	Camíña et al. (1998);	Disponibilidad de fósforo
Actividad ureasa	Kandeler y Gerber (1988),	Disponibilidad de nitrógeno
Actividad glucosidasa	Eivazi y Tabatabai (1988),	Ciclaje de carbono
Fijación de nitrógeno	Elbeltagy et al. (2001)	Disponibilidad de nitrógeno
Solubilización de fósforo	Nautiyal (1999)	Disponibilidad de fosforo

3.6. Indicadores de calidad de suelo

Los indicadores deberían permitir analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; analizar los posibles impactos antes de una intervención; monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

3.6.1. Indicadores Físicos

Son aquellos que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad (Castillo-Valdez et al., 2021).

3.6.2. Los indicadores químicos

Los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos. Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, pH, conductividad eléctrica, capacidad de absorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y contenido de micronutrientes (Tarazona et al., 2021).

3.6.3. Los indicadores biológicos

Los indicadores biológicos propuestos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como: la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración, tasas de descomposición de los residuos vegetales, nitrógeno, carbono y fósforo (de Oliveira et al., 2021).

3.7. Principales problemas de degradación de suelos y producción de praderas

3.7.1. Acidez

Aunque todos los suelos con pH por debajo de 6,5 son considerados ácidos, existe un rango de acidez considerado “normal” para los suelos tropicales. Por debajo de este nivel, los suelos se consideran como de mediana a alta toxicidad. Estos últimos, generalmente se presentan en suelos degradados por la agricultura intensiva, altamente dependiente de insumos, sobre todo de fertilizantes con efecto residual ácido y cuyas principales consecuencias se presentan en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Consecuencias de la acidez sobre el contenido de macronutrientes en el suelo.

Nitrógeno	Deficiencia leve: Reducción del crecimiento, clorosis de las hojas viejas; deficiencia severa: clorosis generalizada, acompañada de enrojecimiento y necrosis de los bordes de las hojas (Argenta et al., 2002).
Fósforo	Reducción del crecimiento, en leguminosas se observa un color verde intenso anormal y consistencia acartonada, en los pastos, las hojas

	viejas adquieren una coloración púrpura que se extiende, según la severidad de la deficiencia, a las hojas jóvenes (Silva et al., 2017).
Potasio	Clorosis en el ápice de las hojas viejas, necrosis de las hojas y defoliación (Coronel, 2003).

3.7.2. **Salinidad**

La salinidad de los suelos limita la productividad de las plantas cultivadas para la alimentación humana y animal. La elevada concentración de sales de estos suelos se debe a procesos naturales y antropogénicos; naturales como intrusiones marinas (Narváez et al., 2014), deposición de la sal a tierras cercanas por acción del viento (Chong et al., 2020), un deficiente drenaje natural de los suelos, una capa freática somera; antropogénicos como la deforestación, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo (Quiñones et al., 2022), riego con agua de elevada concentración salina (Betancourt et al., 2019) y mal uso de fertilizantes químicos (Jaime al., 2019). Los suelos salinos presentan CE > 4 dS m⁻¹, pH de 7.3 a 8.5 y menos de 15% de sodio intercambiable que limitan el crecimiento y desarrollo de los cultivos incluyendo especies forrajera.

Tabla 5.3. Efecto de la salinidad sobre productividad de pasturas.

Especie	Reducción 10 %	Reducción 25 %	Tolerancia
Leguminosas			
Alfalfa	2.0	5.0	8.0
Trébol	3.0	5.0	8.0
Gramíneas			
Pasto ovillo	1.5	5.0	6.0
Raigrás	3.5	5.0	7.0
Festuca	3.5	7.5	9.0
Falaris	4.0	7.5	9.0

3.8. Compactación

El pastoreo intensivo cambia la condición física del suelo y reduce la tasa de infiltración, ligado íntimamente al grado de compactación existente en el suelo, que también tiene efecto sobre el crecimiento de las plantas e incrementa la probabilidad de erosión.

En suelos de textura arcillosa, es de esperar que se presente una alta y rápida compactación de la superficie (Álvarez et al., 2020), por efecto del pisoteo continuo del ganado en pastoreo y/o por la compactación producida por los pesados equipos de cosecha, en pasturas bajo corte y/o en cosechas mecanizadas de semillas. Esto hace que, a través de los años, aún sobre suelos oxisoles, y con mayor celeridad en suelos ultisoles, se presente, de manera inevitable, la compactación en los primeros 10 a 20 centímetros de la superficie del suelo, mientras que, en suelos de textura franco-arenosa, arenosa, limosa y en suelos pedregosos

o con alto contenido de materia orgánica, normalmente la compactación del suelo es menos severa, más lenta o simplemente no se presenta (Figura 3.6).



Figura 3.6.

Problemas de compactación en suelos según su textura.

3.9. Pendiente

La compactación causa la reducción de la cobertura del suelo por parte de las plantas y con ello promueve la erosión laminar hídrica, eólica y por el salpicado de las gotas de lluvia sobre el suelo descubierto de las praderas, aún en topografías con pendientes muy bajas. En pendientes mayores al 5% se presenta la erosión con formación de surcos o cárcavas y en pendientes fuertes, no recomendables para el establecimiento de pasturas para pastoreo (Jaya-Santillán, 2023).

3.10. pH

Los suelos con un pH menor a 4,5 tiene un alto riesgo de toxicidad, ya que todas las formas solubles del aluminio y manganeso. A su vez, los procesos de transformación de amoníaco a nitrato se hacen muy lentos, lo que puede causar deficiencias de nitrógeno, mientras, que en suelos con pH 5,5 a 4,5 solo actúan algunas formas solubles del aluminio (Figura 3.7), aunque también se presentan las formas solubles del manganeso y las deficiencias en nitrógeno, fósforo y molibdeno, sus efectos suelen manifestarse con menor intensidad (Mendoza et al., 2021).

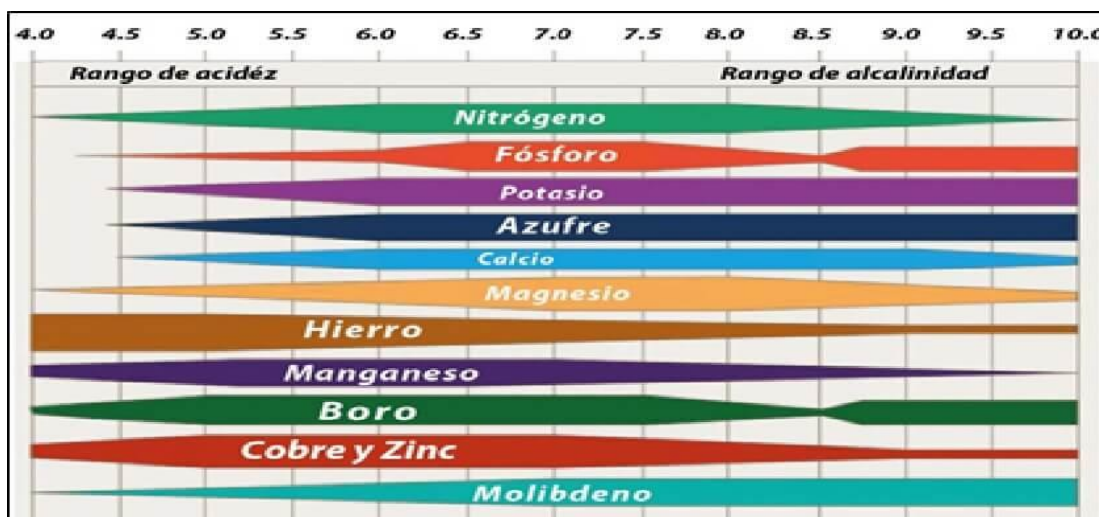


Figura 3.7. Disponibilidad de los nutrientes en diferentes rangos de pH.

https://www.researchgate.net/profile/Dilier_Viciedo/publication/323823646/figure/fig7/AS:606573634256914@1521629832926/Figura-15-Disponibilidad-de-nutrientes-segun-el-pH-del-suelo-Castellanos-2000.png

3.11. Al y Fe

El aluminio es abundante en los suelos ácidos y su presencia puede generar toxicidad y producir limitaciones en la producción agrícola y ganadera dado que afecta el desarrollo de las raíces; reduce la capacidad de profundización de las raíces (Figura 3.8), incrementa la susceptibilidad de las plantas a la sequía, disminuye el uso de nutrientes del subsuelo, inhiben la elongación radical, disminuye el crecimiento de la planta, aumenta la sensibilidad a los cambios ambientales y limita la nutrición y productividad de las pasturas (Pérez et al., 2023).



Figura 3.8. Efecto del aluminio y el hierro en la elongación de las raíces.

<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-aluminio-y-el-desarrollo-radical-de-los-cultivos>

En el caso de altos niveles de Fe ingeridos con el suplemento mineral (Fe y MoFe), en la forma de sulfato ferroso, de alta disponibilidad, provoca aumentos del Fe a nivel sérico, lo cual es importante a considerar en la fisiología animal, dado que esto reduce el contenido de Cu, el cual es un elemento importante para una gran cantidad de procesos fisiológicos dentro de los que destacan el crecimiento y la reproducción.

3.12. Pasturas y sus efectos sobre la calidad física de suelo

El mejoramiento de las condiciones físicas de suelo, debido a la aplicación de los acondicionadores y el desarrollo radical de pastos, mejora la circulación de agua a través del perfil del suelo, lo cual permite el lavado de las sales, disminuyendo la concentración en los horizontes superficiales, permitiendo un óptimo desarrollo de las plantas.

El tiempo de descanso seguido de la rotación con pasto o soya mejora sustancialmente la agregación del suelo y contribuye a la disminución de la conductividad eléctrica y el sodio intercambiable del suelo, sin embargo, el tiempo de rotación no es suficiente para mejorar la conductividad hidráulica del suelo, por lo que se debe aplicar prácticas complementarias de mejoramiento del drenaje que propicien la circulación de agua en el suelo y faciliten el lavado de sales.

3.13. Pasturas y el ciclaje de nutrientes

La principal fuente de fertilidad natural para las pasturas en pastoreo es la materia orgánica. Que, en mayor o menor cantidad, pero de manera constante, se incorpora al suelo con las excretas que disemina el ganado, con el reciclaje de los tallos, hojas, flores, frutos y raíces de los pastos y forrajes que conforman las pasturas, además de la contribución de los macroinvertebrados y de la flora microbiana que cumplen su ciclo sobre el suelo o a poca profundidad.

Los arbustos y árboles establecidos en sistemas silvopastoriles, con la fijación de nitrógeno atmosférico aportado por las especies leguminosas, la inmovilización de carbono en los tallos y raíces, el incremento de la materia orgánica del suelo y la mayor digestibilidad de forraje consumido por los rumiantes, no solo contribuyen a la reducción en la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI), sino que eliminan la necesidad de la fertilización futura de dichas pasturas (Contreras-Santos et al., 2021).

3.14. Alternativas de fertilización

3.14.1. Inorgánica

Mediante el uso de abonos químicos, como: Urea, Nitrato, Sulfato o Fosfato de Amonio, cuyo aprovechamiento por las plantas es limitado, ya que el nitrógeno es fácilmente volatilizado a la atmósfera en forma de amoníaco o bien se lava hacia capas profundas del suelo, contaminando las fuentes de agua subterránea (Grijalva et al., 2020).

En el caso del fósforo, que es el segundo insumo más escaso en el mundo, después del petróleo, este se puede aplicar en los suelos ácidos (pH menor de 5,5) en base a Rocas fosfóricas (Lima et al., 2020), en cuyo caso la acidez del suelo lo irá solubilizando lentamente, para que sea absorbido por las raíces de las plantas, antes de que sea fijado por las arcillas del suelo en las formas insolubles de Fosfatos de Hierro y de Aluminio.

3.14.2. Orgánica

La materia orgánica es un conjunto complejo de sustancias constituidas por restos vegetales y animales que están sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis (sufren primero transformaciones físicas, químicas y biológicas), por lo tanto, la materia orgánica no puede considerarse estable, ni cualitativa ni cuantitativa, tanto a corto como a largo plazo.

Entre ellos podemos encontrar estiércol, que puede ser de vaca, oveja, cabra, aves, etc. los mejores son los de oveja y los de aves. El estiércol no es la mejor fuente de nutrimentos y tiene poco fósforo, aunque es rico en micronutrientes (López-Coronado et al., 2021). Para un buen efecto, se necesitan grandes cantidades y pocas veces se usa en áreas grandes.

Adicionalmente, los suelos pobres en materia orgánica, antes de la siembra de potreros pueden mejorarse utilizando abonos verdes, para lo cual se cultivan leguminosas como vicia, lenteja, etc., solas o en mezcla con gramíneas; estos cultivos se entierran cuando termina su desarrollo vegetativo. Las leguminosas, a más de materia orgánica aportan nitrógeno al suelo (Sosa-Rodríguez et al., 2019).

Entre las ventajas producto de la fertilización orgánica se tienen las propiedades físicas, químicas y biológicas, entre las ventajas de las propiedades física se tiene que: amortigua las variaciones de temperatura, cohesiona los terrenos sueltos y da soltura a los pesados, disminuye la erosión causada por la lluvia y por el viento, favorece la aireación, facilita el drenaje, reduce la erosión, aumenta la capacidad de retención de agua, reduce la evaporación, y en suelos arcillosos reduce el riesgo de formación de costra (Barrantes et al., 2019).

Sobre las propiedades químicas: aumenta la capacidad tampón, regula el pH, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, forma fosfhumatos y quelatos, mejora la nutrición mineral de los cultivos y mantiene las reservas de nitrógeno (Peñaloza et al., 2019).

Sobre las propiedades biológicas: regula la actividad microbiana, favorece la germinación de semillas, respiración radicular, estado sanitario de las raíces y demás órganos subterráneos, aporta reguladores de crecimiento vegetal y activa la rizogénesis (Díaz-Franco et al., 2021).

3.15. Fertiirrigación

El suministro de los fertilizantes en el cultivo por medio del sistema de riego en el cual se debe considerar las variables meteorológicas, características del agua, tipo de riego, fases del cultivo y objetivo de la producción. Para que la asimilación de los nutrientes por el cultivo sea de manera efectiva, se debe considerar la eficiencia en función al tipo de riego el cual permite la uniformidad de su distribución: riego por gravedad o superficial 80%, riego por aspersión 90%, riego por micro aspersión o por goteo 95% (da Costa, 2020).

El fertirriego ha demostrado ser una estrategia eficiente y económica que aumenta la producción e intensifica la ganadería en la época de sequía. La producción del pasto se prolonga durante las secas, por lo que se venden animales más jóvenes, se disminuyen costos de producción y se logra competir en el mercado con calidad y precio, cuyos beneficios se observan en la figura 3.9.



Figura 3.9. Efecto del fertirriego sobre un terreno.

3.16 Encalado

Una de las prácticas más frecuentes en la producción de forrajes es el encalado, práctica utilizada para mejorar las condiciones de pH del suelo (Ramírez et al., 2021). El encalado incrementa los contenidos de Ca y P del forraje, sin embargo, la sobredosis de cal agrícola puede reducir la concentración de Mg en el forraje, el encalado corrige la acidez del suelo y del subsuelo; pudiéndose usar CaCO_3 o yeso, este último en suelos con alto contenido de

hierro y aluminio forma complejos que son lixiviados por las lluvias; también reacciona con los hidróxidos de hierro para liberar los iones hidroxilo que aumenta el pH del suelo.

3.17. Manejo de suelos salinos

En la práctica, regularmente los métodos de mayor uso son los químicos, como la aplicación de yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); sin embargo, estos métodos aplicados en amplias extensiones resultan costosos, tanto por las cantidades de material que se utilizan, como por la aplicación de los mismos, ya que en algunos casos se requiere de equipo especializado, por lo que se requieren de otras técnicas como el lavado de sales y la fitorremediación.

3.17.1. Lavado de sales

Una tecnología para remover las sales del suelo es el lavado con agua de buena calidad (Sánchez-Bernal et al., 2020). La cantidad de lavado requerido se relaciona con la concentración inicial de salinidad del suelo, la concentración final deseada, y la profundidad del suelo a rehabilitar. La práctica del lavado disminuye los valores de conductividad eléctrica del extracto acuoso, sin embargo, es limitante en zonas áridas y con escasez de agua en cantidad y calidad (Figura 3.10).

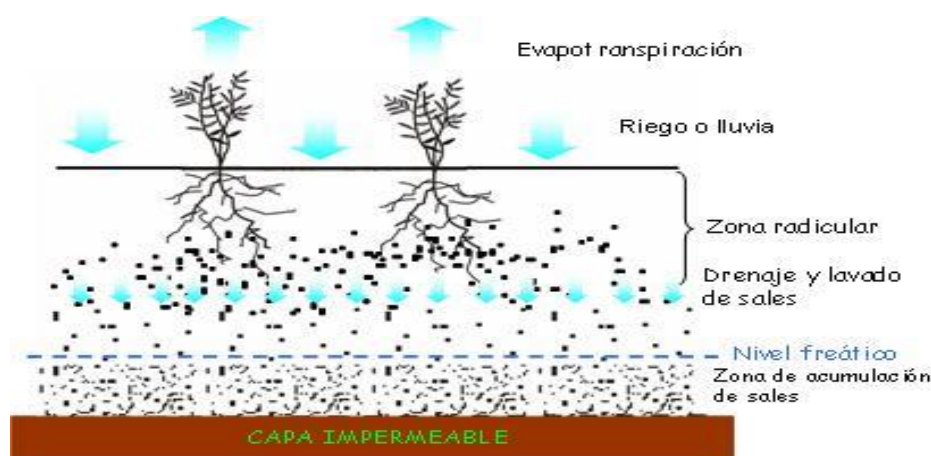


Figura 3.10. Movimiento de las sales en el perfil del suelo.
<http://www.agrosal.ivia.es/faq.html>

3.17.2. Fitorremediación

La fitodesalinización de suelos es un método dentro de la fitoextracción en el cual se usan plantas para retirar sales de los suelos, como ya se mencionó con anterioridad se utilizan plantas con una producción de biomasa alta y con la capacidad de acumularlas o extraerlas, para este fin se utilizan principalmente las halófitas o plantas tolerantes a la salinidad (Egea et al., 2023).

Las halófitas poseen un gran número de mecanismos de adaptación morfológicos, fisiológicos y bioquímicos, dado que acumulan iones tóxicos en sus vacuolas, acumulan solutos compatibles en su citoplasma, activan genes que les confiere resistencia a la sal, tienen alta producción de biomasa, acumulan solutos en las partes cosechables, lo que las coloca como idóneas para la extracción de contaminantes (Boscaiu et al., 2013).

Para la desalinización de suelos una de las alternativas es la fitodesalinización, y las halófitas son las especies más prometedoras para llevar a cabo este método debido a que son plantas que prosperan en condiciones salinas lo que las convierte en una opción para la remediación de los suelos afectados por salinidad (Karakas et al., 2017), por ejemplo *Suaeda maritima*, *Suaeda portulacastrum*, *Suaeda fruticosa*, *Suaeda salsa*, *Suaeda calceoliformis*, *Kalidium folium*, *Sesuvium portulacastrum*, *Arthrocnemum indicum*, *Atriplex nummularia* y *Atriplex prostrata*

3.18. Pasturas y erosión del suelo

El sobrepastoreo se refiere a un exceso de la utilización del forraje vegetal de una determinada zona o lugar, ocasionada por una sobrecarga del sistema, ya sea por un exceso de animales o por la concentración del ganado en un solo sitio. Conlleva a que no se permita la regeneración de las especies de plantas óptimas para nutrir al ganado, ya que son reemplazadas por ejemplares de escaso valor, este aumenta los riesgos de compactación y con ello la susceptibilidad a la erosión, este se causa debido a:

Mayor número de animales: un incremento en el número del ganado que pastan en una determinada zona, necesitando una mayor demanda de pastos para alimentarse y se produce una menor capacidad de regeneración de los mismos, lo que ocasiona el sobrepastoreo.

Menor rotación o movilidad de los animales ganaderos: la inmovilización o permanencia del ganado en una misma zona o región acarrea el sobrepastoreo, ya que son explotados los mismos recursos una y otra vez. La estancia del ganado en un mismo lugar por un tiempo más prolongado hace que los recursos vegetales no se puedan sustituir a un ritmo natural y también ocasiona cambios en la estructura del suelo.

El sobrepastoreo trae como consecuencias, cambios en las características estructurales del suelo, uno de los efectos que ejerce es su compactación, la cual puede establecerse incluso hasta los 10 centímetros superficiales, el suelo se compacta por la acción del pisoteo de los herbívoros sobre la tierra. Disminuye la capacidad del suelo de infiltrar y retener agua, al

reducir las áreas foliares de las plantas y que ocurra un menor enraizamiento que ocupa las partes superficiales sin penetrar profundamente, además de que un suelo compactado posee menor capacidad de retención de agua, es más fácilmente degradado y erosionado (De la Orden et al., 2006).

3.19. Pasturas y eliminación de contaminantes peligrosas

Dentro de las técnicas para la descontaminación de suelos, la fitorremediación resulta atractiva por su bajo costo, por mejorar las condiciones del suelo, por ser estéticamente agradable y ambientalmente amigable. La fitorremediación se fundamenta en el uso de plantas y su microbiota asociada para remover, retener o reducir los contaminantes presentes en el ambiente y puede operar mediante diversos mecanismos que involucran distintas partes de las plantas (Marrero-Coto et al., 2012).



Figura 3.11. Especie usada en la fitorremediación.

<http://abc.finkeros.com/el-maravilloso-vetiver/>

Una de las tecnologías empleadas para la recuperación de suelos contaminados es la fitorremediación, la cual ofrece gran potencial para la remoción de una diversidad de compuestos contaminantes inorgánicos y orgánicos (Mendarte-Alquisira et al., 2021), que es de gran aceptación por la población inmersa en problemas de remediación de suelos por su eficiencia, rentabilidad y fácil aplicación, las plantas forrajeras han demostrado una gran cualidad, que es la de absorber sustancias del suelo y entre ellas las sustancias nocivas, las que sintetizan las sustancias y pudieron ser aprovechadas no solo para descontaminar.

CONCLUSIONES

Un suelo de alta calidad garantiza la productividad de las pasturas, para que esto sea posible es necesario que el mismo posea las condiciones físicas, químicas y biológicas ideales, para garantizar el suministro de nutrientes, la entrada y movilidad del agua y el mantenimiento de la biota y se cumplan los procesos biológicos necesarios en el suelo para la mineralización de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la solubilización del fósforo.

El manejo agronómico que se le ha dado al suelo, ha llevado a un proceso de degradación del mismo el cual se ha expresado en problemas como compactación, acidificación, salinización erosión, los cuales además de tener repercusiones ambientales al disminuir la calidad del suelo, causan una severa disminución de la productividad de las pasturas, dado que la mayoría de las especies de pastos no son capaces de adaptarse a condiciones extremas de suelo

Para mitigar la degradación de los suelos y sus posibles consecuencias ambientales, especialmente se deben considerar prácticas agronómicas como el encalado para el manejo de los suelos ácidos y la fitorremediación en el caso de los suelos salinos, así mismos se ha determinado que algunas especies de pastos son claves en procesos de recuperación de suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos, lo que le confiere un valor agregado a los mismos, además de su potencial productivo en los sistema de producción animal.

CAPÍTULO 4:

MANEJO AGRONÓMICO DE LAS PRADERAS

RESUMEN

La productividad de una pradera no solo depende de las condiciones naturales de la misma, sino que existen limitaciones que pueden superar con el adecuado manejo agronómico, como la escasez de nutrientes en el suelo, la presencia de plagas y enfermedades, la presencia de malezas, y el suministro de agua para el crecimiento del pastizal, en ese sentido en este capítulo se aborda el manejo agronómico de la pastura, desde el momento del establecimiento, hasta las prácticas de mantenimiento hasta la cosecha como preparación del terreno, fertilización, riego, control de malezas, control de plagas y enfermedades, considerando siempre un manejo bajo un esquema sostenible de tal manera de causar el menor impacto posible sobre el agroecosistema.

Palabras clave: fertilización, manejo, productividad, riego, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

El manejo agronómico de las pasturas se refiere a todas las prácticas agronómicas que se llevan cabo de tal manera de crear las mejores condiciones para alcanzar la máxima productividad del pastizal, esta comienza desde la selección y el establecimiento de la pastura, considerando las características y potencial productivo de la especie, así como las características, edáficas y climáticas de la zona donde se establece el pastizal para conocer las limitaciones y potencialidades del mismo (López & Villalobos, 2022).

Seguidamente se analiza las condiciones del suelo y las medidas que se debe establecer en relación a la preparación física y química del mismo (Rodríguez et al., 2020), previo al establecimiento del pastizal, para crear las condiciones idóneas para el establecimiento de la pastura, así como las prácticas referidas al suministro de los nutrientes requeridos por el pasto para su desarrollo, lo cual incluye la evaluación tanto de las técnicas de fertilización convencionales (Ramírez et al., 2015), como las alternativas orgánicas, que permitan la reducción de costos y un menor impacto ambiental.

Un elemento clave a considerar dentro del manejo agronómico de las pasturas es el riego, dado que en muchas oportunidades el exceso o déficit de agua, limita la producción, y en ese sentido es necesario conocer la cantidad y calidad del agua, previo a su aplicación, así como técnicas de riego más idóneas que permitan maximizar el uso del agua, que incluye el riego por aspersión, microaspersión e incluso goteo, así como la posibilidad de usar fuentes alternativas de agua como la vinaza y el uso de aguas residuales (González-Fragozo et al., 2020).

Además de la fertilización y el riego para una producción óptima del pasto, es necesario un óptimo control de malezas, plagas y enfermedades, dado que la presencia de las mismas causa una severa disminución de la producción, sin embargo esta práctica debe hacerse bajo criterios de sustentabilidad, seleccionando la dosis óptimas y los métodos de control de plagas y enfermedades que causen una mínima perturbación al agroecosistema, lo cual va desde el uso de controladores biológicos, hasta la aplicación de agroquímicos con sistemas de alta precisión como drones (Hoyos et al., 2019).

Finalmente el manejo agronómico incluye la cosecha del pastizal, el cual es clave para seleccionar un producto que reúna las características bromatológicas requeridas por la especie animal, para lo cual es necesario conocer el sistema de pastoreo o corte, seleccionar adecuadamente la altura de corte, la frecuencia de corte (López et al., 2005) y el tiempo de rotación en los potreros, de tal manera de no causar problemas como la compactación del suelo, así mismo durante la cosecha es necesario considerar las condiciones climáticas de la

zona, lo cual mediante un análisis de la producción anual, puede llevar a considerar la realización de técnicas de almacenamiento como el ensilaje y la henificación (Hernández et al., 2019).

4.1 Selección y establecimiento de praderas

El establecimiento de pastos hace referencia al período de tiempo que transcurre entre la preparación del suelo y siembra de la semilla hasta el primer uso que se hace del potrero o pradera, sea corte o pastoreo. La selección de la especie a sembrar conlleva evaluar cuáles son las que mejor se adaptan a las condiciones agroecológicas, objetivos a cumplir y la disponibilidad de semilla de calidad y forraje de calidad.

La selección y establecimiento de pasturas implica llevar a cabo una planificación que permita identificar claramente los objetivos que se esperan lograr, conocer la disponibilidad de recursos de toda índole, las características del área (Nasca et al., 2020), para finalmente escoger las especies forrajeras en función de los factores antes mencionados.

La determinación de los objetivos a alcanzarse con el establecimiento de la pastura refiere a si éstos están orientados a un incremento de la productividad, recuperación de suelos que se encuentran degradados, evaluar una nueva variedad, obtener ganancias de peso animal en explotaciones agropecuarias (Ordoñez-Flores et al., 2019), entre otros. El inventario de recursos (mano de obra, equipos, infraestructura, superficie de trabajo) permite identificar la disponibilidad y las carencias que se tienen al momento de cumplir con los objetivos propuestos.

El éxito de un establecimiento de pastos depende en gran medida del factor ecosistémico, es decir, se debe tener conocimiento de las características del ambiente, en el cual se pretende realizar el establecimiento, lo cual determinará en gran medida la especie o especies seleccionadas.

Las condiciones edáficas y climáticas suelen definir la selección del área de siembra, considerando además el uso que se dará a la pastura, tamaño y topografía, calidad del suelo (Ramírez-Iglesias et al., 2017), vegetación original, a lo que debe agregar los aspectos relacionados con el cumplimiento de metas trazadas e infraestructura disponible. Esta condición definirá el manejo a realizar en cuanto a preparación del suelo, época de dicha preparación y siembra.

El análisis físico-químico de suelos suele ser el punto de referencia para la toma de decisiones en cuanto al manejo que debe hacerse de este recurso y las necesidades que tiene de

aplicación de enmiendas o fertilización que garanticen el establecimiento adecuado de los pastos.

La selección de especies de pastos a sembrar requiere conocer cuáles se adaptan a las condiciones agroecológicas, edáficas y climáticas del área, así como la disponibilidad de semilla y la calidad de la misma (Mendoza et al., 2023), selección del método de siembra más adecuado, uso potencial de las especies (corte, pastoreo, heno, etc.).

En términos generales, bajo condiciones de clima cálido suele considerarse el régimen de humedad del suelo, acidez y fertilidad del mismo, como factores resaltantes para la selección de especies de pastos tolerantes. En condiciones de trópico húmedo, por la alta posibilidad de invasión de malezas, se deben seleccionar especies de pastos vigorosos en su crecimiento para favorecer la competencia. Otro factor a tomar en cuenta es la carga animal y sus requerimientos nutricionales, los cuales condicionan la selección de un pasto de mejor calidad.

4.2 Alternativas de reproducción y factores a considerar

Las alternativas de reproducción de pastos refieren a los métodos que se pueden emplear para estos fines, teniendo las opciones de reproducción (propagación) sexual y asexual. La elección de una u otra alternativa varía en función de las especies a sembrar, ya que se debe tomar en cuenta la fertilidad de la semilla, parámetro que varía entre las distintas especies de pastos y forrajes.

4.2.1 Métodos de reproducción

Los métodos de reproducción de pastos y forrajes, que permiten su establecimiento, productividad y persistencia, son: sexual, a partir de semillas botánicas entendidas como el saco embrionario fecundado y maduro (sexual), y asexual, a partir de material vegetativo que permite la propagación de la planta u especie (Noda-Leyva et al., 2020). Una de las técnicas de reproducción asexual es el uso de esquejes, rizomas e incluso estacas en el caso de forrajes destinados como banco de proteínas.

4.2.2 Sexual

La semilla, como método reproductivo, es propia de las especies superiores, lo que les confiere una mayor capacidad de sobrevivencia siendo necesario la formación de gametos a través de la meiosis. Existe coincidencia en que la reproducción sexual presenta como ventajas su facilidad de propagación (Martínez et al., 2019), y son fuente de variabilidad genética que origina genotipos nuevos, contribuyendo a la regeneración de ambientes

perturbados, adicional a que en el caso de los pastos ocupa poco espacio y volumen, son de fácil transporte y almacenamiento.



Figura 1.4. Semillas sexuales de pasto.

<https://www.istockphoto.com/es/foto/semillas-de-pasto-gm1134040858-301203878>

Su empleo conlleva la necesidad de realizar una buena selección a fin de evitar la variabilidad descontrolada que puede derivar en pérdida de genotipos superiores (Domínguez-García et al., 2019). Además, hay que considerar la dormancia que pueden presentarse en algunos casos, siendo necesarias prácticas que minimicen su efecto germinativo, y que el crecimiento inicial es más lento que con la propagación asexual.

4.2.3 Asexual

La reproducción asexual es un método de propagación en el cual se utiliza material vegetativo (partes de la planta como tallos, estolones, estacas, cepas) con presencia de yemas para dar origen a plantas con características similares a la de su progenitora (Perdomo et al., 2022), siendo empleado en el caso de pastos tropicales como king grass, mar alfalfa, pasto elefante, entre otros, por las limitaciones que suelen presentar éstos en cuanto al nivel germinativo de sus semillas.



Figura 2.4. Semilla asexual de pasto.

<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema22/multiplicacion-vegetativa.htm>

La implementación de este método de reproducción involucra el uso de material sano, vigoroso, idealmente maduro y con presencia de yemas viables que garanticen su crecimiento. La siembra mediante este método debe llevarse a cabo en el menor tiempo posible desde la “cosecha” del material.

En comparación con la reproducción sexual presenta la ventaja de un crecimiento y desarrollo rápido, presentando por tanto una ventaja competitiva con las malezas. El método es empleado para la propagación de plantas perennes y para la reproducción de especies en ambientes poco favorables.

4.2.4 Calidad de la semilla

El parámetro fundamental que permite estimar la cantidad de semilla sembrada está condicionado por diversos factores, como la proporción de semillas capaces de germinar y la presencia de otros cultivos o material inerte. Es crucial garantizar que el material a sembrar esté libre de plagas y enfermedades. Además, se deben considerar aspectos como la longevidad de almacenamiento, la tasa de germinación, el vigor, la dormancia, el origen y el tamaño de las semillas. Estos elementos desempeñan un papel clave para asegurar un proceso de siembra exitoso y la obtención de cosechas saludables y productivas (Choque-Marca et al., 2020).

Lo anterior implica el uso de semilla certificada con el propósito de garantizar la pureza y calidad de la misma (genética, fisiológica y fitosanitaria), ya que en gran medida la calidad de la semilla determinará el éxito del establecimiento del pastizal (Ramírez-Segura et al., 2022), y si bien el uso de semilla certificada acarrea un costo adicional, es una inversión que minimiza

riesgos durante la etapa de establecimiento y permite garantizar índices productivos deseados.

4.2.5 Pruebas de germinación

La calidad de la semilla es un factor para establecer pasturas, y las pruebas de germinación son una técnica cada vez más empleada que permite determinar la calidad fisiológica y viabilidad de un lote de semillas (Ramírez-Segura et al., 2022).

Estas pruebas determinan el potencial estimado de las semillas para originar nuevas plantas, mostrando la capacidad de generar plántulas (en términos porcentuales) en condiciones controladas óptimas, informando sobre la germinación, emergencia y desarrollo de estructuras esenciales (Carbó et al., 2023).



Figura 3.4. Metodología para las pruebas de germinación.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/>

4.3 Manejo de la fertilización de las praderas

El manejo de la fertilización de las praderas no implica exclusivamente una mejora de la fertilidad del suelo y su efecto en la producción de forraje, sino que por las características y usos que se les suele dar, representa un traspaso de nutrientes a los animales.

El análisis de suelos debe originar cualquier plan de manejo de fertilización de praderas, como diagnóstico de su condición y su capacidad para suministrar los elementos esenciales, y formular un plan de fertilización bien sea de corrección, producción o mantenimiento., según los requerimientos nutricionales como se puede observar en la tabla 1.4, variarán entre un máximo y un mínimo dependiendo del pH del suelo y la textura del mismo.

Tabla 1.4. Requerimientos nutricionales de algunas especies forrajeras tropicales.

Especie	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
Requerimientos nutricionales en Kg/ha			
<i>Andropogun</i> sp	90	Min 45. Max 65	Min 35 máx. 55
<i>Cynodon</i>	80	Min 55. Max 75	Min 40 máx. 60
Tanner	85	Min 55. Max 75	Min 40 máx. 60
<i>Panicum</i>	Min 100 máx. 200	Min 50 máx. 100	Min 80 máx. 150
Kikuyo	Min 100 máx. 150	Min 50 máx. 100	Min 50 máx. 100
<i>Pennisetum</i>	Min 50 máx. 100	Min 100 máx. 150	Min 50 máx. 150
Soja	Min 20 máx. 120	Min 40 máx. 140	Min 20 máx. 80
Maíz forrajero	Min 140 máx. 180	Min 18 máx. 45	Min 20 máx. 60
Sorgo	Min 100 máx. 120	Min 25 máx. 85	Min 25 máx. 85

Fuente: INIA, Venezuela (2008)

El manejo de fertilización en praderas significa el trazar estrategias y soluciones para que el nivel de nutrientes disponibles en el suelo garantice el crecimiento óptimo de los cultivos y de la pradera en su conjunto. Los fertilizantes son fuente de nutrientes para las pasturas, particularmente en suelos degradados que pueden limitar el crecimiento y desarrollo de las especies forrajeras y su aplicación se debe hacer como el ejemplo que describe a continuación:

Primero considerando densidad aparente calcule el peso de la hectárea que va a fertilizar

Textura: franco arenoso

Da: 1,4

Profundidad: 0,20 m

Volumen suelo: 0,20 m x 10.000 m² = 2.000 m³

Peso suelo: 1,40 x 2.000= 2.800 Tn o 2.800.000 kg

Factor suelo: 2.800.000/1.000.000 = 2,8

Calcule el contenido de N, P y K del suelo considerando los valores de suelo, por ejemplo

N: 0,58 % K: 0,58 cmol/kg y P 12 mg/kg

Nitrógeno total: 0,58% Nitrógeno asimilable: $0,58 \times 1,4/100 = 0,00812 \times 2.800.000/100 = 227,36$ kg/ha de N

Fósforo asimilable: $12 \times 2.800.000/1.000.000 = 33,6 \times 142/62 = 76,955$ kg/ha de P₂O₅

Potasio: $0,58 \times 0,039 \times 10.000 = 226,2$ kg/ha de K

Potasio asimilable: $94/78 \times 2,8 \times 226,2 = 763,28$ kg/ha de K₂O

Partiendo de que va a sembrar un pastor King Grass (Penisetum) en suelo arenoso con gran lixiviación usted requeriría y baja CIC requiere 100 kg de N, 150 kg de P₂O₅ y 150 de K₂O, considerando lo que ya tiene en el suelo no debe aplicar nitrógeno, ni potasio sino 74 Kg de P₂O₅.

4.3.1. Composición química del suelo

La composición química del suelo contempla la reacción de este como referencia al grado de acidez o alcalinidad y los elementos químicos presentes (Parrales et al., 2020), que guardan relación con las propiedades químicas que presenta, y que condicionan su uso agronómico. El análisis químico del suelo es requisito para proceder a la gestión de su fertilización, (Parrales et al., 2020) facilitando la toma de decisiones en cuanto a las enmiendas o correcciones que deben llevarse a cabo. Las propiedades químicas como pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K extractable guardan relación con la calidad y disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas.

El potencial de hidrógeno o pH es el indicador principal de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, con incidencia en la solubilidad, movilidad de éstos, teniendo además efecto la actividad de los organismos del suelo, la cual puede resultar inhibida en el caso de los suelos muy ácidos (Ávalos de la Cruz et al., 2018).

La localización geográfica y climatología tienen incidencia en la composición química de los suelos. En el caso de los suelos de zonas tropicales, éstos suelen ser ácidos, presentar deficiencias de nitrógeno y fósforo y otros macroelementos como potasio, calcio y magnesio y presentan problemas de fijación de nitrógeno viéndose reducida la desmineralización de

residuos vegetales. Adicionalmente, pueden presentar niveles tóxicos causados por la solubilización del aluminio (Soto et al., 2019).

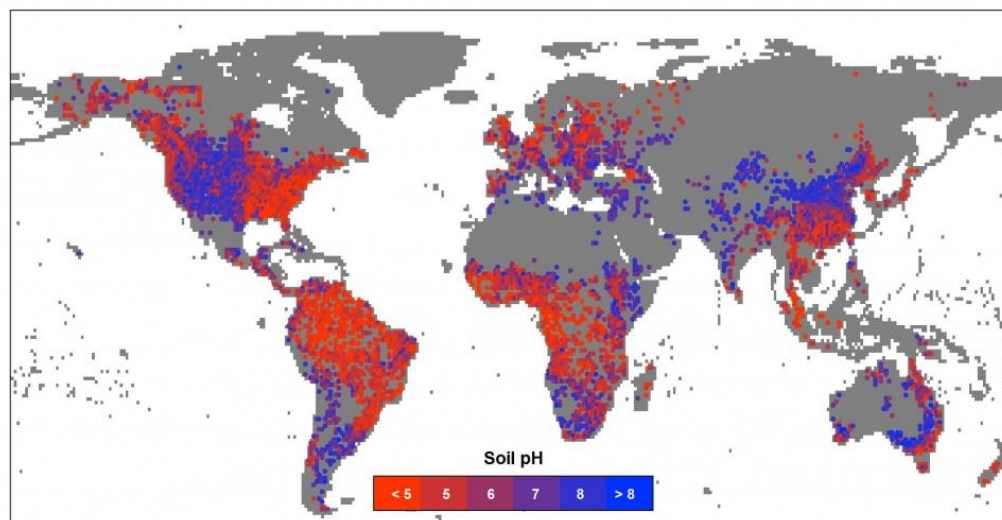


Figura 4.4. Valores de pH según la ubicación geográfica.

<https://phys.org/news/2016-12-global-soil-ph-illuminate-climates.html>

4.3.2 Fertilidad de los suelos

La fertilidad química de los suelos es la capacidad del suelo para el suministro de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sarmiento-Sarmiento et al., 2022), lo que incluye tanto a los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) como micronutrientes. La interpretación de los análisis de suelo se hace tomando valores referenciales que se encuentran tabulados, y que para los casos del nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica se presentan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Nivel de fertilidad de los suelos según el contenido N- P- K y MO.

Nutriente	Unidades	Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno (N)	mg/Kg	< 0,19	0,2 – 0,5	> 0,51
Fósforo (P)	mg/Kg	< 5,0	5,0 – 15,0	> 15,0
Potasio (K)	Menor a 0,2	< 0,25	0,26 – 0,51	> 0,52
MO (%)	Menor a 2	< 3,0	3,0 - 10,0	> 10,0

Fuente: Adaptación de McKean (1993)

4.3.3 Métodos de aplicación del fertilizante.

La aplicación de fertilizantes independientemente de su tipo (orgánico o inorgánico) o presentación (sólido, líquido o quelatado) implica tomar en consideración la condición del suelo, los requisitos propios del cultivo, la etapa de desarrollo de éste, la época de aplicación, el método a implementar e incluso el costo. El propósito de la aplicación de fertilizantes es básicamente hacer que los nutrientes estén disponibles para el cultivo, a lo que hay que agregar, además, reducir las posibles pérdidas y facilitar la aplicación del mismo (González & Pomares, 2008).

La oportunidad y método de aplicación varía en relación a la naturaleza del fertilizante, características del suelo y lógicamente los requerimientos nutricionales del cultivo y el momento de aplicación se lleva a cabo según las necesidades del cultivo y las reacciones del suelo (antes, durante o posterior a la siembra). Se conocen tres métodos de aplicación de fertilizantes: al suelo o radicular (edáfica), a la hoja foliar y disueltos en el agua de riego (fertiirrigación).

En la fertilización edáfica el fertilizante es aplicado directamente al suelo o en la base de las plantas, de forma sólida o diluidos en agua, de tal forma que los nutrientes se encuentren localizados cerca de la zona radicular, facilitando su absorción. Su empleo varía en función de las necesidades de la planta y puede ser implementado durante todo el ciclo de desarrollo de las mismas (Meléndez et al., 2006).

La fertilización directa en el suelo puede hacerse de forma localizada alrededor de las plantas incorporando el fertilizante a la superficie o en profundidad, normalmente colocado en bandas o granulado, o de forma no localizada, aplicándolo en toda el área del cultivo, normalmente incorporado usando arado o rastras.

La aplicación foliar refiere a la nutrición de las plantas a través de las hojas donde el fertilizante es aplicado en forma de “lluvia”, y es un método usualmente complementario a la fertilización edáfica. Este método reduce significativamente el tiempo en que los nutrientes están disponibles para la planta.

La fertilización foliar implica tomar en cuenta factores propios de las plantas para la absorción de nutrientes (estomas, cutícula y ectodesmos), así como los factores ambientales y la formulación del fertilizante a aplicar (Meléndez et al., 2006). Este método permite resolver problemas nutricionales que no son resueltos a través de la fertilización en suelo.



Figura 4.5. Fertilización manual de pasto.

https://es.123rf.com/photo_52731229_los-agricultores-est%C3%A1n-rociando-fertilizante-foliar-en-los-arrozales-.html

El fertirriego es un método de aplicación en el cual se aprovecha el flujo de agua del sistema de riego para el transporte y aplicación de nutrientes, lo que garantiza que los mismos sean llevados hasta las raíces, optimizando el uso del agua (Estrada-Arellano et al., 2023), y reduciendo la posible contaminación si el método es implementado de forma correcta.

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

La efectividad de un fertilizante se determina principalmente mediante su eficiencia y eficacia. La eficiencia se define como el porcentaje de nutrientes que el cultivo absorbe de manera efectiva en comparación con la cantidad total de fertilizantes aplicados. Por otro lado, la eficacia está vinculada con el logro de los objetivos planteados mediante la fertilización.

La reducción de la efectividad de los fertilizantes aplicados es múltiple, y se relaciona con aspectos como: características propias de la planta cultivada, movilidad del fertilizante a nivel edáfico, condiciones climáticas, manejo del cultivo, y las vinculadas con el momento, dosis, método de aplicación, composición e incluso la calidad del fertilizante (Nuñez-Peñaloza et al., 2023).

Factores intrínsecos a la especie cultivada como su sistema radicular y la capacidad de absorción de nutrientes, conjuntamente con otros relacionados con el manejo como el método y distancia de siembra, manejo de la fertilización (oportunidad, método, dosificación) tienen efecto en la reducción de la efectividad de los fertilizantes, a lo que se debe añadir que en condiciones de la agricultura tropical y subtropical la eficiencia de los fertilizantes suele ser baja.

Adicionalmente, las características y/o propiedades del suelo como el pH, capacidad de intercambio catiónico, temperatura y demás propiedades físicas condicionan la efectividad de los fertilizantes, por ejemplo, la fertilización nitrogenada ve mermada su eficacia por las pérdidas de nitrógeno a través de procesos de lixiviación, desnitrificación, volatilización y fijación amoniacal, que pueden llegar a limitar de manera considerable su utilización por las plantas cultivadas (Fonseca-López).

En el caso del fósforo, suele ser causa de la reducción de su efectividad a nivel de fertilización, las pérdidas ocurridas por precipitación en la solución del suelo, la adsorción de colides minerales, formación de complejos órganominerales y la inmovilización por microorganismos, las pérdidas han llegado a estimarse a porcentajes cercanos al 90% en los casos de los suelos tropicales (Alvarado-Camarillo et al., 2021).

La eficacia de la fertilización potásica se asocia a las pérdidas producto de la lixiviación y fijación, donde el factor más determinante es la cantidad y tipo de arcillas presentes en el suelo (Garbanzo-León et al., 2021). En el caso del calcio y magnesio, la fertilización se ve afectada por la lixiviación (Rodríguez-Rodríguez et al., 2022), más frecuentemente en suelos ácidos por su baja CIC y por pobre desarrollo del sistema radicular de las plantas.

La mejora de la eficacia de la fertilización conlleva como principios básicos la reducción de las pérdidas que se puedan presentar por efecto de volatilización y lixiviación, aplicar la dosis correcta de fertilizantes, en el momento adecuado tomando en cuenta las condiciones ambientales y del cultivo, a través de una aplicación precisa a fin de mantener un equilibrio adecuado de nutrientes.

4.5 La Ley del Mínimo y la ley de los rendimientos.

La ley de Liebig o Ley del Mínimo básicamente estipula que la sustentabilidad de un sistema viene dada por la cantidad del elemento más escaso en el mismo, es decir, en la producción de cultivos, y dado que ningún nutriente puede ser reemplazado por otro por el papel que desempeñan en el metabolismo vegetal, y sin importar que la planta tenga disponibilidad de todos los demás, el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo estará determinado por el elemento que presenta deficiencia (Turrent-Fernández & Cortés-Flores, 2005).

Esta ley, como principio general de la fertilización de cultivos, pone de manifiesto la relación existente entre los nutrientes y la necesidad de que cada uno de ellos esté presente en los niveles adecuados para obtener un rendimiento óptimo. Gráficamente en la figura 6.4, el barril

con listones de diferente tamaño es utilizado para comprender la Ley del Mínimo, donde la capacidad del barril está limitada por el listón más corto, de la misma manera que el crecimiento, desarrollo y productividad de la planta se haya limitada por el nutriente más escaso.



Figura 6.4. Ley del mínimo

<https://www.flowhydrostore.com.ar/leydelminimo/>

La Ley de Rendimientos Decrecientes o Ley de Mistcherlich, es un alcance a la Ley de Mínimos de Leibig. Mistcherlich la enunció sobre la base de que el crecimiento de las plantas y lo establecido en la Ley de Mínimos, y que un incremento de ese elemento limitante incidirá en un incremento en el desarrollo y productividad de las plantas, señalando a cada incremento del factor limitante, elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad, corresponden incrementos de rendimientos en las cosechas cada vez más inferiores, hasta llegar a un incremento de rendimiento nulo.

En términos más simples, la Ley de Rendimiento Decrecientes implica que el rendimiento máximo u óptimo es el punto donde el rendimiento obtenido (cosecha) compensa el gasto por fertilización, y que cuanto más se aumenta la dosis de determinado nutriente se ve mermado el rendimiento por unidad de nutriente (Turrent-Fernández & Cortés-Flores, 2005) incluso llegando a disminuir, como se observa en la figura 7.4.

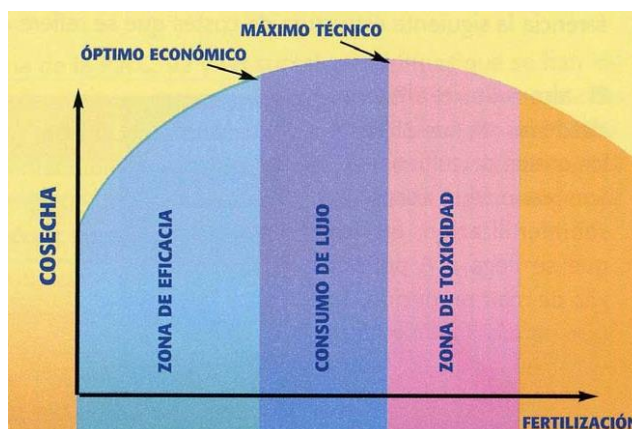


Figura 7.4. Ley de Rendimientos Decrecientes.

<http://elhocino-adra.blogspot.com/2012/06/ley-de-los-rendimientos-menguantes.html>

Por ejemplo, si usted con 150 Kg de nitrógeno alcanza rendimientos de 8000 kg de MS como máximo, si usted aplica 180 Kg de nitrógeno los rendimientos serán iguales o menores, pero los beneficios económicos, mermarán por el incremento del costoso, además de los riesgos de acidificación y contaminación de acuíferos.

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

La fertilización implica el considerar la especie, suelo, época, manejo de la pradera y tipo de explotación, ya que la respuesta productiva de la fertilización depende de la condición de la pradera. Tomar en cuenta los requerimientos nutricionales de la especie y el contenido de estos presentes en el suelo permite establecer programas de fertilización que faciliten el balance nutricional del pasto.

La fertilización nitrogenada debe aplicarse de manera fraccionada por la alta movilidad de este nutriente (Alvarado-Camarillo et al., 2021). Suele aplicarse épocas de lluvia o posterior al riego por su solubilidad, siendo las fuentes nitrogenadas más utilizadas la urea, nitrato de amonio, nitrato de potasio y nitrato de calcio.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un elemento de gran movilidad, y la fertilización usualmente se lleva a cabo en la siembra empleando superfosfato simple, superfosfato triple, fosfato diamónico o roca fosfórica, especialmente en suelos ácidos (Acosta et al., 2020).

El potasio es un nutriente que regula el agua en las especies vegetales y proporciona resistencia contra fitopatógenos. Frecuentemente se usan como fuente de potasio el sulfato de potasio, nitrato de potasio, cloruro de potasio, mezcla de sulfato de potasio y magnesio (Alvarado-Camarillo et al., 2021).

El azufre se haya presente en forma orgánica en la mayoría de los suelos agrícolas, el cual es absorbido por la planta en forma de sulfato (Colacelli, 2001). Ante posibles deficiencias de este nutriente se emplea sulfato de calcio (yeso) o sulfato de magnesio.

Existen formulaciones comerciales que incluyen más de un nutriente, y la escogencia de una u otra y la cantidad a utilizar viene determinada por el elemento más demandado, para lo cual el análisis de suelos sirve de guía ajustar el balance de nutrientes. En la tabla 3.4 se indican algunas fuentes de fertilizantes para los casos de los elementos mencionados previamente:

Tabla 3.4. Fuentes de fertilizantes para suministro de macronutrientes esenciales para pastos.

Fertilizante	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% S
Urea	46,0			
Nitrato de Amonio	33,5			
Sulfato de Amonio	21,0			
Fosfato Diamónico (DAP)	16-21	48-53		
Fosfato Monoamónico (MAP)	11	48		
Superfosfato Triple		46		
Roca Fosfórica		30-36		
Cloruro de Potasio			60	
Sulfato de Potasio			50	17
Sulfato de Magnesio				14

Fuente: Adaptado de Cerdas (2011)

4.7 Abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos comprenden los residuos de origen animal o vegetal (incluso industrial, que a través de tratamientos o transformaciones simples pueden ser incorporados como fertilizantes en el suelo agrícola con el fin de mejorar las características del mismo, siendo los más comunes el compost, abonos verdes, estiércoles, mulch y varios tipos de abonos orgánicos de procedencia animal.

El principal beneficio de este tipo de abonos es la acumulación de materia orgánica (MO) en el suelo, importante en el mantenimiento de la fertilidad y sostenibilidad de la productividad de este recurso, de ahí que resulte que la aplicación de abonos orgánicos como enmienda sea considerada una práctica con efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y no como una fuente de nutrientes en sí misma.

A nivel físico, y en la medida en que el material orgánico se descompone o mineraliza por la acción de los microorganismos, se lleva a cabo la liberación de nutrientes y acumulación de compuestos estables de carbono (humus), promoviendo la formación de agregados en el suelo, que aumentan la capacidad absorción y retención de agua, mejora el balance hídrico,

aumenta la permeabilidad, reduce la evaporación, tiene efecto en el drenaje del suelo e incrementa su resistencia a los efectos erosivos (Acevedo-Alcalá et al., 2020).

La acumulación de compuestos estables de carbono tiene efectos directos e indirectos en las características químicas del suelo y la disponibilidad de nutrientes, ya que permite la regulación del pH, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, promueve la quelatación de metales, estimula el desarrollo radicular y reduce los efectos no favorables de agentes tóxicos.

A nivel biológico, y si bien la actividad microbiana se ve afectada por la humedad y temperatura del suelo (Ramírez et al., 2015), lo es mucho más por la disponibilidad de carbono fácilmente accesible empleado como fuente energética. Los principales beneficios del abono orgánico a nivel biológico se relacionan con el aumento de la cantidad y diversidad de microorganismos en el suelo y el incremento de la fauna edáfica (Ávalos de la Cruz et al., 2018).

4.8. Cálculos de fertilización de un pastizal

Los cálculos para la fertilización de un pastizal se fundamentan en los resultados del análisis de suelos, que proporcionan información de su disponibilidad de nutrientes, los requerimientos de las especies presentes en la pradera y la extracción que hacen de nutrientes, del sistema de manejo animal en caso de ser procedente, entre otros factores, en función de ello se calculan las recomendaciones que se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Recomendación de fertilizantes para la mayoría de los pastizales en función de la zona climática

Zona templada			
	K-Bajo	K-medio	K-alto
P-Bajo	200 ¹	80 ²	0 ³
P-Medio	200 ¹	40 ²	0 ³
P-alto	200 ¹	20 ²	0 ³
Zona Tropical			
	K-Bajo	K-medio	K-alto
P-Bajo	120 ¹	60 ²	20 ³
P-Medio	120 ¹	30 ²	20 ³
P-alto	120 ¹	20 ²	20 ³

Fuente: Bernal y Espinoza (2003); ¹Nitrógeno; ²P₂O₅; ³K₂O

Se debe tomar en cuenta que los cálculos implican considerar la transformación o conversión de los nutrientes a los compuestos asimilables (Tabla 5.4) así como tener presente que en el

caso de contenido de nitrógeno en materia orgánica éste es del 5%, y que la mineralización de dicha materia orgánica varía entre 0,5% (climas fríos) hasta 2,0% (climas cálidos).

Tabla 5.4. Factor de conversión para la transformación de nutrientes a su forma asimilable.

Nutriente	Compuesto Asimilable	Factor
Nitrógeno (N)	NH ₄	1,070
Fósforo (P)	P ₂ O ₅	2,291
Potasio (K)	K ₂ O	1,205
Magnesio (M)	MgO	1,658
Calcio (Ca)	CaO	1,399
Azufre (S)	SO ₄	2,995

Fuente: Adaptado Cerdas (2011).

4.9. Manejo integral de plagas y enfermedades en praderas

El manejo integrado de plagas y enfermedades conlleva aplicar todas las técnicas y mecanismos de control idóneos que permitan mantener la incidencia de éstas en niveles inferiores a los que provocarían un daño económico (Hilje & Saunders, 2008), es decir, mantener niveles inferiores al umbral de daño económico establecido.

Lo anterior implica utilizar conocimientos biológicos y ecológicos de las plagas, los cultivos y el medio ambiente, para facilitar la toma de decisiones sobre las acciones a tomar para lograr sistemas de producción sostenibles, sin mayor riesgo de pérdidas por plagas y contaminación ambiental.

Las técnicas de control a las que se hacen referencia, y que deben ser consideradas para su aplicación de manera conjunta, coherente y sobre la base de un monitoreo continuo, son: control cultural, control mecánico, control biológico, control genético, control químico, e incluso aquellas regulaciones de control de índole legal (Hilje & Saunders, 2008).

En el marco del manejo integrado se tienen aspectos fundamentales que deben tomados en cuenta, tales como: selección y uso de especies resistentes, rotación de cultivos, asociación de mezclas forrajeras, manejo de riego y saneamiento, empleo racional de fertilizantes y productos agroquímicos, uso de controladores biológicos naturales (Díaz & Betancourt, 2018), manejo del pastoreo el cual puede reducir poblaciones de plaga, entre otros, todo ello en pro de la sostenibilidad de la pradera.

El uso de los distintos métodos de control de plagas y enfermedades deben fundamentarse en la seguridad que éstos representen a animales, usuarios y consumidores, en su efectividad biológica para el control y reducción de plagas minimizando los daños que ocasionan, y en

las ventajas que a nivel económico y ecológico estos métodos proporcionan a fin de mantener la sustentabilidad del sistema en su conjunto.

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

Los insectos constituyen la clase animal de mayor abundancia y distribución mundial, aunque sólo un pequeño porcentaje se consideran plagas, siendo capaces de ocasionar pérdidas de hasta el 20% de la producción agrícola mundial. En la tabla 6.4 se muestran los insectos-plaga de mayor relevancia, a nivel de pastos, circunscritos en la región tropical indicando, especie, hábitos alimenticios y mecanismos de control más recomendados.

Tabla 6.4. Principales plagas en gramíneas y leguminosas forrajeras

Orden	Especie	G+	L++	Control
Hemíptera	<i>Blissus spp.</i>	X		Biológico: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> Químico: Paration, Diazinon La lluvia es un controlador natural.
Homóptera	<i>Aeneolamia spp.</i>	X	X	Biológico: <i>Oligosita sp.</i> , <i>Anagrus sp.</i> , <i>Centrodora sp.</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Fusarium spp.</i> Químico: Carbaril, Malatión Cultural: buen manejo de fertilización y carga animal.
	<i>Heteropsylla cubana</i>		X	Biológico: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Cycloneda sanguinea</i> , <i>Zellus sp.</i> Químico: insecticidas organofosforados Cultural: eficiente fertilización
Hymenóptera	<i>Atta sexdens</i>	X	X	Etológico: feromonas Biológico: <i>Beauveria bassiana</i> Químico: insecticidas en polvo, cebos envenenados. Cultural: monitoreo y rastreo de nidos. Físico-Mecánico: quema controlada de nidos
Lepidóptera	<i>Spodoptera frugiperda</i>	X		Biológico: <i>Nomuraea riyeli</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarrhizium anisopliae</i> , <i>Verticillium lecanii</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Trichogramma sp.</i> , <i>Telenomus sp.</i>
	<i>Mocis latipes</i>	X		Químico: Carbarilo, Carbofurán, metomilo
	<i>Agrotis sp.</i>	X		Cultural: Asociación de gramíneas-leguminosas, ajuste de carga animal para evitar enmalezamiento.
	<i>Mocis repanda</i>	X		

Fuente: Adaptado de Espinoza (2013)

G+: Gramíneas; L++: Leguminosas.

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

Los pastos y forrajes son susceptibles a afecciones que causan daño celular, marchitez en la planta, afectando el rendimiento y productividad de los mismos. Se debe considerar que las condiciones edafoclimáticas, las variaciones climatológicas e incluso el mal manejo de la

pradera influyen en la aparición e incidencia de enfermedades en las especies vegetales que la conforman.

Suelen diferenciarse las enfermedades entre aquellas que atacan durante la implantación del cultivo y aquellas que los hacen una vez está establecido el mismo, en cuyo caso se diferencian en función de la parte atacada de la planta (Figura 8.4).

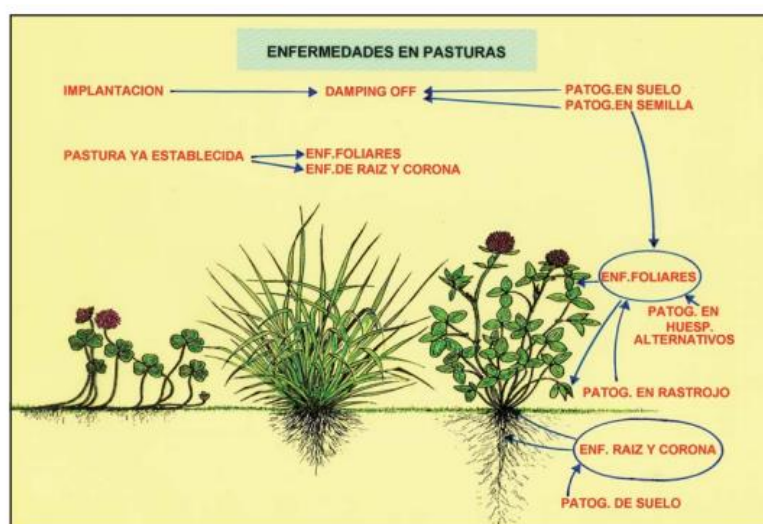


Figura 8.4. Diferentes tipos de enfermedades que atacan a los pastos.

Fuente: Rebuffo & Cabrera (2010).

Las enfermedades de implantación pueden ser causadas por patógenos del suelo o presentes en la semilla (Pons & Nuñez, 2020), y éstas se ven favorecidas por condiciones de alta pluviosidad, elevada humedad del suelo y bajas temperaturas, las cuales favorecen la infección por especies de los géneros *Pythium* y *Phytophthora*, que pueden derivar en la pudrición de semillas y raíces de las plántulas durante su germinación.

Las enfermedades foliares se caracterizan por la presencia de manchas en las hojas y canchales o lesiones necróticas en los tallos reduciendo la energía total de la planta y su capacidad fotosintética (Ibarra et al., 2022), provocando caída prematura de hojas y por ende una merma en los rendimientos y calidad de la pradera.

Dentro de los patógenos que normalmente se encuentran asociados a las enfermedades de hoja y tallo se destacan los hongos de los géneros *Leptosphaerulina*, *Cercospora* y *Colletotrichum*. También deben mencionarse otras enfermedades como la roya cuyo agente en leguminosas es *Uromyces* y en gramíneas hongos del género *Puccinia*, el oidio causado por *Erysiphe* y el mildiu causado por *Peronospora*.

Las enfermedades relacionadas con el sistema radicular y estolones afectan tejidos, reduciendo la capacidad de absorción de agua, nutrientes, anclaje, fijación de nitrógeno, afectando la persistencia del cultivo. El principal género asociado a estas enfermedades es *Fusarium* (Sainz et al., 2012).

Las enfermedades virales tienen efectos diversos en la fisiología de las plantas, reduciendo el crecimiento foliar y radicular, y aumentando la susceptibilidad a ataque de patógenos a condiciones de estrés, con las consecuencias claras en el vigor, rendimiento de las plantas y persistencia del cultivo, siendo la más reconocida es el virus del mosaico.

En la tabla 7.4 se detallan las principales enfermedades que afectan las pasturas en condiciones de trópico, detallando la sintomatología de las mismas y los posibles mecanismos de control.

Tabla 7.4. Principales enfermedades en gramíneas y leguminosas forrajeras.

Enfermedad	Agente Causal	Sintomatología	Control
Antracnosis	<i>Colletotrichum</i> spp.	Manchas negras irregulares en hojas y tallos.	Cultural: Uso de variedades resistentes, semillas de calidad, tratamiento de semillas. Manejo de época de siembra. Químico: productos a base de Maneb, Zineb o Benomyl.
Roya	Gramíneas: <i>Puccinia</i> spp. Leguminosas: <i>Uromyces</i>	Manchas de color púrpura, marrón o rojizo (esporas del hongo) en hojas.	Cultural: Uso de variedades resistentes, minimizar estrés por sequía, rotación de cultivos. Químico: aplicación productos cúpricos en hojas.
Mancha Parda	<i>Cercospora</i>	Manchas pardas que ocasionan daño a nivel celular.	Cultural: Uso de variedades resistentes, buen manejo de época y densidad de siembra, evitar encharcamientos del suelo, buen laboreo del terreno y manejo de pastoreo.
Pudrición	<i>Rhizoctonia</i> spp.	Presencia de hojas secas y manchas en tallos	Biológico: <i>Trichoderma</i> . Químico: Aplicación de minerales al suelo y a nivel foliar. Fungicidas sistémicos.
Virus del Mosaico	Insectos, plantas enfermas, semillas	Hojas deformes, manchas moteadas, clorosis, retraso en el crecimiento.	Cultural: Uso de variedades tolerantes y control de insectos vectores.
Bacteriosis	<i>Xanthomonas</i> spp.	Manchas irregulares en hojas. Necrosis y defoliación.	Cultural: Uso de variedades resistentes, y semillas certificadas de calidad. Químico: tratamiento de semillas y aplicación foliar a base de productos cúpricos.

4.12. Manejo integral de malezas

El manejo integral o integrado de malezas involucra la implementación de todas las prácticas preventivas, culturales, biológicas y químicas (Aguilar & Nieuwenhuys, 2013) que contribuyan al control integrado de las plantas indeseables de la pradera minimizando su efecto en el rendimiento y en el sistema productivo.

Las malezas presentan características como alta capacidad reproductiva, adaptación, dispersión, viabilidad de semilla, gran capacidad vegetativa, rápido desarrollo y poder inhibitorio, que aunado al hecho de la posibilidad de ser nichos de plagas y enfermedades, las convierten en una amenaza competitiva por luz, agua y nutrientes con las especies forrajeras de las praderas.

El sistema integrado de manejo y control de malezas, a partir de la implementación de prácticas culturales como: preparación idónea del terreno (Marroquín-Pugas et al., 2022), manejo adecuado de fertilización, buenas prácticas de manejo del pastoreo conjuntamente con el control mecánico, control biológico y control químico, permite minimizar los efectos negativos de estas plantas indeseables, y además reducir los posibles efectos negativos en el medio ambiente a partir del manejo adecuado de las praderas.

4.12.1. Principales malezas tropicales

El manejo integrado de malezas implica conocer el tipo de malezas que debe ser controlada a fin de establecer un programa adecuado de control de las mismas, que permita el manejo sustentable de la pradera. Las malezas suelen clasificarse en malezas de hoja ancha (herbáceas, leñosas y semileñosas) y de hoja de angosta (gramíneas y ciperáceas), y en función de ello se presentan en la tabla 8.4 las más relevantes en las praderas tropicales y subtropicales.

Tabla 8.4. Principales malezas en gramíneas y leguminosas forrajeras.

Malezas Hoja Ancha	
Género/Especie	Nombre Común
<i>Acacia spp</i>	Conchilla, Cornezuelo, Conchuela, Jarretadera,
<i>Aloysia lycioides</i>	Oreganillo
<i>Amaranthus spp</i>	Pira, Quelite, Bledo
<i>Cassia occidentalis</i>	Frijolillo, Bricho, Chilinchí
<i>Desmodium distortum</i>	Pega-pegá, bejuquillo
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo
<i>Hibiscus spp</i>	Huevo de gato, Lengua de gato, Estropajillo

<i>Ipomoea</i> sp	Palo bobo
<i>Mimosa pigra</i>	Cola de pato, Casco de vaca
<i>Sida acuta</i>	Escobilla
<i>Uncaria tormentosa</i>	Uña de gato
Malezas Hoja Angosta	
Género/Especie	Nombre Común
<i>Andropogon bicornis</i>	Rabo de zorro
<i>Cenchrus echinatus</i>	Cadillo, Ojo de hormiga, Pega pega
<i>Cyperus</i> spp	Coquillo, corocillo
<i>Dichromena ciliata</i>	Estrellita blanca
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Arrocillo
<i>Echinochloa</i> spp.	Pasto de agua
<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina
<i>Scleria melaleuca</i>	Navajuela,
<i>Sorghum halepense</i>	Pasto Jhonson

4.12.2. Método de control químico

El control químico de malezas en praderas mediante la aplicación de herbicidas (productos químicos granulados o líquidos) resulta un método eficaz y complementario a los restantes mecanismos de control de malezas. En la tabla 9.4 se presentan las ventajas y desventajas asociadas al control químico de malezas.

Tabla 9.4. Ventajas y desventajas del control químicos de malezas.

Ventajas	Desventajas
Método rápido que permite cubrir mayor superficie en menor tiempo	Desconocimiento de productos específico para control de determinadas especies
Aplicable en áreas donde el control mecánico resulta imposible	Pueden derivar en adquisición de resistencia en determinadas especies
Menor requerimiento de mano de obra	Su manejo inadecuado puede ser fuente de contaminación (suelo, agua, plantas y animales)
Aplicado correctamente, no provoca daño en cubierta vegetal deseable	Posible eliminación de plantas deseables cuando la escogencia del herbicida es incorrecta
Posibilidad de aplicación en suelos con alto contenido de humedad	Exige tecnología más cuidadosa

Fuente: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/37627/NR30983.pdf?sequence=1>

Los herbicidas pueden clasificarse por su efecto en selectivos o no selectivos, y por la forma en que actúan en sistémicos, de contacto o de contacto selectivo. La aplicación de éstos debe considerar factores como la identificación de la maleza, tamaño, estado fisiológico, vigor, tipo de follaje, relación hoja-raíz, entre otros (Doll, 1981), a fin de determinar si procede una aplicación foliar, al suelo o localizada. En la tabla 10.4 se presentan los herbicidas más utilizados en el control de malezas, según su tipo.

Tabla 10.4. Tipos de herbicidas para el control de malezas en pasturas.

Control de Malezas en Praderas de Gramíneas		
Nombre	Época de Aplicación	Tipo de maleza
Atrazina	Pre-emergencia	Hoja ancha y gramíneas anuales
2,4 D-Amina	Post-emergencia	Herbáceas, hoja ancha
Halosulfuron	Pre-emergencia	Hoja ancha y ciperáceas
Picloran	Post-emergencia	Herbáceas, hoja ancha y leñosas
Glifosato	Pre-siembra. Post-emergencia localizado	Gramíneas y herbáceas, hojas anchas
Control de Malezas en Cultivos de Leguminosas Forrajeras		
Alaclor	Pre-emergencia	Hoja angosta esencialmente
Metoalaclor	Pre-emergencia	Gramíneas
Pedimentalina	Pre-emergencia	Gramíneas
Bentazon	Post-emergencia	Hoja ancha
Trifluralina	Pre-siembra	Gramíneas
Fluazifop	Post-emergencia	Gramíneas
Paraquat	Herbicida de contacto	

4.12.3. Métodos de control mecánicos-físicos

El control de malezas en la pradera mediante métodos mecánicos/físicos tienen como finalidad su eliminación o daño mediante distintas prácticas, entre las que se encuentran la solarización, uso de mantillo, entierro de malezas (Herrera, 2004), entre otros, empleando medios manuales o mecanizados, tales como machete, guadaña, arados, rastras.

En el caso del fuego (control físico mediante quema de parte aérea de malezas) es una práctica que debe implementarse guardando todas las precauciones necesarias, y mediante ella se pretende eliminar el exceso de vegetación, destruyendo malezas, así como plagas y enfermedades, devuelve nitrógeno y fósforo fijados en el suelo e incrementa su pH.

Sin embargo, se debe destacar que la quema de malezas provoca la pérdida de materia orgánica y nutrientes solubles en el suelo, y en los casos en que la práctica sea implementada de forma no controlada puede ocasionar daños en plantas deseables y afectar la biodiversidad de la pradera.

4.12.4. Método de control biológico

De manera amplia, el control biológico de malezas (CBM) puede catalogarse como el empleo de organismos vivos (parásitos predadores o patógenos) para el control de plantas indeseables presentes en la pradera. Este método de control es una alternativa viable y positiva medioambientalmente a pesar de los cuestionamientos en cuanto a su aplicabilidad.

El CBM es bastante específico, por lo que usualmente se logra eliminar una especie de maleza utilizando agentes biológicos que permiten controlar las plantas indeseables. Se reconocen dos tipos de control biológico de malezas: el clásico y el aumentativo.

EL CBM clásico (Cordo, 2004.) se basa en la introducción de enemigos exóticos naturales (artrópodos, principalmente insectos) en áreas, donde anteriormente no estaban presentes, para el control de una maleza específica, generalmente exótica, mientras que el CBM aumentativo, refiere a enemigos naturales presentes naturalmente en el área de control, pero que por varias razones no han ejercido un control efectivo de la maleza, por lo que se requiere su reproducción (multiplicación) en laboratorio o instalaciones especializadas para tal fin para luego ser liberados. Si bien pueden emplearse insectos y ácaros, son los hongos patógenos (micoplaguicidas, micoherbicidas) los más utilizados.

4.13. Determinación de la carga animal

La determinación de la carga animal adecuada es el elemento más relevante del manejo del pastoreo desde el punto de vista ecológico, nutricional y económico, por lo que es requisito fundamental realizar ajustes en dicho manejo, esencialmente en la carga animal, entendida ésta como el número de animales de una categoría específica por unidad de área, o su recíproca (Kurtz et al., 2015), área total por animal en un período de tiempo como se explica en la figura 9.4.

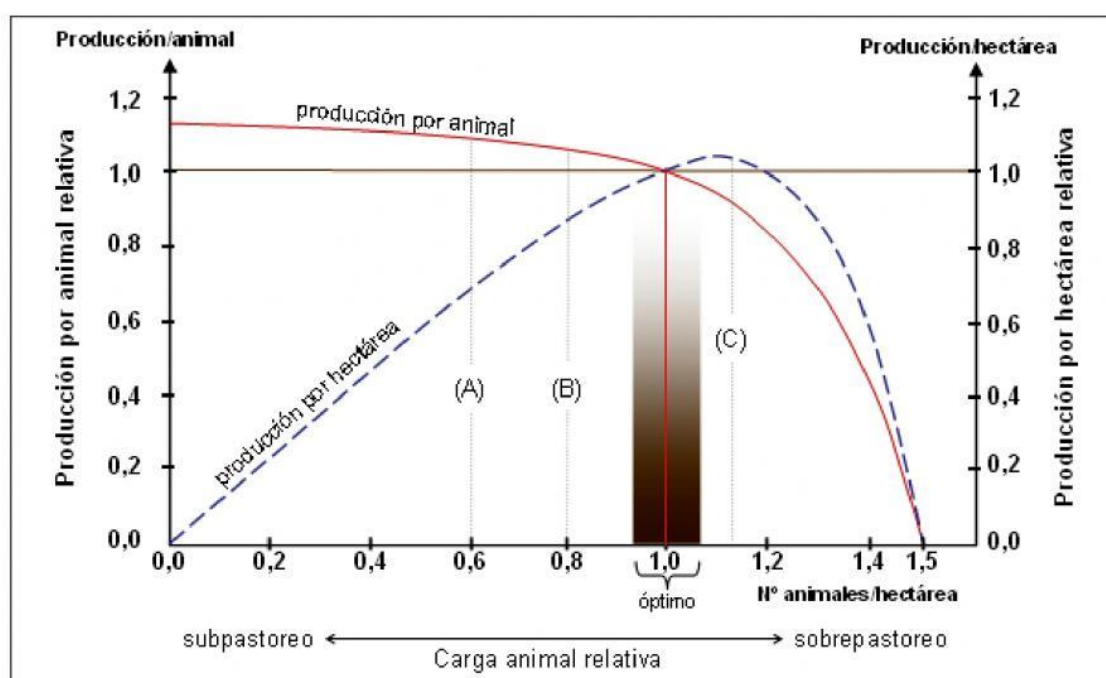


Figura 9.4. Determinación de la carga animal.

Sencillo observemos que tenemos los 30 animales en 18 hectáreas, y debemos tener claro que 1 animal para ser considerado como una unidad animal este debe pesar entre 400 – 500 kilos, pero nuestros animales pesan 250 kilos entonces ¿cuántas UA representan cada uno?. Ahora para determinar este sencillo cálculo zootécnico procederemos a realizar una regla de tres simple así:

1 UA ——— 400 kg (peso de 1 UA)

X ——— 250 kg (peso de 1 ternero)

$X = (250 \text{ kg} \times 1 \text{ UA}) \div 400 \text{ kg} = 0,625 \text{ UA}$

4.13.1. Capacidad de carga

La capacidad de carga, o capacidad de sustentación de una pastura, refiere al número promedio de animales que pueden ser mantenidos en una unidad de superficie de manera productiva, durante determinado período de pastoreo y sin provocar que la pradera se deteriore, y está determinada por la productividad del forraje de la pradera, su estado o condición y la composición botánica de la misma.

Para determinar la Carga animal máxima tomaremos la producción de forraje diaria (para este caso será de 5321 kg Fv) y la dividiremos entre el consumo de Fv que tendrán los animales por día que tendrá la UGM O la UGG así: considerando una superficie de 18 Has.

Disponibilidad diaria ÷ consumo esperado

Carga animal máxima para UGM en este ejemplo: $5321 \text{ Kg} \div 50 \text{ Kg} = 106 \text{ UGM}$

Carga animal máxima para UGG en este ejemplo: $5321 \text{ Kg} \div 45 \text{ Kg} = 118 \text{ UGG}$

4.13.2. 10% Peso Vivo del Animal

Parámetro estimado que se emplea como referencia para determinar la capacidad de carga, tomando como base el hecho de que un animal promedio consume el 10% de su peso vivo en forraje verde durante el pastoreo (Vergara & Ortiz, 2010).

Peso de una UGG: 450 Kg

Peso de una UGM: 500 Kg

Consumo esperado de una UGG: $450 \times 10\% = 45 \text{ Kg de Fv/día}$

Consumo esperado de una UGM: $500 \times 10\% = 50 \text{ Kg de Fv/día}$

4.13.3. Materia seca

La materia seca es la parte residual que queda de una muestra de forraje fresco, bien se éste pradera, heno, ensilaje, etc., que ha sido sometido a secado forzoso a fin de extraerle el contenido de agua o humedad. Su determinación obedece a que es en ella donde se concentran todos los nutrientes utilizados en nutrición animal (Cáceres & García, 2000) como: proteína, grasas, minerales, fibra, entre otros, de tal forma que el contenido de nutrientes que contiene un forraje se expresa en relación porcentual en base a materia seca, permitiendo estimar la oferta forrajera.

La materia seca es variable en los forrajes, y varía significativamente entre especies y estados fisiológicos de éstas. A partir de los pesos de materia verde y materia seca de una muestra es posible conocer el porcentaje de base de materia seca, aplicando una sencilla fórmula:

$$\% MS = \frac{\text{Peso Materia Seca}}{\text{Peso Materia Verde}} \times 100$$

Ejemplo:

Peso de forraje verde (PV) ej.= 100 g

Peso de forraje seco (PS) ej.=20 g (Luego de secado con microondas)

Operación = (PS/PV) x 100 ---> 20 g / 100 g x 100 = 20 % MS, por ende 80 % de Agua en el forraje

4.13.4. Digestibilidad

La digestibilidad es un término relacionado con la cantidad de alimentos que el animal consume y que no elimina (Cardona-Iglesias et al., 2020), por lo que es empleado como parámetro para medir el grado de aprovechamiento de un alimento y estimar la energía disponible para que animal lleve a cabo sus funciones básicas.

En el caso de pastos tropicales, estos suelen presentar un alto contenido de fibra lo que afecta su digestibilidad por parte de los rumiantes siendo una limitante a nivel productivo, ya que en términos generales la digestibilidad es inversamente proporcional al contenido de fibras.

La digestibilidad se ve afectada por factores como el estado de madurez de las pasturas y el tipo de especies. En términos generales las plantas jóvenes presentan alta digestibilidad, y las leguminosas (por la estructura de su follaje) resultan más digeribles para los animales.

4.13.5. Altura de Corte

La altura de corte es uno de los factores que influyen en la estructura del dosel de una pradera, afectando la relación hoja: tallo, tasa de crecimiento, tasa de expansión foliar, todas ellas vinculadas con la calidad del forraje, su productividad y la persistencia de las pasturas (López et al., 2005).

La altura de corte (cosecha) es un parámetro estrechamente relacionado con el tiempo de crecimiento posterior al corte, la calidad, vigor y rendimiento (Godina et al., 2020), lo que tiene incidencia directa en la respuesta animal en cuanto al consumo y su productividad.

En condiciones de pastoreo se debe considerar el grado de defoliación en el manejo que se haga, considerando además que los estudios han evidenciado que el mejor momento para la cosecha es cuando la planta intercepta entre el 90-95% de luz solar, lo que ha permitido establecer alturas de entrada –salida de animales en potreros para distintas especies forrajeras (Tabla 11.4).

Tabla 1.4. Altura de pasto para entrada-salida de animales asociada al 95% de interceptación luminosa incidente en el dosel

Especie Forrajera	Altura del Dosel (cm)	
	Pre-Pastoreo	Post-Pastoreo
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú	25-30	10-15
<i>Brachiaria humidicola</i> cv. Llanero	25-30	10-15
<i>Cynodon</i> sp.	25-30	10-15
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza	80-90	30-50
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania	60-70	30-40
<i>Panicum maximum</i> híbrido cv. Massai	40-50	20-25
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Camerún	100	40-50

Fuente: Adaptado de Rojas (2020)

CONCLUSIONES

El manejo agronómico es un proceso clave para la producción sostenible de pasturas, el cual incluye cinco momentos claves: la selección del pasto, el establecimiento, la fertilización y el riego, el control de malezas, plagas y enfermedades y la cosecha, quedando claro que fallas en cualquiera de estos pasos redundara en una menor productividad del pastizal.

Las prácticas agronómicas que se realicen durante la producción de la pastura deben hacerse bajo criterios de sostenibilidad, dado que se requiere tanto de una alta productividad de la pastura como la garantía de que la intervención antrópica durante el manejo agronómico no conduzca a un proceso de deterioro del agroecosistema, expresado en problemas de contaminación o degradación de suelos y del agua.

La calidad y cantidad de forraje producido será el mejor indicador de cómo se está haciendo el manejo agronómico, sin embargo, es necesario que este vaya acompañado de un registro minucioso de cada una de las prácticas agronómicas, de tal manera de poder hacer un programa de trazabilidad e identificar en que etapa del proceso agronómico se produjo la falla o anomalías que causaron la reducción de la productividad y establecer los mecanismos correctivos.

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE PRADERAS

RESUMEN

Las praderas son un elemento clave para la producción animal sostenible dado el aporte de recursos forrajeros tanto de gramíneas como leguminosas, para que ello sea posible es necesario hacer una evaluación de la calidad de la mismas, en términos de calidad y cantidad de la oferta de forrajera, dado que la misma es afectada por la interacción con factores bióticos y abióticos, en ese sentido en este capítulo se describen los métodos empleados para la evaluación de la calidad de la producción de praderas, con el propósito de hacer un diagnóstico del estado actual de la misma y establecer el manejo agronómico, bien sea para su mantenimiento o recuperación sea en el caso.

Palabra clave: calidad, productividad, recuperación, salud, sostenibilidad

Introducción

Cuando se habla de calidad, se hace referencia a la capacidad que tiene un objeto o; en este caso un ecosistema de cumplir algunas funciones, en el área agronómica es normal que se haga referencia a la calidad de suelos y del agua (Zaragoza-Quintana et al., 2022), cuyas funciones han sido ampliamente descritas en la literatura, pero cuando se habla de praderas, se hace mención a la capacidad que tienen las mismas para cumplir su función para producir recursos forrajes en cantidad y calidad que garanticen una producción animal sostenible (Rúa-Bustamante et al., 2022).

Para saber si las praderas cumplen esta función, es necesario hacer un diagnóstico de su estado de salud o calidad, de tal manera de establecer el manejo agronómico que permite el mantenimiento de la misma, o en tal caso recomendar medidas de recuperación, en este sentido en el capítulo se evalúan entre otros aspectos los métodos para determinar la condición actual de las praderas, y las tendencias producto de manejo actual y de los cambios en la calidad de los recursos bióticos y abióticos.

A lo largo del capítulo se describen algunos de los principales métodos para la evaluación de la calidad de la pradera como son el método de potencial de sitio, el método de clímax cuantitativo, el método de tres etapas, el método de dos fases, que son procedimientos para determinar la condición actual y la tendencia futura de la pradera de continuar con el manejo agronómico actual.

Además de determinar la condición es necesario calificar el estatus de la pradera para determinar si es necesario implementar medidas para su recuperación, en este caso, se abordarán métodos como la intersección línea, el método de línea de Canfield, el método de transecto, el método de punto de contacto, así como los métodos de cuadrantes.

Para poder realizar el diagnóstico y evaluación de las praderas se requieren de la determinación de una serie de variables cualitativas y cuantitativas que son descritas a lo largo del capítulo y para cuya medición correcta se requiere de la capacitación de personal técnico, de tal manera de realizar de manera óptima una evaluación de la pradera que permita manejar información confiable para la toma de decisiones que permiten mantener o mejorar su productividad, para garantizar una producción animal sostenible, basada en una oferta forrajera que en cantidad y calidad, satisfaga las necesidades del rebaño.

5.1. Métodos para determinar condición y tendencias de praderas

La condición es definida como el estado de salud de la pradera en términos ecológicos, siendo también reconocida como la relación existente entre la productividad potencial de ésta y la productividad potencial del sitio (Cordech y otros, 2018). La tendencia refiere a los cambios de los atributos de una pradera a través del tiempo, normalmente atribuibles a su manejo (Ruyle & Dyes, 2010), y que derivan en una nueva condición cuando se le compara con la condición más deseable.

Los métodos que permiten determinar la condición y tendencia de las praderas se basan en la taxonomía de las especies presentes, valor forrajero de las mismas, ecología y los métodos empleados para su muestreo, siendo los más utilizados:

5.1.1. Método del potencial del sitio.

Método fundamentado en la producción actual y el potencial de producción en base a la calidad y cantidad de forraje como criterios básicos (Arias et al., 2023), emplea criterios adicionales para la condición como composición de las especies (en función de su respuesta ante la presión de pastoreo), y la tendencia es evaluada partiendo del tipo de vegetación, vigor, grado de erosión del suelo, mantillo y su uso.



Figura 1.5. A) Vista del pastizal a nivel de paisaje. B) Cobertura del pastizal con *Cyperus* sp. C) Pastizal con pendiente

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-mexicana-biodiversidad-91-articulo-diversidad-estructura-un-pastizal-el-S1870345316300586>

Considerando como criterios que cada sitio posee un promedio máximo de cantidad de forraje, y que esta cantidad es expresable como una fracción de esa máxima, se puede concluir que a mayor producción mejor es la condición de la pradera.

La puesta en práctica del método, a nivel de campo, contempla delimitar el tipo de pastizal presente en la pradera y los sitios para llevar a cabo la clasificación en función de la condición. Lo anterior implica el tener conocimiento de la vegetación, ecología, taxonomía y valor forrajero de las especies que forman parte de la pradera, permitiendo determinar la producción forrajera de cada especie y su condición.

5.1.2. Método del Clímax cuantitativo.

Método ecológico y cuantitativo propuesto por Dyksterhuis (1949) en el cual plantea que la condición del pastizal viene dada por el grado de alejamiento de éste respecto a su estado clímax, donde la condición excelente representaría el clímax y la condición pobre la más alejada del éste, todo ello a partir de la comparación de la cubierta vegetal actual contra una cubierta vegetal clímax constituida por las especies de relevancia forrajera (Saucedo-Terán et al., 2021), excluyendo plantas consideradas como vegetación menos deseable o indeseable, lo que representa una limitante de este método para determinar la condición.

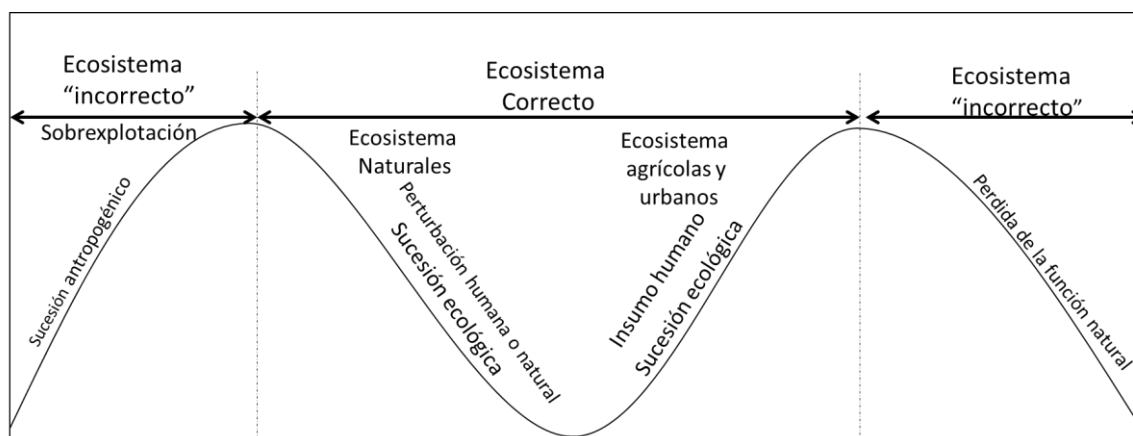


Figura 2.5. El principio "correcto/incorrecto" de sucesión antropogénica
<https://www.mexiconservacion.org/files/EcologiaHumanaCapitulo6.pdf>

La vegetación que compone el clímax se clasifica en base a su palatabilidad (Arias et al., 2023):

- Plantas Deseables o decrecientes: alta palatabilidad, la presión de pastoreo reduce su presencia.
- Plantas Crecientes: menos palatables, la presión de pastoreo aumenta su presencia.

- Plantas Invasoras: no palatables, aumento en la medida que empeora la condición del pastizal.

La clasificación anterior permite establecer cuatro diferentes clases de condición tomando como base el porcentaje de clímax presente (Tabla 1.5).

Tabla 1.5. Clasificación del pastizal de acuerdo a 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>

5.1.3. Método de tres etapas.

Desarrollado por Parker en los años 50, es uno de los métodos de evaluación y monitoreo de praderas más conocido, fundamentado en la comprensión de la dinámica de la vegetación de un determinado momento, registrando datos tanto de la vegetación como de los atributos del suelo (Ruyle y Dyes, 2010), permitiendo determinar la condición y tendencia, que facilita el ajuste de la carga animal en función de la condición actual (Cordech et al., 2018).

La implementación del Método de las Tres Etapas de Parker implica:

- **Etapas 1:** establecimiento del curso de un transecto registrando lo que se encuentre dentro del anillo (3/4"): vegetación, mantillo, roca o suelo desnudo.
- **Etapas 2:** resumen y análisis de la información a fin de determinar la condición de la vegetación y del suelo. Las especies de plantas se segregan en tres grupos: deseable, poco deseables y no deseables, considerando además el índice de densidad forrajera, cobertura vegetal y vigor.
- **Etapas 3:** realiza fotografías claves de los sitios muestreados: una toma general del panorama hacia el final opuesto de la transecta, y otra del primer plano del suelo.

5.1.4. Método de dos fases

El método de dos fases combina los fundamentos de los métodos del potencial del sitio y el de las tres etapas, cuya validez depende de la aplicación de cada uno de estos métodos (Arias

et al., 2023). El método permite evaluar sitios, clasificarlos según su condición y determinar su tendencia, a partir de su implementación siguiendo dos fases:

- **Fase I:** valoración de la vegetación otorgando entre 0-25 puntos a cada uno de sus componentes: composición botánica, cubierta, vigor y abundancia-desarrollo, lo que permite realizar la caracterización de dicha vegetación.
- **Fase II:** Valoración de los componentes del suelo y cubierta: mantillo, estabilidad, resistencia a erosión y vulnerabilidad, lo que permite su caracterización.

En función de los resultados (sumatoria de valores de ambas fases) se realiza la clasificación de la condición, tal y como se refleja en la siguiente tabla 2.5.

Tabla 2.5. Calificación del pastizal, empleando el método de dos fases

Condición	Puntaje Total
Excelente	165 – 200
Buena	130 – 165
Regular	95 – 130
Pobre	60 -95
Muy Pobre	25 -60
Área sin uso	0 - 25

5.2. Métodos para determinar la evaluación de las praderas

Los métodos para la evaluación de las praderas, fundamentales en los planes de manejo, se orientan a la atenuación del proceso de deterioro de las mismas o a la mejora de su salud. Entre ellos se tienen:

5.2.1. Métodos de intersección lineal:

Empleados para el cálculo rápido y preciso de la composición de la cobertura vegetal, especialmente en los casos de gramíneas y arbustivas.

Línea de Canfield.

Método rápido, objetivo y relativamente preciso que permite obtener información para realizar cálculos de cobertura y frecuencia de especies, a partir del muestreo bidimensional (longitudinal y vertical).

La cobertura de cada especie viene dada por la proyección horizontal de las partes aéreas de los individuos sobre el suelo, expresada como porcentaje de la superficie total.

En términos generales, el método implica: medición de las plantas, establecimiento del tamaño de transectos considerando tipo de cobertura, estimación del número de transectos, distribución de transectos y el análisis de los datos recolectados (Figura 3.5).



Figura 3.5. Línea de Canfield

<http://www.mobot.org/MOBOT/Research/madidi/metodos.shtml>

Transecto al paso modificado (Parker modificado)

Método que permite realizar una evaluación de la vegetación presente en grandes extensiones, permitiendo obtener información de tipo cuantitativo, y que básicamente consiste en:

- ✓ Tomar puntos de partida al azar de cada una de los transectos (considerando vegetación dominante).
- ✓ Recorridos de aproximadamente 100 metros (100 pasos), con lecturas cada dos pasos (estaciones de lectura), marcando los puntos muestreados.
- ✓ Las lecturas conllevan anotar: área basal de especies, suelo desnudo, piedra, mantillo orgánico, porcentaje de cobertura, condición y productividad.
- ✓ Las anotaciones deben contemplar la clasificación de especies: deseables, menos deseables e indeseables, de tal forma de poder relacionarlas con la respuesta al pastoreo (Figura 4.5).

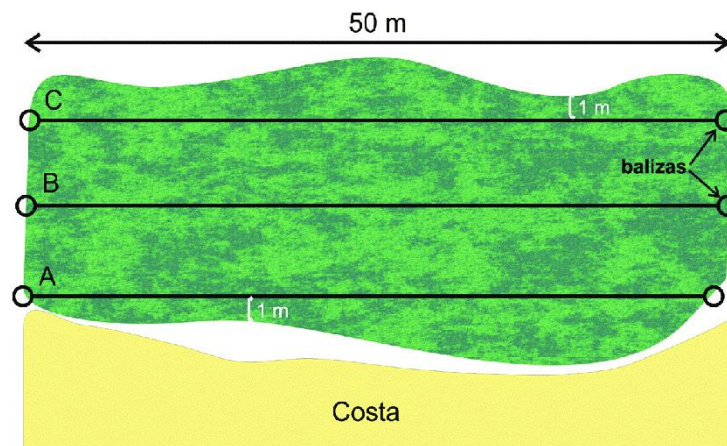


Figura 4.5. Transecto al paso modificado

https://www.researchgate.net/figure/Ubicacion-de-los-transectos-en-una-pradera-continua-cercana-a-la-costa_fig3_259791303

Punto de contacto.

Método empleado para determinar la estructura y composición de una formación vegetal, particularmente la cobertura del área muestreada, y está basado en la posibilidad de registrar las plantas presentes o ausentes sobre un punto del suelo, empleando una 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°).

Frecuentemente utilizado para el muestreo de especies gramíneas y arbustivas de poco tamaño, no siendo aplicable en los casos de áreas desérticas o aquellas con presencia de arbustos de gran tamaño.

5.2.2. Métodos de cuadrantes

Métodos comúnmente empleados para muestreo de vegetación a fin de estimar la producción forrajera (Meneses et al., 2014), permitiendo muestreos más homogéneos y con menor impacto de borde que los métodos por transectos. El número de cuadrantes varía en función del tiempo y recurso humano disponible, así como de los estadísticos a ser aplicados posteriormente.



Figura 5.5. Método del cuadrante.

https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898002/582661898002_gf5.png

Método estimado.

Método directo, rápido y sencillo que permite recopilar información importante vinculada con el pastoreo y distribución de especies (Arias et al., 2023). Esencialmente a través de este método se realiza el corte de plantas de una misma especie y posterior pesaje de las mismas, donde el tamaño del área muestreada varía dependiendo del tipo de vegetación presente, donde lo recomendable es 18m² en el caso de vegetaciones dispersas y de 0,25m² en casos de vegetación densa.

Método de corte.

Método que permite estipular la producción forrajera, así como estimar la frecuencia, densidad y cobertura de las especies, y cuya confiabilidad estriba en si el muestreo es al azar o sistemática y la cantidad de muestras, e incluso la unidad de muestreo (tipo de cuadrante).

A partir de cortes cuya ocurrencia (variabilidad temporal) y altura ((2,5-10 cm) varía dependiendo de las especies a muestrear y pastura realizados normalmente en cuadrantes expresados en metros cuadrados, se estima la producción forrajera (kg/ha) luego de proceder al secado de las muestras.

Método de doble muestreo.

Método que implica disponer de dos tipos de muestras (calibración), una directa por corte que proporciona información de la fitomasa aérea, y otra indirecta relacionada con la variable que se relacione con la fitomasa, y a partir de dichos pares de datos se procede a realizar una

regresión lineal que permite el ajuste de los pesos estimados y los determinados en el muestreo.

5.3. Aforo

El aforo consiste esencialmente en determinar la oferta de forraje disponible por metro cuadrado (kg/m^2) en el transcurso de un ciclo productivo, lo que facilita la toma de decisiones para el manejo y establecimiento de la capacidad máxima de carga animal que puede soportar la pradera sin que ello afecte el ecosistema.

El aforo no es una medición exacta, sino un muestreo del pastizal a partir del cual se estima la producción forrajera, siendo los métodos de muestreo más empleados: el muestreo en cruz (aforo en forma de X), el método de zig-zag (aforo en forma de Z), y el de doble muestreo (más implementado), todos ellos basados en la toma de submuestras representativas a las cuales se les calcula el aforo promedio (kg/m^2) luego de su pesaje (Figura 6.5).



Figura 6.5. Tipos de aforo.

<https://image.slidesharecdn.com/cmoaforarunpotreroparapastoreocorrectamente-150625204720-lva1-app6892/75/cmo-aforar-un-potrero-para-pastoreo-correctamente-10-2048.jpg?cb=1669273060>

5.4. Variables cuantitativas

Variables de las especies forrajeras presentes en la pradera que pueden cuantificarse (expresadas en cantidades numéricas o porcentuales), entre las cuales se tienen:

5.4.1. *Altura de los pastos*

Variable normalmente cuantificada en centímetros considerando la distancia vertical entre el nivel de la superficie del suelo y las hojas extendidas hacia arriba, siendo indicativa del vigor de la planta. Constituye una herramienta relevante para mejorar la eficiencia productiva (forrajera y animal) en base a la disponibilidad y al manejo de pastoreo que se realice en función de dicha disponibilidad.

5.4.2. *Peso del pasto*

Variable referida a la masa de la vegetación herbácea que conforma el pasto, empleada para evaluar la productividad y calidad del pasto y como estimador de la tasa de crecimiento del mismo en un período de tiempo.

Su cálculo puede realizarse en función de la materia verde o peso fresco (muestra de forraje verde con su correspondiente contenido de agua), o de la materia seca una vez eliminado su contenido de agua. En nutrición animal se emplea el contenido de materia seca, dado que en ella se encuentran los nutrientes, y los requerimientos por animal varían en función de éste, de la especie forrajera y de contenido nutricional.

5.4.3. *Grosor del tallo*

Parámetro que hace referencia al diámetro o espesor de la parte central de la planta (habitualmente medido con un vernier), que presenta variabilidad en función de la especie y etapa de desarrollo fenológico. Su engrosamiento obedece a dos procesos: primario y secundario.

El tallo tiene como funciones principales dar sostén a la parte aérea de la planta y transportar los nutrientes a través de los diversos órganos de la misma.

5.4.4. Largo de la hoja

Variable normalmente expresada en centímetros y que hace mención a la longitud de la lámina de la hoja, representa la expresión primordial de su crecimiento y que es variable dependiendo de la especie.

5.4.5. Ancho de la hoja

Parámetro usualmente expresado en centímetros, que refiere a la distancia entre los bordes opuestos de la lámina. Presenta variabilidad según la especie de planta y conjuntamente con el largo de la hoja representa el área foliar.

5.4.6. Número de plantas por m²

Variable con efecto en la productividad y calidad de los pastos, que permite estimar la densidad de población a partir de un muestreo a partir del cual se cuantifican las plantas presentes en una superficie establecida.

5.4.7. Cobertura basal

Parámetro que permite evaluar el grado de ocupación del suelo por la vegetación, y que refiere al área del suelo (proporción) cubierta por las partes verdes del pasto a nivel del suelo.

5.4.8. Cobertura aérea

Variable medida porcentualmente que representa el área en el suelo cubierta por la parte superior de los pastos, empleada para medir usualmente la cobertura en arbustos por presentar una cobertura basal muy pequeña. Si bien la altura de medición es variable (especies) suele realizarse desde alturas de 1,20 m hasta la superficie del suelo.

5.4.9. Número de macollos

Variable que representa la cantidad de brotes (vástagos, tallos falsos, vástagos) que emergen desde la base de la planta (caso gramíneas), que permiten su propagación vegetativa, y por tanto con efecto en la productividad (materia seca).

Los macollos en la medida que crecen, generan su propio sistema de raíces que les permite independizarse de la planta madre, y por ende juegan un papel relevante en el establecimiento de pastizales.

5.4.10. Profundidad de las raíces

Parámetro que depende de las especies y condiciones bajo las cuales se lleve a cabo el crecimiento (entre ellas la textura del suelo), pero por lo general en el caso de los pastos suelen ser poco profundas, extendiéndose entre 15-60 cm en busca de nutrientes y agua, de ahí que esta variable esté estrechamente relacionada con la productividad de la planta y su tolerancia a situaciones de estrés.

Ante situaciones de una defoliación excesiva a causa del sobrepastoreo, se producirá una reducción del sistema radicular, con consecuencias en el desarrollo y crecimiento de la planta, y por tanto en la productividad de la pradera.

5.4.11. Porcentaje de floración

Variable relevante, y dependiente de la especie y condiciones de crecimiento, que refleja de manera porcentual la cantidad de plantas que han llegado al estado reproductivo, lo que tiene efecto en la calidad de la pastura dada la supresión en la producción de hojas.

De vital importancia por tanto es el monitoreo continuo para detectar los cambios fenológicos a fin de implementar medidas de manejo para el control de floración, y así garantizar el mantenimiento de la calidad nutricional de la pastura, más aún considerando que no es frecuente que el proceso de floración se produzca de forma sincronizada.

5.4.12. Incidencia de plagas

La incidencia de plagas en pastos (gusanos cortadores, pulgones, etc.) suele asociarse al porcentaje de hojas enfermas respecto al total de hojas evaluadas en el muestreo, y según el estado fenológico. Es esencial llevar a cabo monitoreos continuos para la detección oportuna de plagas y estimar su grado de severidad, y en función de ello implementar medidas de control.

5.4.13. Incidencia de enfermedades

Las enfermedades que pueden afectar las pasturas, bien sea durante su implantación o una vez establecido, tienen efectos sobre la productividad con el consecuente impacto económico. La incidencia de enfermedades tales como roya, fusariosis, manchas foliares, varían según la especie de planta, condiciones edafoclimáticas del cultivo, afectando tanto las partes

subterráneas como las aéreas, por lo que es vital el monitoreo continuo, un adecuado manejo cultural y fitosanitario para su prevención.

5.4.14. Incidencia de malezas

Parámetro relevante, particularmente en zonas tropicales y subtropicales, donde la incidencia de malezas en praderas se ve incrementada. Los pastos pueden verse afectados por gramíneas, hierbas de hoja ancha y plantas leñosas que afectan la productividad forrajera. Esta incidencia varía en función de las especies de pasto, las prácticas de manejo implementadas y las condiciones ambientales.

Nuevamente resulta importante el monitoreo continuo, a lo que debe añadirse la identificación correcta de la maleza para que las medidas de manejo y control (cualquiera que éstas sean) resulten efectivas.

5.5. Variables cualitativas

Variables que constituyen características o cualidades del pasto e indican el estado de salud del mismo, que son percibidas por los sentidos y que no pueden ser indicadas de manera cuantitativa.

5.5.1. Color del tallo

El color del tallo de los pastos, si bien puede variar en función de la especie, suelen presentar un color verde característico que denota su buen estado de salud y calidad.

Ante la carencia de nutrientes, afectación por presencia de plagas, enfermedades y malezas, o senescencia de las plantas, los tallos (y la pastura en general) presentan una tonalidad distinta a la que es características de la especie, indicativo de que la calidad ha sido afectada, y por tanto habrá efectos en la productividad.

5.5.2. Color de las hojas

Las hojas presentan un color verde característico de las pasturas, lo que evidencia su buen estado fisiológico con calidad nutricional. El manejo a realizar, bien sea corte o pastoreo, ha de orientarse a mantener el buen estado de salud del pasto, minimizando presencia de hojas senescentes que puedan afectar las cualidades nutricionales y palatabilidad del pasto.

Color de hojas que difieran del verde característico puede resultar una señal visible de la presencia de plagas o de carencia de nutrientes.

5.5.3. Textura de las hojas

La textura de las hojas suele ser suave y lisa al tacto, si bien ésta varía según especies. Alteraciones en las características propias de la textura de cada especie han de ser motivo de alarma, dado que pueden ser indicativo de carencia, de insuficiencias nutricionales o de presencia de fitopatógenos.

CONCLUSIONES

Para una evaluación correcta de la calidad de las praderas, es necesario que el personal técnico conozca y mida de manera adecuada las variables cualitativas y cuantitativas para diagnosticar el estado de salud de las praderas, así como los cambios esperados productos del manejo agronómico y los posibles cambios en la calidad de los recursos naturales.

Un diagnóstico adecuado de la calidad de las praderas, permite determinar además de su capacidad productiva, seleccionar el manejo agronómico adecuado, así como los ajustes pertinentes para mantener la producción actual, o si es el caso de recuperar las praderas que estén degradadas.

La evaluación de las praderas es clave, dado que este tipo de ecosistemas es uno de los más afectados por los procesos de degradación de suelos o el cambio climático, lo que genera además una disminución de la calidad de la misma, conduciendo a grandes pérdidas económicas y sociales al no poder garantizar una producción ganadera sostenible.

CAPÍTULO 6:

CLAVES PARA LA CONSERVACIÓN DE FORRAJES

RESUMEN

En los sistemas de producción agrícola la oferta de forraje no es continua durante todo el año debido a que en los países tropicales los extensos periodos de lluvia o sequía limitan la producción y en los países templados, con cuatro estaciones meteorológicas la producción forrajera es imposible durante la estación de invierno, sin embargo en los periodos donde no existe producción es necesario mantener la producción animal de carne o leche, para lo cual es necesario almacenar los forrajes en la época de mayores rendimientos para su posterior utilización, en este sentido en este capítulo se evalúan las diferentes técnicas de conservación de forrajes, destacando las ventajas de cada uno de los métodos de conservación, además de las desventajas que impiden su óptima implementación, así como los criterios que se deben considerar para llevar a cabo los mismos.

Palabras clave: almacenamiento, ensilaje, henificación, humedad, sequia.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal se basan en el uso eficiente de forrajes como componente de la alimentación animal, los cuales dependen de la calidad de las praderas para su suministro, a pesar de que el manejo agronómico puede ser eficiente en lo relacionado con la fertilización (Morales-Morales et al., 2019), riego (González-Fragozo et al., 2020), control de plagas (Mancini & Mariottini, 2021), malezas (Esqueda-Esquivel et al., 2019) y enfermedades (Iglesias-Gómez et al., 2022), es imposible garantizar una producción de forrajes en cantidad y calidad durante todo el año, por lo que se deben buscar estrategias para su conservación, las cuales son descritas a lo largo del capítulo.

Entre los factores que pueden limitar la constante oferta forrajeras, además de los elementos que afecten la calidad de las praderas, las condiciones climáticas, sean por cambios estacionales o por los fenómenos de cambio climático, impiden que los requerimientos de temperaturas y humedad, sean los adecuados para la producción de las especies forrajeras, bien sea por exceso o por déficit de humedad (Bertram et al., 2021), por lo que los productores deben planificar la manera de almacenar la cantidad de forraje necesario para poder suministrar en la época de déficit.

En este capítulo se describen las principales técnicas que existen para la conservación de forrajes como son el ensilaje, la henificación, el henolaje y el uso de cultivos hidropónicos y el uso de bloques multinutricionales, para lo cual en primer lugar se describen los métodos empleados para llevar a cabo cada uno de estos procesos y cuáles son las especies forrajeras que pueden ser usadas en función de la técnica disponible, de tal manera de obtener el máximo provecho de las mismas.

Para cada una de las técnicas además de la descripción de las misma se deben establecer las ventajas y beneficios que se obtienen producto de su aplicación, así como las desventajas que tienen cada una de ellas, además de las condiciones que deben tomar en cuenta tanto para la selección y el momento oportuno para su implementación de modo de que los productores seleccionen la técnica de conservación de pastos más idónea en función de las características ambientales y económicas de su predio.

Las técnicas de conservación de forrajes son un elemento clave tanto desde el punto de vista ambiental y económico (Rodríguez & Herrera, 2021), por lo que es importante que se considere para un sistema de producción sostenible dado que producto del cambio climático y de la degradación de tierras, cada día se disponen de menos áreas productivas para el desarrollo de las pradera, por lo que hay que hacer más eficiente la producción considerando

además que es imposible llevar a cabo un sistema de producción a base alimentos concentrado por el alto costo de los mismos.

6.1. Sistemas de conservación y uso de Forrajes

Los sistemas de producción animal suelen presentar como alimentación básica los forrajes por pastoreo, sin embargo, el depender de las praderas de pastoreo presenta desventajas relacionadas con la estacionalidad climática y las condiciones del suelo (González et al., 2020), con impacto en la disponibilidad y calidad del forraje. Adicionalmente, en períodos lluviosos es frecuente haya excedentes de forrajes que no son aprovechados eficientemente en la nutrición de animales en pastoreo.

En virtud de lo mencionado, y con la finalidad de disponer de suplementación alimenticia en períodos de necesidad, se han implementado sistemas y métodos de conservación de forraje, manteniendo sus cualidades nutricionales y alimenticias hasta el momento de ser ofrecido a los animales para su consumo, siendo aún más importante en los casos de sistemas intensivos de crianza por las características del mismo.

En términos generales, la conservación de forrajes ofrece ventajas comparativas en relación con el pastoreo directo en praderas, tales como mayor rendimiento nutritivo por hectárea (Rodríguez & Herrera, 2021) dado que el corte de la pastura se realiza cuando ésta ha alcanzado un desarrollo óptimo. No obstante, los sistemas de conservación tienen la desventaja asociada a mayores costos por los procesos involucrados como transporte, infraestructura, maquinaria, entre otros.

6.1.1. Henolaje

Método o tecnología de conservación de forraje húmedo e intermedio entre el ensilaje y la henificación, y mediante el cual el forraje a utilizar pasa por un proceso de presecado, conservando porcentajes de humedad que oscilan entre el 45-50% (Loiola et al., 2023), para ser envuelto en polietileno especial (propiedad de contraerse) donde se llevan a cabo procesos de fermentación anaeróbica (Figura1.6).



Figura 1.6. Pacas de heno distribuidas en el campo.

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-recomendaciones-para-un-adecuado-henolaje>

Implementando de manera correcta este sistema, y empleando los equipos adecuados, se logra reducir las pérdidas en la cosecha incrementando el valor de los alimentos (Granados-Niño et al., 2021). El procedimiento de henolaje consta de cinco etapas básicas: corte, hilerado, preoreo, empaquetado y almacenamiento (Figura 2.6).

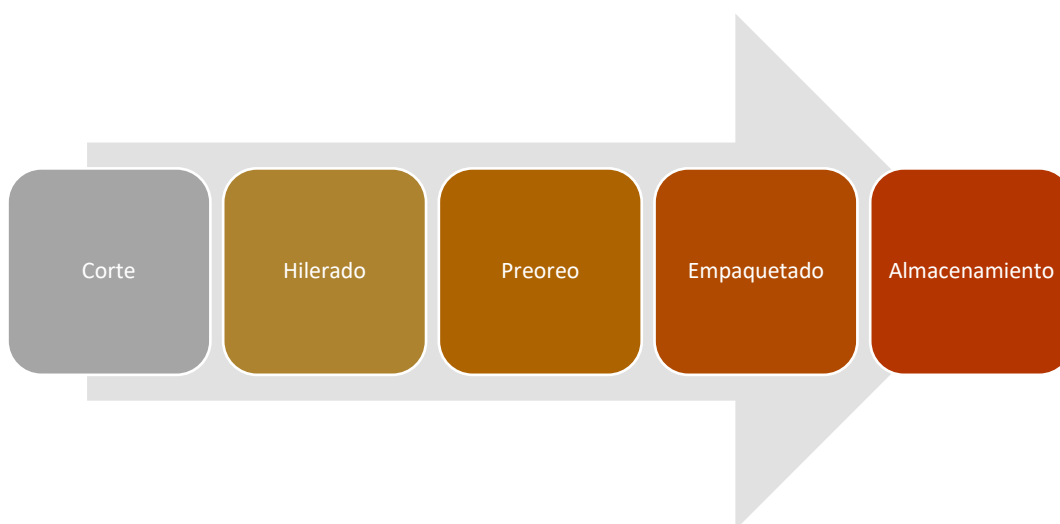


Figura 2.6. Procedimiento para realizar el henolaje.

Se debe tomar en cuenta una serie de condiciones que permiten un buen henolaje son: un buen manejo de la pradera como control de malezas (Morales & Acuña, 2009) y fertilización

(Morales-Morales et al., 2019), definir claramente los lotes de corte y considerar que para el desplazamiento de maquinaria es recomendable áreas sin desniveles marcados.

6.1.2. Cuando emplearlo

El henolaje es empleado usualmente en función del clima. Cuando las condiciones climáticas, especialmente la temperatura, no permite la henificación del forraje, se procede al henolaje de los excedentes forrajeros. Adicionalmente, se debe considerar el área o superficie de la cual se desea conservar su excedente forrajero, ya que el henolaje como sistema resulta ideal para pequeñas áreas.

6.1.3. Ventajas

- Posibilita conservación de forrajes en períodos cuando, por cuestiones climáticas, resulta imposible henificar, reduciendo los efectos de las variaciones climáticas.
- Requiere menor tiempo que el heno, por conservar el material con un porcentaje de humedad mayor.
- Disminuye la pérdida de hojas en comparación con la henificación, dado que éstas presentan un mayor porcentaje de humedad.
- Presenta minimización de pérdidas de nutrientes en el almacenamiento, que varían entre el 3-7%.
- Fácil manipulación para racionar alimento
- Sistema totalmente mecanizado
- No requiere de grandes ni especiales instalaciones para almacenamiento

6.1.4. Equipos requeridos

El proceso mecanizado de henolaje requiere de los siguientes equipos:

- Tractor agrícola.
- Segadora de disco frontal.
- Rastrillos o aireadores de pasto.
- Cosechadora de fardo (pacas cilíndricas) (Figura 3.6).
- Envolvedora de pacas.



Figura 3.6. Equipo para hacer las pacas de heno.

<https://comercialderiegos.com/product-category/categoria-de-producto/maquinaria-agricola-categoria/productos-agricola-categoria/equipo-mini-henolaje-categoria/>

6.1.5. Pastos para henolaje

Si bien el henolaje puede llevarse a cabo con cualquier tipo de pasto, es preferible aquellos que presentan una mayor proporción de hojas (follaje) como las brachiarias (*B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. híbrido*), pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*), pasto Guinea (*Panicum máximo*) y pasto pangola (*Digitaria decumbens*), pudiéndose utilizar en asociación con leguminosas de porte bajo como el maní forrajero (*Arachis pintoí*) y pega-pega (*Desmodium* sp).

6.2. Ensilado

Sistema que a diferencia del henolaje y henificación no se basa en la pérdida de agua (humedad) sino que aprovecha la dificultad de los microorganismos patógenos para crecer en medios muy ácidos con pH<4,6. El proceso de conservación se lleva a cabo a través de la fermentación anaeróbica (ausencia de oxígeno), provocando que todo el material conservado se vuelva ácido, lo que impide el crecimiento de hongos y bacterias dañinas (Caicedo et al., 2020).

El ensilado, por tanto, consiste en la conservación de forrajes frescos con elevado contenido en humedad, en unos reservorios o almacenes especiales denominados silos, protegidos del aire, la luz y la humedad exteriores, estimulando el crecimiento de bacterias ácido-lácticas y

previenen el crecimiento de levaduras y mohos (Callejo, 2018), que son microorganismos aerobios.

El proceso de conservación de forrajes a través de ensilado consta de cuatro fases:

- Fase aeróbica: transcurre desde que el forraje es segado (Figura 4.6), y se prolonga mientras no se alcancen las condiciones de anaerobiosis en el silo.
- Fase de Fermentación: en la cual las bacterias aeróbicas mueren y dan lugar a las bacterias anaeróbicas que son las que se encargan de fermentar los azúcares en ausencia de oxígeno y se dé la aparición de ácido láctico.



Figura 4.6. Pasto para el proceso de ensilaje.
<https://nutrimaxcr.com/produccion-ensilaje-cinco-pasos/>

- Fase de estabilidad: situación estable del ensilado que permite su conservación (casi indefinida siempre y cuando no haya entrada de oxígeno). Esta fase es consecuencia de la cantidad de ácido láctico formado, y en consecuencia el pH desciende por debajo de 4 inhibiendo totalmente la actividad y desarrollo de las bacterias, incluidas las lácticas, así como la acción de las enzimas proteolíticas de la planta.
- Fase de utilización: refiere a cuando el ensilaje está listo para ser proporcionado a los animales. Con el fin de minimizar las pérdidas, el ensilado debe ser consumido lo más rápidamente posible una vez que ha sido extraído del silo.

El proceso químico-biológico del ensilado facilita la conservación de pastos y forrajes con elevado valor nutricional y digestibilidad, con porcentajes de humedad que oscilan entre el 65-70% y contenido de materia seca variable entre el 30-35%, cuyo producto final se denomina silaje y que suele ser agradable para el consumo animal (Rodríguez & Herrera, 2021).

6.2.1. Tipos de ensilaje

Existe variedad de tipos de silos, y la elección entre cual implementar dependerá de ciertas condiciones o factores como el tipo de explotación, recursos económicos disponibles, topografía del terreno y de las necesidades del productor. Los más utilizados son:

- Trinchera (zanjas): zanja cubierta con plástico y luego con una capa de tierra; debe tener canaleta para el escurrimiento del agua (Figura 5.6).



Figura 5.6. Trinchera.

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/ideas-de-tipos-de-silos-que-los-ganaderos-pueden-aplicar-en-su-finca>

- De Montón: el más económico ya que no necesita ninguna construcción particular, pero el material ensilado debe consumirse rápidamente. Consiste en amontonar y apisonar el material sobre una superficie plana, cubriéndolo posteriormente con plástico y poniendo tierra en su perímetro para que el viento no lo levante (Figura 6.6)



Figura 6.6. Ensilaje del montón.

<https://sagan.com.co/wp-content/uploads/2018/12/ensilaje-sagan-2.jpg>

- Bolsa (Microsilos): Utilizados por pequeños productores. Consiste en colocar el material que se va a ensilar dentro de bolsas de plástico calibre 600 o 1.000 y con capacidad de

30 a 40 kilogramos. Facilitan labores de alimentación, almacenamiento y transporte (Figura 7.6).



Figura 7.6. Microsilos en el terreno.

<https://ecoplas.org.ar/2018/10/09/aplicaciones-e-innovacion-las-bolsas-para-silo-una-solucion-sustentable/>

- Bunker: generalmente rectangular, construido sobre el nivel del suelo y tiene dos paredes laterales de concreto y/o piedras, con paredes entre 1,2 y 2 m de altura. Es especialmente apto para fincas medianas y grandes donde se usa algún tipo de vehículo para el llenado y/o compactación.
- Parva: no requieren una construcción permanente. Emplea dos cubiertas plásticas, una de las cuales se coloca en el suelo y en ella se deposita el forraje el cual se cubre con la



segunda cubierta plástica. Es el tipo de silo con mayor riesgo para que ocurran daños en el material de cobertura que protege al ensilaje y que es indispensable para mantener el ambiente anaeróbico (Figura 8.6).

Figura 8.6. Parva.
<https://agrocolun.cl/mejor-preparados-para-enfrentar-el-2020/>

6.2.2. Cuando emplearlo

El ensilaje se recomienda en aquellas unidades de producción donde existen marcados periodos de sequía o lluvia (Álvarez, 2019), que impiden el pastoreo, esta técnica se recomienda cuando se desea mantener la calidad del pasto, siempre y cuando el productor posea los equipos en instalaciones para llevar cabo este proceso, dado que es mucho más costoso que la henificación y el henolaje y requiere de mayores cuidados (Titterton & Bareeba, 2001).

6.2.3. Ventajas

- Permite utilizar los excedentes que se producen en la época lluviosa.
- El proceso de ensilaje permite la eliminación de bacterias dañinas.
- Permite ofrecer alimento húmedo y de buena calidad durante todo el año, complementado así alimentos de menor calidad nutricional como los pastos secos o rastrojos.
- Permite obtener la máxima producción y calidad por unidad de área.
- Permite almacenar grandes cantidades de alimento en poco espacio.
- Los ensilajes son alimentos muy económicos (más que la henificación) especialmente cuando no se dispone de facilidades para pastoreo.
- Todas las partes de la planta, así como sus jugos, se conservan en condiciones muy apetecibles para el ganado.
- Método no dependiente de las condiciones climáticas como ocurre en la henificación.

6.2.3. Pastos para ensilaje

Se debe tener presente que en ensilaje mantiene la calidad del alimento, no mejora la calidad del mismo, lo que implica por tanto escoger buen material. Es aconsejable que las especies presenten una serie de características que garanticen la calidad del ensilaje de las mismas, tales como: buena concentración de azúcares solubles, un mínimo de 8% de proteína cruda, entre 25-35% de materia seca y 50-70% de digestibilidad de materia seca (Sánchez, 2018).

Pueden ensilarse prácticamente cualquier forraje, siendo frecuente el ensilado de combinaciones entre gramíneas y leguminosas en proporción de 70:30. Las gramíneas más empleadas son el maíz, sorgo, pasto Elefante, pasto Guinea, pasto Kikuyo, pasto Taiwán y Brachiarias (Titterton & Bareeba, 2001). Entre las leguminosas se tienen la morera, leucaena, frijol, alfalfa y kudzú tropical (López-Herrera & Briceño-Arguedas, 2017).

6.2.4. Henificación

Sistema de conservación de forraje que consiste básicamente en reducir la humedad del forraje hasta alcanzar un nivel limitante (20 % o inferior) para la actividad vegetal y que inhiba el crecimiento y desarrollo fúngico y bacteriano (Callejo, 2017). Por tanto, la henificación refiere al proceso de deshidratación de cualquier pastura cortada y almacenada, utilizada para la posterior alimentación de animales (Figura 9.6).



Figura 9.6. Proceso de henificación.

<https://infopastosyforrajes.com/metodos-de-conservacion/proceso-de-henificacion/>
El producto final del proceso de henificación mediante el secado natural (aire libre) o artificial (deshidratadoras) se conoce como heno. Se destaca el hecho de la importancia de reducir rápidamente la humedad del forraje segado para que los procesos que conducen a pérdidas de valor nutritivo se interrumpan lo antes posible.

Esta rápida pérdida de agua, empleando medios naturales y por ende no controlables, involucra tomar en cuenta la radiación solar, viento y baja humedad relativa (Callejo, 2017). El acondicionamiento de forraje, que rompe los tallos y acelera la pérdida de agua por la planta, contribuye enormemente a alcanzar el objetivo. El proceso de henificación involucra el corte del forraje (manual o mecanizado), secado (natural o artificial), hilerar (amontonar material secado) y empaquetado (Figura 10.6).

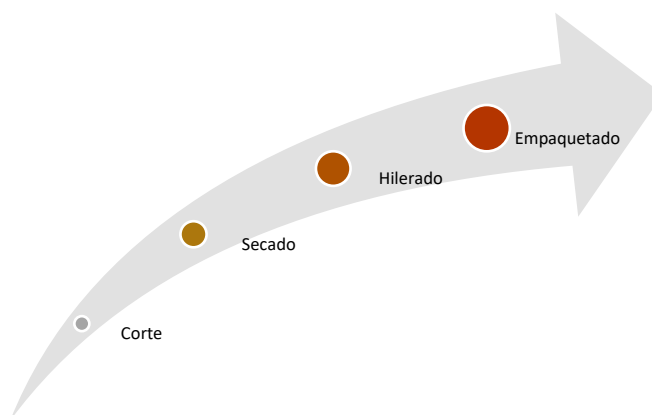


Figura 10.6. Acondicionamiento del forraje para su henificación.

6.2.5. Pastos para henificación

Para la henificación son recomendados y utilizados frecuentemente forrajes con una buena relación hoja-tallo, de alto rendimiento productivo por unidad de área, pudiendo emplearse tanto gramíneas como leguminosas, sin embargo, a igual estado de desarrollo, las leguminosas proporcionan mayor nutritivo al heno. La alfalfa, mezclas de pastos y leguminosas, cultivos de avena, raigrás, pangola, bermuda, guinea, estrella, etc. son los cultivos forrajeros que más se adaptan a este método de conservación (Derichs et al., 2021).

6.2.6. Ventajas

- Fácil de elaborar, fácil elaboración (manual o mecanizada).
- No son imprescindibles infraestructura especializada ni equipos sofisticados de elevado costo.
- Alta palatabilidad pudiendo henificarse casi todas las especies perennes o anuales.
- Mantiene cualidades alimenticias durante tiempo prolongado.
- Fácil manejo, transporte y almacenamiento.
- Alto valor nutritivo, cuando está bien elaborado y almacenado.

6.2.7. Equipos requeridos

- Segadoras o segadoras hiladoras (corte mecanizado).
- Deshidratadoras (secado artificial).
- Máquina henificadora de descarga lateral (hilarar mecanizadamente).
- Máquina empacadora.

6.3. Hidroponía

Práctica de cultivo en la cual se prescinde de suelo (tierra) la cual es sustituida por una solución acuosa enriquecida con nutrientes, y que representa una alternativa viable como opción más sostenible frente a la agricultura tradicional (Núñez-Torres et al., 2021). Igualmente, la hidroponía forma parte de las tendencias presentes en la agricultura de precisión (smart farming).

Usualmente se emplean soluciones nutritivas cuya composición suele incluir concentraciones adecuadas de nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y azufre, así como otros

micronutrientes. Entre los sustratos empleados se encuentran la perlita, vermiculita (vermiculita), cascarilla de arroz, fibra de madera, lana de roca, entre otros (Casbis et al., 2022).

A nivel tecnológico, esta práctica requiere instrumentos más precisos que el método convencional, tales como medidores de conductividad eléctrica, de pH, adecuada iluminación bien sea natural, artificial o combinación de éstas y un adecuado control de aire para mejorar la fertilidad (Núñez-Torres et al., 2021).

Entre los tipos de cultivos hidropónicos, los cuales se muestran en la figura 11.6, están de flujo y reflujo, aeropónicos, de raíz flotante, de goteo de tipo mecha y el NFT, cuyas ventajas se discutirán posteriormente a lo largo del capítulo, de manera de seleccionar el más adecuado dependiendo del tipo de especie y objetivo del sistema de producción.



Figura 11.6. Tipos de sistemas de cultivo hidropónico.
<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-hidroponia-y-ventajas>

6.3.1. Ventajas

- Mayor rendimiento que la agricultura tradicional, producción de más plantas en menos espacio.
- No requiere la utilización de herbicidas ni pesticidas.
- Menor consumo de agua y contaminación de la misma.
- Alta adaptabilidad y posibilidad de producción en condiciones extremas o limitantes.
- Por sus características, permite el ahorro de abono y fertilizantes.
- Contribuye a la lucha contra el cambio climático, es amigable medioambientalmente.

6.3.2. Experiencias en forrajes hidropónicos

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) es considerada una alternativa de producción sostenible cuya implementación representa una opción viable y segura con capacidad de ser utilizada en la nutrición animal.

Tomando en consideración el ahorro de agua, altos rendimientos por metro cuadrado ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente (Núñez-Torres et al., 2021), el FVH es una opción a los métodos convencionales de producción de forraje, máxime en zonas áridas y semiáridas, contribuyendo con actividades agropecuarias sostenibles.

El proceso de producción de FVH comprende:

- La selección de la semilla que debe ser de alta calidad, origen conocido y de probada germinación y rendimiento.
- El lavado y desinfección de la semilla, empleando una solución de hipoclorito de sodio al 10%.
- La pre-germinación o remojo de las semillas para inducir su germinación.
- Siembra, considerando la densidad óptima según especie.
- Germinación en condiciones de semioscuridad.
- Riego de las bandejas de crecimiento.
- Riego o fertilización con solución nutritiva.
- Cosecha, entre 10-14 días generalmente.

Tradicionalmente las especies vegetales más utilizadas para la producción de FVH han sido las gramíneas, con énfasis en los cereales como el maíz (Sánchez et al., 2019), avena (Salvador-Castillo et al., 2022), arroz (Espinosa, 2019), cebada (Saavedra et al., 2021), sorgo (Silva et al., 2022) y el trigo (Morales et al., 2020). En cuanto a las leguminosas se han realizado evaluaciones con alfalfa y vicia (Paipa et al., 2020), e incluso en mezclas de cereales con leguminosas.

Las gramíneas y leguminosas evaluadas en este sistema de FVH tiene rendimientos anuales que oscilan entre las 7 y 20 toneladas (t) de materia seca (MS) por hectárea por año dependiendo de la especie (Valdez et al., 2009). La avena (*Avena sativa*) y el trigo (*Triticum aestivum* L.) a los 10 días de crecimiento pueden producir 7 kg/m² (Paipa et al., 2020). El maíz (*Zea Mays*) produce 12 a 20 kg MS/m²; el sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de 14 a 18 kg MS/m² y raigrás (*Lolium multiflorum* Lam.) de 8 a 12 kg MS/m² (López-Aguilar et al, 2009)

6.4. Bloques multinutricionales

Suplemento alimenticio rico en nitrógeno, energía y frecuentemente minerales, que se presenta para el consumo animal de forma sólida, por efecto del ingrediente cementable que es agregado para su elaboración, y cuyo peso varía entre los 2-45 kg (Vinay-Vadillo et al., 2021).

Por su consistencia y dureza, no es consumido en grandes cantidades por el animal (Godoy et al., 2021), quien consigue los nutrientes en pequeñas dosis a partir de lamer o morder el bloque, motivo por el cual este tipo de suplemento representa una forma segura de incorporar urea a la dieta animal.

Los bloques multinutricionales implica el uso de diversos ingredientes en función de disponibilidad, precio y calidad que se desee, pero hay tres que son componentes fundamentales del mismos: la melaza, urea y minerales (Vinay-Vadillo et al., 2021).

La melaza representa el ingrediente energético más importante, rica en azúcares y minerales (Lagos-Burbano & Castro-Rincón, 2019), actuando además como agente saborizante y solidificante. La urea es la fuente de nitrógeno no proteico que favorece la síntesis de proteínas en los rumiantes (Chaffa et al., 2020). La sal y los minerales (micro y macroelementos) suplen las deficiencias de los mismos frecuentes en los forrajes (Vinay-Vadillo et al., 2021). Adicionalmente al bloque puede agregarse una fuente de fibra y lógicamente un material que permita su solidificación, como la cal o cemento, los cuales se pueden mezclar en la siguiente proporción (tabla 1.6).

Tabla 1.6. Tipos de ingredientes y proporciones de distintos materiales usados en la elaboración de bloques multinutricionales.

Componentes	Ingredientes	Proporción
Fuente de energía	Melaza, grano de maíz, sorgo, afrecho, semolina de arroz	25-65 %
Fuente de nitrógeno no proteico	Urea (46 %), gallinaza	5-10 %
Sales minerales	Mezcla mineral y sal común (1:1)	10-35 %
Fuente de proteína	Harina de hojas de leucaena, hojas de yuca, vainas de leguminosas	5-10 %

Fuente de soporte	Heno, mazorcas de maíz rastros de cultivos, residuos de maíz, bagazo de caña de azúcar	10-35 %
Cementante	Cal, cemento	10 %

Fuente: Fariñas et al (2013)

6.4.1. Ventajas

- Fuente relativamente económica de energía, proteína y minerales, de fácil elaboración.
- Mejora la actividad ruminal favoreciendo el consumo y una mejor utilización de los pastos maduros y rastros fibrosos.
- Contribuyen a mejorar los índices de fertilidad, producción de leche y ganancia de peso de animales.
- Permiten emplear recursos locales y materiales disponibles a nivel de finca.
- Presentan buena palatabilidad.
- Facilidad de transporte y manipulación (mejor que las mezclas líquidas), reduciendo riesgos de intoxicación por urea.
- Proporcionados en potreros, facilitan labores de orientación del pastoreo mejorando el uso uniforme del potrero.
- Alternativa eficaz en la alimentación de rumiantes debido al aporte energético – proteico y mineral de alta calidad que mejora rápidamente los procesos reproductivos del organismo animal

CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales propias y el progresivo deterioro ambiental impiden que se logre una producción forrajera constante durante todo el año, dado que no es viable la suplementación con alimento concentrado los productores deben buscar mecanismos para almacenar el forraje producido durante los picos de producción para su utilización en las épocas de déficit.

Para que los forrajes almacenados sean empelados en la alimentación animal, sean de calidad, se deben seleccionar las especie adecuadas y la técnica correcta para su conservación, de tal manera que se preserven las características de calidad en términos de la oferta de proteína y energía que garanticen los nutrientes requeridos para una producción animal eficiente

La selección de la técnica de almacenamiento depende de los recursos técnicos y financiero con que disponga, el productor, de las condiciones ambientales y de la especie forrajera que se desea almacenar, la selección de la misma es un proceso clave, dado que de ello va depender que se logre un producto almacenado que reúna las características requeridas para poder cubrir las necesidades nutricionales de la especie animal que forma parte del sistema de producción de carne o leche.

CAPÍTULO 7:

CALIDAD DE FORRAJES PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL

RESUMEN

La calidad de un forraje se mide por la capacidad que tiene el mismo para suministrar los nutrientes requeridos por la especie animal, en este caso proteína, vitaminas, minerales y carbohidratos, la cual depende de la calidad de la pastura, del manejo agronómico y las técnicas de almacenamiento, lo cual estará reflejada en la cantidad de nutrientes siniestrado, lo cual puede ser evaluado mediante una análisis bromatológicos, cuyas variables y técnicas para su implementación son analizados en este capítulo, así como el procedimiento de muestreo del forraje para que las muestras sea representativas de las condiciones de todo el predio, de tal manera que se refleje si se cumple con los criterios de calidad o si por el contrario se deben tomar las medidas necesarias para su mejoramiento.

Palabras clave: bromatología, carbohidratos, energía, fibra, proteína.

INTRODUCCIÓN

Para lograr una producción agrícola sostenible, no basta con que la pradera garantice la oferta forrajera deseada en cantidad o que se aplique la técnica adecuada de conservación para suplir en épocas de déficit, sino que el forraje que se suministre al animal logre garantizar la suplencia de las cantidades requeridas de proteína, vitaminas, minerales y energía (Argüello-Rangel et al., 2020), necesarias para lograr una ganancia de peso acorde con la edad del animal o una producción óptima de leche si es el caso.

Si bien la calidad del forraje se expresa en la cantidad de nutrientes que este poseen la misma en muchos casos depende de las condiciones de la pradera y del manejo agronómico de la misma, dado que la cantidad de proteína o energía que almacene la especie forrajeras, dependen de la fertilización del pastizal (Apollon et al., 2022), así como el flujo de nutrientes en el mismo, por lo que en la primera parte de este capítulos se evalúa la relación de las condiciones de la pradera con la calidad nutricional de los forrajes.

Una vez analizada las condiciones para la producción de forrajes en la cantidad requerida, es necesario evaluar su calidad desde el punto de vista nutricional, para ello se describe un procedimiento denominado análisis bromatológico (Zambrano et al., 2014), pero previo a ello se debe considerar el muestreo de la pradera, tomando en cuenta cuando se debe hacer y cómo se debe hacer, de modo que las muestras sean representativas y expresen la realidad de toda la pradera, para ello se describen en el capítulo todas las técnicas de muestreo que se pueden aplicar.

Posteriormente al muestreo se describe el análisis bromatológico, haciendo énfasis en las principales variables que se consideran en este análisis como son proteína, carbohidratos, contenido de fibra, lignina y ceniza, destacando el procedimiento que se debe llevar a cabo, las condiciones a tomar para una óptima realización el mismo y los valores de referencias a considerar para llevar a cabo la evaluación nutritiva del forraje.

La evaluación bromatológica es un indicador importante tanto del estado de salud de las praderas (Zambrano et al., 2014), como de la aplicación de las técnicas de almacenamiento, las cuales fueron discutidas en capítulos previos, dado que ellos reflejan la calidad de la misma por lo que es de esperar que si una pradera está en óptimas condiciones, no existen problemas de degradación o de un manejo agronómico inadecuado, o por otro lado el almacenamiento del pasto se hizo en el momento oportuno y con la técnica adecuada, lo cual se reflejara en un forraje con valores nutricionales adecuados para garantizar los requerimientos de la especie animal que se está explotando.

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

Los pastos y forrajes a nivel del trópico, dadas sus características en cuanto a economía, producción y crecimiento, constituyen la principal fuente de alimento para rumiantes representando la mayor parte de su dieta. La variabilidad en cuanto a la producción y valor nutritivo de los pastos, dependiente de las condiciones climáticas (Roca-Cedeño et al., 2020), tiene efectos en la producción animal debido al impacto del consumo de nutrientes.

El valor nutricional de los pastos y forrajes, así como de los subproductos, hace referencia a la capacidad de los mismos para satisfacer los requerimientos productivos y reproductivos de los animales. La calidad guarda relación con el contenido de agua y estado fenológico (madurez) de los pastos (Roca-Cedeño et al., 2020), los cuales presentan variabilidad en relación en su calidad nutricional a lo largo de su desarrollo y crecimiento (etapas fenológicas) así como en las diversas fracciones de la planta (hoja y tallo primordialmente). Esta calidad dependerá principalmente del contenido de proteína bruta (PB) y la energía, la cual a su vez depende de los nutrientes digestibles totales.

Las tendencias actuales fundamentadas en la necesidad de adoptar sistemas sostenibles de producción animal bajo un manejo integrado de las condiciones biofísicas implican conocer e implementar metodologías para determinar el valor nutritivo de los pastos y forrajes, su composición bromatológica, morfología y digestibilidad, como componentes que determinan la palatabilidad y valor nutricional para los animales (Sánchez, 2020).

7.2. Relación nutritiva de los pastos y forrajes

En virtud de la composición del forraje a ser suministrado para la producción animal, éste tendrá mayor nivel nutritivo en la medida que tenga una mayor capacidad para satisfacer los requerimientos de los animales para el mantenimiento y potencial productivo de los mismos.

Los estudios han demostrado que las especies leguminosas tienen mayor valor nutritivo a nivel proteico que las gramíneas (Portillo-López et al., 2019), y que generalmente las hojas resultan más importantes por su contenido nutricional que los tallos. Igualmente, el valor nutritivo de praderas mixtas (botánicamente variadas) con presencia de gramíneas, leguminosas y otras hierbas, presenta un mayor rendimiento forrajero que cada especie por separado (Navas et al., 2020), estimulando el consumo animal y por tanto su rendimiento productivo.

El rendimiento ha de expresarse en materia seca (MS), dado que el forraje verde puede contener gran cantidad de agua (Vallejos-Fernández et al., 2020). La MS está compuesta por componentes orgánicos e inorgánicos: los primeros incluyen proteínas, lípidos, vitaminas, carbohidratos, y ácidos nucleicos y orgánicos, y los segundos conformados por minerales.

7.2.1. Proteína

Las proteínas son compuestos que contienen nitrógeno, principal componente de músculos y sangre, y son degradada en otros compuestos denominados aminoácidos. El contenido proteico de los pastos varía en función de las especies, factores ambientales y etapa de desarrollo de los mismos (Posada-Asprilla et al., 2019), siendo menor a medida que la planta se desarrolla y madura a causa de la formación de componentes estructurales, con menor efecto en las especies leguminosas que las gramíneas. El contenido proteico, como parámetro de calidad, puede inferirse a partir del contenido de nitrógeno que posee el pasto o forraje, y es en base a este análisis que se llevan a cabo las determinaciones.

Las leguminosas presentan contenidos de proteínas y minerales superiores a las gramíneas, con porcentajes que varían entre 15-30% de proteína cruda según la especie, en comparación con el 8-18% de las gramíneas (Pardo-Aguilar et al., 2020) siendo utilizadas como alternativa para mejorar la dieta animal, bien sea en pastoreo o como banco de proteínas. Incorporadas a los sistemas, como acompañante de gramíneas, las leguminosas adicionalmente favorecen indicadores nutricionales al incrementar el contenido de proteína, mejorar la digestibilidad de la dieta y reducir contenidos de fibra detergente neutro.

7.2.2. Vitaminas

Las vitaminas son sustancias importantes, de naturaleza orgánica y estructura química variable, que participan en el metabolismo del organismo animal, se hayan presente en los pastos y forrajes en forma de provitaminas, siendo componente de enzimas y coenzimas (Jaurena et al., 2023), que a excepción de las vitaminas del complejo B (sintetizadas por microorganismos del rumen) no son sintetizadas por el propio organismo.

Según su grado de solubilidad se clasifica en hidrosolubles (Complejo B y vitamina C) las cuales suelen liberarse por la orina, y liposolubles (vitaminas A, D, E, K) las cuales son absorbidas en conjunto con las grasas (Tabla 1.7). Esta clasificación, válida fisiológicamente, permite determinar los mecanismos de transporte, excreción y almacenamiento en el organismo animal.

Tabla 1.7. Características de vitaminas presente en los forrajes.

Vitaminas Liposolubles. Funciones. Características Pastos/Forrajes	
A	Salud visual y mantenimiento de mucosa y piel. Ausente como tal en forrajes. Presente es su estado rudimentario (caroteno) que al ser digerido por el animal se transforma en vitamina. Pastos, hierbas verdes, fuente excepcional de caroteno. Pastos maduros o mal henificados sufren pérdidas importantes de caroteno.
D	Ayuda en la absorción de calcio, y mantenimiento de densidad de éste en la sangre. Los grupos D2 y D3 son los revisten importancia. Los forrajes verdes carecen de vitamina D. En animales en pastoreo y por efecto de la radiación solar, la vitamina se forma en su piel.
E	Acción antioxidante (reprime envejecimiento de células) Más abundante en gramíneas que leguminosas. Ausente en pajas de cereales.
K	Ayuda en formación ósea y coagulación sanguínea. Presente en todas las especies forrajeras (especialmente alfalfa). Rumiantes adultos la sintetizan de los alimentos (acción de la flora microbiana del rumen).
Vitaminas Hidrosolubles. Funciones. Características Pastos/Forrajes	
B	B1: metabolizar azúcar B2: Acción antioxidante, metabolización de lípidos. Se encuentra en todos los forrajes, y en mayor proporción en el heno.
C	Acción antioxidante, metabolización de proteínas. Presente en todos los forrajes de especies gramíneas y más aún en leguminosas. Mayor presencia en forrajes antes de la floración.

Fuente: Adaptado de León (2012)

7.2.3. Minerales

Los minerales son elementos químicos inorgánicos presentes en los pastos y forrajes, y que son requeridos por los animales para el buen desempeño de su proceso metabólico. Factores como la variedad y especie de planta, etapa fenológica, tipo y propiedades del suelo, condiciones climáticas y prácticas de manejo, tienen incidencia en el contenido de minerales en pastos y forrajes, el cual suele ser altamente variable (Donoso et al., 2019).

Los minerales desempeñan un rol de importancia en la digestión de los forrajes, en la eficiencia reproductiva, en el sistema inmune y en el desarrollo de los huesos, músculos y dientes de los animales. Se estima que, en condiciones de pastoreo, no se satisfacen los requerimientos de los animales, derivando en restricciones de los procesos metabólicos, de

reproducción y afectando la productividad, siendo necesario la suplementación mineral (Rendón et al., 2020).

En términos generales, las hojas tienen mayor cantidad de minerales que el tallo, y en este mismo sentido las hojas de plantas jóvenes más que las de plantas adultas (Polo Ledezma & Urieta, 2022). Las especies leguminosas, contienen más minerales que las gramíneas (Donoso et al., 2019). En el caso de los microelementos (Cu, Mn, Fe, Mo, Co, Bo, Zn), en la mayoría de los casos están presentes en suficientes cantidades como para suplir los requerimientos de los animales, salvo el Zn. En la Tabla 2.7 se indica el contenido estimado de minerales (macroelementos) en forrajes

Tabla 2.7. Contenido promedio de principales minerales presentes en forrajes.

Porcentaje de minerales presente en forrajes						
Macroelementos						
N	Ca	P	K	Mg	Na/Cl	S
2-5	0,3 – 2,5	0,1 – 0,5	1 - 4	0,1 – 0,7	(escaso)	0,1 -0,4

7.2.4. Carbohidratos

Los carbohidratos (glucósidos, hidratos de carbono o sacáridos) constituyen $\frac{3}{4}$ partes del peso seco (materia seca) de las plantas, siendo componentes esenciales que se encuentran en azúcares, almidones y fibras, y cuya función primordial es proporcionar energía a los animales (Condori, 2014).

Su presencia en las plantas (incluyendo semillas) es abundante, debido principalmente a que la celulosa y hemicelulosa (Berumen et al., 2021) representan los componentes principales de la pared celular, y que constituyen la principal fuente de energía en forma de almidón y fructanos (Figura 1.7).

Los carbohidratos pueden clasificarse en monosacáridos o azúcares sencillos, disacáridos (oligosacáridos) que contienen de dos a ocho unidades de azúcares, y polisacáridos que contienen gran cantidad de azúcares sencillos. También pueden ser clasificados como estructurales o fibrosos y no estructurales o no fibrosos (Arias-Giraldo & López-Velasco, 2019).

En el caso de los carbohidratos no estructurales (azúcares simple y almidón) son compuestos solubles y digestibles con mayor presencia en gramíneas que en leguminosas. Los no estructurales, que forman mayoritariamente la pared celular de las plantas, representan la fracción no digerible, y su contenido se incrementa con la madurez de las plantas (Jaurena et

al., 2023), siendo por tanto factor limitante en la digestibilidad del forraje, afectando el valor nutritivo de las pasturas al haber mayores concentraciones de fibra lignificada en la estructura de las plantas forrajeras.

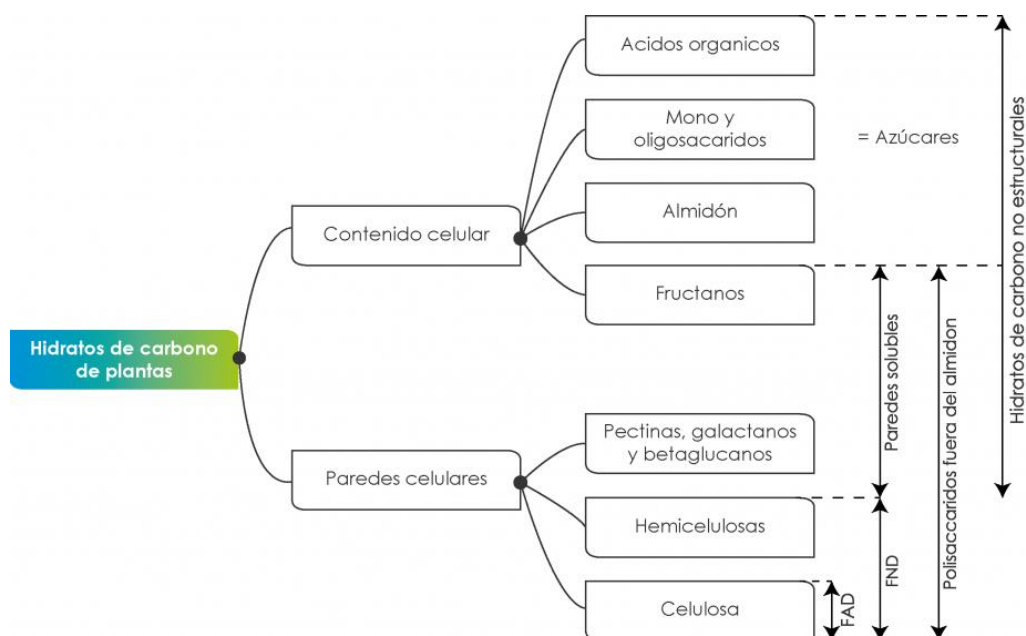


Figura 2.7. Carbohidratos en los forrajes.

<https://www.idena.fr/es/innovaciones/los-azucares-de-los-forrajes-un-elemento-a-tener-en-cuenta-para-el-rationamiento-de-rumiantes/>

7.3. Métodos para la determinación ecológica de praderas

Métodos bajo los cuales se fundamenta la evaluación de praderas o pastizales, a partir de terminologías en función de las unidades de análisis, tales como paisaje como unidad de análisis geográfica, potreros como unidad de análisis enmarcados en las pasturas, y el pasto como base alimenticia del ganado en pastoreo (Arias y otros, 2023)

7.3.1. Modelos de ecosistemas de pastizales.

Los ecosistemas de pastizales pueden ser concebidos como comunidades vegetales con predominancia de pastos, ecosistemas que pueden ser producto de la acción de la naturaleza o consecuencia de la acción humana, y que cubren alrededor del 25% de la superficie del planeta (Patiño et al., 2021). Los pastizales son analizados como sistemas ecológicos,

constituidos por especies animales y vegetales entre las cuales existen relaciones de interdependencia y a su vez con el medio ambiente abiótico.

El sobrepastoreo afecta negativamente la diversidad y abundancia de especies forrajeras, con impacto en el ecosistema (Celaya et al., 2023). Por lo complejo de estos ecosistemas se han desarrollado modelos que permiten la identificación y evaluación de los factores relevantes para el manejo sustentable del mismo (Sabattini et al., 2023), entre los cuales destacan en modelo clásico para manejo de pastizales (clímax) y el de estados y transiciones.

El modelo clímax, desarrollado por Clements (1936) indica que el pastoreo es un proceso que, dependiendo de su intensidad y/o frecuencia, puede desencadenar cambios en la vegetación, denominados sucesión vegetal. Según este modelo la vegetación en los ecosistemas naturales se desarrolla en forma unidireccional hasta llegar a un estado estable denominado como el estado clímax, en el cual, la vegetación se desarrolla de forma progresiva y ordenada siempre en cuando no haya perturbaciones como el sobrepastoreo o fuego, producen cambios en el ecosistema (biodiversidad, cobertura vegetal, productividad), haciendo que se aparte de su estado estable (Figura 3.7).

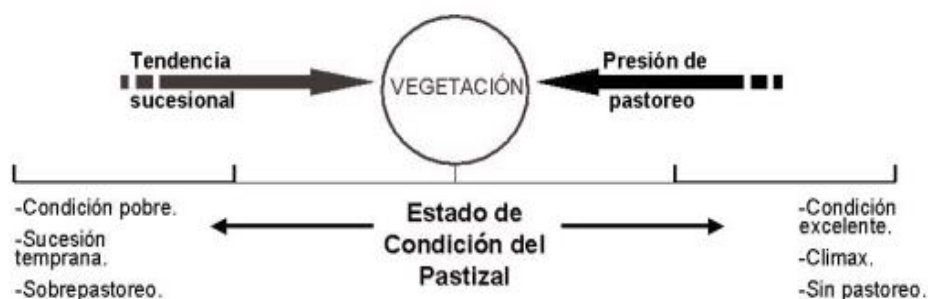


Figura 3.7. Modelo clásico de respuesta de la vegetación frente a la presión de pastoreo de Dyksterhuis (1948), basado en el modelo de sucesión lineal de Clements (1936)

Las críticas al modelo clímax basado en el estado de equilibrio y unidireccionalidad de los cambios en la comunidad vegetal, ha derivado en modelos más integradores como el Modelo de Estados y Transiciones (Kröpf et al., 2015), el cual incorpora múltiples vías de sucesión ecológica y estados estables, umbrales de cambio; y transiciones discontinuas e irreversibles, los cuales se integran para explicar las variaciones que se dan en la comunidad vegetal, complementando las variaciones de estado considerando la condición del área y la tendencia del pastizal.

El enfoque del Modelo de Estados y Transiciones se basa en las siguientes premisas (López et al., 2009):

- Los cambios observables en la vegetación no siempre son lineales
- No siempre es reversible el pasaje de un estado a otro
- Puede haber más de un estado estable
- Las transiciones negativas suelen ser más factibles que las positivas
- Existen factores adicionales al pastoreo y carga animal que tienen impacto en la dinámica de la vegetación, tales como eventos climáticos y otros disturbios.

7.3.2. Flujo de energía en los pastizales.

El flujo de energía en el ecosistema pastizal resulta de utilidad en el estudio de estos agroecosistemas. Los organismos que lo integran, organizados en niveles tróficos, captan y transforman la energía incidente, existiendo interacción entre poblaciones, tanto del mismo nivel trófico como entre los distintos niveles. Usualmente se identifican dentro del diagrama de flujo de energía de un ecosistema los siguientes componentes o niveles tróficos: productores, consumidores primarios (herbívoros), consumidores de orden superior (secundarios o terciarios) y descomponedores, cada uno representado en el diagrama de la Figura 4.7.

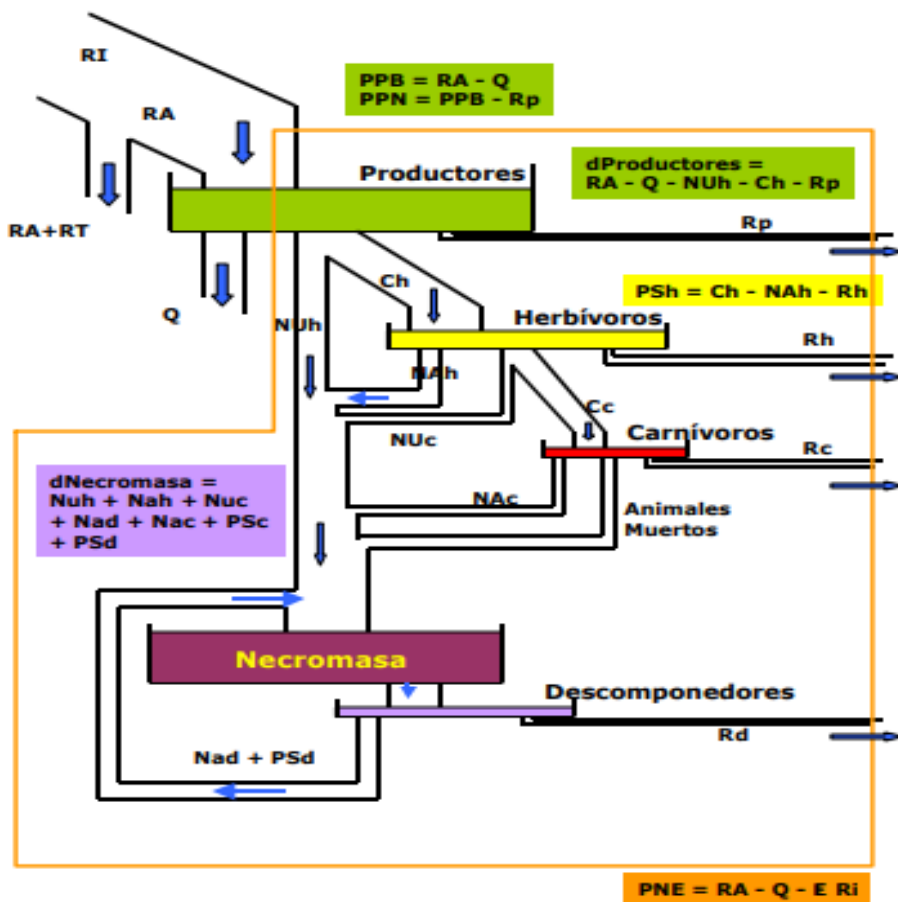


Figura 4.7. Flujo de energía de un ecosistema

<https://www.agro.uba.ar/users/batista/EE/papers/paruelo.pdf>

Los productores primarios interceptan la energía solar transformándola en energía potencial (fotosíntesis) cuyo producto final constituye la Producción Primaria Bruta (Ramírez et al., 2006) cuya porción no respirada se acumula como biomasa que representa la Producción Primaria Neta (Nebel et al., 2000). La biomasa acumulada en especies vegetales queda disponible para niveles tróficos superiores, siendo consumida por herbívoros (CH), donde una porción de esta energía no es utilizada por éstos (NUH), pasando a formar parte de la biomasa muerta (necromasa) y quedar disponible para los organismos descomponedores.

Cabe destacar que no toda la energía consumida por herbívoros es asimilada (NAH, no asimilada) siendo eliminada como excretas que pasan a formar parte de la necromasa (Ramírez-Iglesias et al., 2017). La energía asimilada formará parte de ese nivel trófico como Producción Secundaria Neta (PSN), la suma de todas esas acumulaciones de energía en el ecosistema se denomina Productividad Neta del Ecosistema (Robles et al., 2023).

Se estima que el 17% de la energía potencial de los productores es transferido a los herbívoros, los consumidores de segundo orden obtienen el 21% de la energía potencial, los consumidores de tercer orden reciben únicamente cerca del 0.1% de la energía potencial que originalmente se encuentra en los productores (Flores et al., 2018).

Resulta importante tener conocimiento de la composición y abundancia de especies de cada nivel trófico, a fin de entender el comportamiento en conjunto del ecosistema pastizal y en base a ello poder tomar decisiones orientadas al manejo sostenible del mismos maximizando el flujo de energía.

7.3.3. Sitio de pastizales

En el ámbito del manejo de pastizales se denomina sitio a un área relativamente homogénea en cuanto a suelo, clima y topografía, que, ante ausencia de disturbios o perturbaciones, suelen presentar una vegetación relativamente homogénea (Borrelli y Oliva, 2001).

Las divergencias que hacen que difieran los sitios (adyacentes) inciden en el potencial forrajero de los mismos y en las necesidades específicas de manejo que permitan un aprovechamiento adecuado del pastizal, y por tanto los sitios han de denominarse considerando sus características físicas y no en función de los tipos de vegetación presente en éstos.

7.3.4. Condición de la Pastura.

La condición de la pastura es un concepto relevante, existiendo variadas en cuanto a lo que éste implica. Desde un enfoque ecológico es referido como el grado de alejamiento que tiene el pastizal de su estado clímax (Caruso et al., 2012), siendo expresión por tanto del grado relativo en que los tipos, proporciones y cantidades de especies en un área guardan semejanza con la comunidad clímax de dicha área.

Considerando la condición como el estado de salud del pastizal, Pellant et al. (2008) y la National Research Council (1994), indican que hace referencia a cómo se encuentra la estructura y funcionamiento del ecosistema, considerando el grado de integridad del suelo, vegetación, agua, y los procesos ecológicos relacionados con el ciclo del agua, flujo de energía y ciclo de nutrientes del ecosistema pastizal, si éstos están balanceados y son manejados de manera sostenible.

7.4. El muestreo de la calidad del forraje.

El muestreo representa un proceso importante para determinar la calidad del forraje (pastizal), a través del cual es factible obtener resultados altamente confiables a partir de una pequeña muestra, que faciliten la toma de decisiones para su cosecha (corte o pastoreo), por lo que la muestra ha de ser realmente representativa de la pastura o forraje estimándose un mínimo de diez muestras por hectárea (empleando cuadratas de 1 m²) como un valor representativo (Berumen et al., 2021).

El adecuado muestreo implica tomar en cuenta la altura de corte en función del tipo de pastura: 5 cm pastos cespitosos, 7 cm en pastos de media altura y en pastos tropicales entre 15-30 cm dependiendo de la especie (Martínez et al., 1989). Igualmente es recomendable recolectar varias submuestras y combinarlas empleando metodologías de cuarteo hasta obtener muestras de al menos 500 gr aproximadamente que son representativas y expresan el peso de materia verde o peso fresco.

7.4.1. Identificación de muestras de los forrajes

Las muestras representativas obtenidas deben ser almacenadas en bolsas plásticas, removiendo el contenido de aire, proceder a su cierre y remitir al laboratorio lo más pronto posible. En los casos en que las muestras no puedan remitirse prontamente al laboratorio para su análisis (24 horas) deben ser refrigeradas para asegurar el contenido de materia seca y minimizar su descomposición (Oquendo et al., 2006), hecho de mayor importancia si se trata de material con alto contenido de humedad.

La identificación de la muestra debe incluir, al menos: nombre del productor, nombre y ubicación del predio, tipo de forraje, número de la muestra, fecha en que se realizó el muestreo, y se debe considerar incluir el tipo de análisis requerido y cualquier información adicional relevante, como fertilización empleada (Figura 5.7).



Figura 5.7. Muestreo de forraje.

<https://rockriverlabmexico.com/wp-content/uploads/2021/01/Protocolo-de-Muestreo-Forrajes-RRL-Mx-2020.pdf>

7.4.2. Determinación de la materia seca.

La materia seca es la parte que queda de una muestra de forraje fresco o materia verde a la que se le ha extraído el agua (deshidratado) mediante secado forzado utilizando estufa u horno microondas (De La Roza-Delgado et al., 2002). Su determinación se efectúa dado que en ella se concentran todos los nutrientes utilizados en nutrición animal.

Para análisis bromatológico o de digestibilidad in vitro la muestra es sometida a deshidratación durante a una temperatura de 60 °C (Oliva et al., 2015), bien sea empleando estufa u horno microondas (Figura 6.7). Para los trabajos en campo se ha utilizado el microondas por ser una técnica rápida (10 a 20 min aproximadamente) y se puede utilizar una cantidad de material vegetal entre 50 y 250 g.



Figura 6.7. Secado de muestras.

<https://steemit.com/stem-espanol/@amestyj/pastizales-metodo-de-muestreo-y-calidad>

7.4.3. Molienda y rotulación

Proceso posterior al secado o deshidratación del pasto en el cual éste mantiene sus cualidades nutricionales, (De La Roza-Delgado et al., 2000) y en el cual empleando equipos especializados se procede a la molienda (modificación de estructura primaria de hojas y tallos) con el propósito de obtener material de diferentes tamaños (partículas de harina) dependiendo de los análisis que se pretenden realizar para evaluar la calidad de la muestra.

El material obtenido de la molienda representa la materia prima a ser utilizada para los análisis en laboratorio, y su preservación y conservación conlleva el uso de recipientes de vidrio debidamente cerrados y rotulados (identificación de la muestra), donde la muestra molida es colocada, a fin de evitar posibles daños o deterioro de la misma por efecto de la humedad.

7.5. Análisis bromatológico

El valor nutricional de los pastos y forrajes es un parámetro dependiente de en gran medida de los porcentajes de proteína, carbohidratos, digestibilidad y energía, de ahí la relevancia de llevar a cabo el control analítico de la oferta forrajera como clave para el aprovechamiento de sus cualidades (López-Vigo et al., 2019).

El análisis bromatológico (proximal, físico-químico) es una herramienta que permite conocer los porcentajes de nutrientes contenidos en pastos, forrajes e incluso alimentos balanceados empleados en la nutrición animal, que facilita la toma de decisiones en cuanto a la dieta animal y manejo de la pradera (Naranjo-Guerrero et al., 2022).

7.5.1. Tipos de análisis realizados al pasto

Los análisis que usualmente se realizan a las muestras contemplan contenido de materia seca (parcial o total), digestibilidad de materia seca, cenizas, proteína cruda, lignina, fibras (fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA)), extracto etéreo, compuestos grasos y carbohidratos, pudiendo adicionalmente proceder a la determinación del contenido de macro y micro nutrientes y valoración energética (Naranjo-Guerrero et al., 2022).

7.5.2. Determinación de la proteína

El contenido proteínico de los pastos puede ser determinado por diversos métodos, siendo el más habitual su cuantificación de forma indirecta y aproximada a partir del nitrógeno contenido en la muestra aplicando el método Kjeldahl (Lanza et al., 2016), descrito en diversas normativas.

La convención general, sobreentendida, es que la totalidad del nitrógeno de la muestra está en forma proteica y es por ello que se denomina “proteína bruta”, “proteína cruda” o “proteína total” a la obtenida por este método (Gaviria et al., 2015). En promedio en proteínas el contenido de nitrógeno es 16%, por lo que el porcentaje de proteína es calculado como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6.25 ($100/16 = 6.25$).

En términos generales la proteína cruda en forrajes se encuentra entre menos de 5% en los residuos de cosechas hasta más de 20% en leguminosas de buena calidad, así mismos subproductos de origen animal son usualmente muy ricos en proteína con más de 60% de proteína cruda (Mora-Maldonado et al., 2020).

En los casos en que se requiera determinar la conformación proteica o calidad de la proteína cruda, se deben implementar otros métodos que permitan establecer el perfil por tipo de

proteínas y compuestos nitrogenados (fraccionamiento de proteínas), como el sistema de predicción de la Universidad Cornell (Mestra et al., 2021).

7.5.3. Determinación de fibras

En pastos y forrajes la fibra hace referencia a las paredes celulares, que representan la porción orgánica difícil de digerir por los animales, y que están constituidas por celulosa, lignina, hemicelulosa, pectina, inulina, agar, quitina, gomas y silicatos, correspondiendo a la celulosa y hemicelulosa los mayores porcentajes en la constitución de la fibra, seguida de la lignina y pectinas (Segura et al., 2007)

El sistema de análisis Fibra Detergente es el más importante en investigación sobre nutrición animal, desarrollado por Peter Van Soests (Van Soest & McCammon-Feldman, 1984), a partir del reemplazo de fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno por solubles en detergente neutro (SDN), fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDA) y lignina.

SDN constituye las fracciones completamente digeribles de carbohidratos y proteínas, así como lípidos y algunas cenizas (Paredes & Goicochea, 2021); mientras que FDN representa la fibra estructural (de Souza et al., 1999), la cual es sólo parcialmente digerible, y lignina es la fracción de FDN completamente indigerible.

El perfil de fibras por tanto es un procedimiento químico mediante el cual se logra determinar la FDN y la FDA, que esencialmente difieren por las soluciones utilizadas en cada método para la disolución de los compuestos que se encuentran en las fibras de las muestras forrajeras analizadas (Arias et al., 2023).

Existen diferentes protocolos y métodos para el análisis de fibras y paredes celulares orientados a determinar la calidad de forrajes empleados en nutrición animal, cada uno con debilidades y fortalezas, y la escogencia de un determinado método estriba en los objetivos o necesidades del usuario (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Usos y limitaciones de los principales métodos de análisis de fibra empleados para determinar calidad de forrajes

Método	Fracción de forraje medida	Limitaciones	Descripción
Fibra Cruda (FC)	Porción de pared celular que sobrevive a digestión en	Remoción de polisacáridos celulósicos y lignina	Sistema Weende (análisis no proximal). Método gravimétrico

	solución ácida y alcalina.	Elimina hemicelulosa.	donde la concentración de fibra es medida como fibra cruda.
	Se recupera celulosa y lignina mayormente		Método oficial de la AOAC para análisis de alimentos.
Fibra Detergente Neutra (FDN)	Fracción de alimento incompletamente digerible. Recuperación casi total de las paredes celulares de pastos.	Problemas en la remoción de almidón y proteínas. Pectinas removidas. Pobre estimación de la pared celular en leguminosas ricas en pectinas. Puede ocurrir sobreestimación de contenido de fibra.	Método Van Soest que ha reemplazado al FC en nutrición ruminal. La hidrólisis con FDN permite determinar azúcares hemicelulósicos. La AOAC aprobó en 2002 el método aFDN, que utiliza a-amilasa para reducir determinadas interferencias.
Fibra Ácido Detergente (FAD)	Porción de pared celular. Recuperación completa de celulosa. Incluye celulosa y lignina, cantidades variables de xilanos y otros componentes.	Porción significativa de lignina es solubilizada	Método de análisis aprobado por la AOAC. Variación: usar FDN como pretratamiento
Lignina Ácido Detergente (LDA)	Lignina	Solubilización de la lignina en el paso de FDA	Mide residuo remanente posterior a hidrólisis ácida. Más empleado en nutrición de rumiantes. Posible subestimación del valor de lignina.
FDA menos LDA	Celulosa	Limitaciones en los métodos FDA y LDA Sobrestimación de celulosa	Normalmente empleado en análisis de pastos y forrajes para nutrición de rumiantes
FDN menos FDA	Hemicelulosa	Limitaciones en los métodos FDN y FDA. Estimados de hemicelulosa basado en FDN sobreestimados por proteínas no extraídas.	Normalmente empleado en análisis de alimentos para nutrición de rumiantes.

Fuente: Adaptado de Segura y otros (2007)

7.5.4. Determinación de fuentes de energía

En alimentación animal, la energía es el nutriente más limitante para el desempeño productivo de los animales, es por esta razón que conocer su concentración y disponibilidad en los alimentos es de importancia.

El valor energético de los alimentos puede ser expresado de diversas maneras, desde la energía bruta (EB), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN) (Mendoza Martínez et al., 2008), hasta los nutrientes digestibles totales (NDT); este último es similar a la ED.

La mejor manera de conocer el valor energético de los alimentos en rumiantes, es mediante ensayos in vivo, pero su implementación es laboriosa y costosa., por lo que se han desarrollado técnicas in situ o in vitro para las estimaciones de la calidad nutricional de los alimentos (Giraldo et al., 2007).

Uno de los métodos más utilizados para estimar el contenido energético de los alimentos, es la utilización de ecuaciones de predicción basadas en la composición química y/o en evaluaciones biológicas; entre esas ecuaciones de predicción se encuentra la desarrollada por Weiss et al. (1992), que utiliza un modelo mecanístico para predecir el valor de energía (Bruni et al., 2014). El modelo desarrollado por Weiss et al. (1992) utiliza los NDT para predecir el contenido energético. También se han realizado ecuaciones empíricas tomando en cuenta la fibra detergente ácida (FDA); que presentan errores de precisión en la predicción de 2 a 8 unidades porcentuales de NDT (Lundberg et al. 2004).

Muchas técnicas in vitro que se utilizan para determinar el contenido nutricional de forrajes varían en su precisión, pero las que simulan un ambiente ruminal con microorganismos ruminales son las que ofrecen los mejores resultados (Cerrillo et al. 2012).

7.5.5. Ceniza

Las cenizas, medidas porcentualmente, representan el contenido total de minerales de un forraje, que suelen provenir de la ceniza interna de la planta (magnesio, calcio y potasio) y por efectos de la contaminación del suelo (hierro, aluminio y sílice). Se estima que el porcentaje de cenizas en pastos varía entre el 6-8% y en leguminosas entre el 8-10% (Maldonado et al., 2013).

Los análisis de pastos y forrajes suelen incluir el porcentaje de cenizas, el cual se realiza en el laboratorio utilizando un horno de combustión o mufla (Morocho et al., 2023) que deja como

residuo de la muestra sometida al mismo únicamente la ceniza, como resultado de la quema de los componentes orgánicos a 550 °C durante 5 horas.

Las cenizas insolubles en ácido clorhídrico representan el contenido del alimento en minerales indigestibles para el animal.

7.5.6. Comparación con valores de referencia

La composición nutritiva de los alimentos conocida a partir del análisis de los mismos constituye herramienta fundamental en el manejo adecuado y la formulación de raciones, y así satisfacer los requerimientos del animal y suplir el desbalance de forraje. La interpretación y análisis de los resultados comprende su comparación con valores de referencia establecidos en la literatura (Portillo-López et al., 2019), entre los cuales se tienen los presentados en las tablas 4.7.

Tabla 4.7. Criterios para caracterizar el valor nutricional de forrajes

Clasificación relativa	Características de los forrajes			
	Digestibilidad DMO (%)	Fibra FDN (%)	Lignina LDA (%)	Consumo (%) de PV
Alto	>70	<45	<5	<3
Medio	55-70	45-65	5-10	2-3
Bajo	45-55	65-80	10-15	1-2
Muy bajo	<45	>80	>15	<1

Fuente: León et al. (2012)

CONCLUSIONES

Para que el análisis bromatológico refleje las condiciones reales de la calidad de la pradera o del método de almacenamiento de forrajes, es necesario que se realice un procedimiento de muestreo adecuado, considerando la recolección etiquetado y procesamiento de la muestra de tal manera, de que los valores producto del análisis bromatológico reflejen con certeza la realidad que se desea describir.

El análisis bromatológico además de expresar la calidad del pasto o el forraje empelado en la alimentación animal, refleja el estado de salud de la pradera o de la aplicación correcta o incorrecta de la técnica de almacenamiento, por lo que valores fuera de los rangos de referencia, indican que se deben tomar las medidas pertinentes para mejorar la calidad de los recursos forrajeros que se están produciendo.

Un adecuado análisis bromatológico además de evaluar la calidad del forraje es una información clave para tomar decisiones sobre el manejo nutricional de la especie animal, además de servir de insumo para la formulación de raciones alimenticias, que tienen como objetivo mejorar el manejo nutricional del rebaño, lo cual se traduce en una mayor ganancia de peso o producción de leche, de acuerdo al propósito del sistema de producción.

CAPÍTULO 8:

CLAVES PARA EL USO SOSTENIBLE DE LAS PRADERAS

RESUMEN

La calidad de una pradera y por lo tanto la oferta de forrajes bien sea para consumo in situ o para almacenamiento dependen del manejo sostenible de los recursos bióticos y abióticos, lo cual está relacionado a pecosos de preparación de tierra fertilización de potreros, control de plagas y enfermados y riego, de tal manera que se debe procurar un uso sostenible de la pradera, de tal manera de garantizar la salud de la misma y por lo tanto una producción constante de forraje en términos de cantidad y calidad, por lo que este se capítulos se abordan los criterios que se deben considerar para el manejo productivo de praderas bajo un modelo de producción sostenible y los beneficios de este, así como las consecuencias de tomar en cuenta estas consideraciones.

Palabras clave: calidad, manejo, producción, rendimiento, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

Los modelos de producción agrícola se basaban en el uso intensivo de los recursos naturales como insecticidas, fertilizantes, mecanización y herbicidas (Cuadras-Berrelleza et al., 2021), cuyas consecuencias, si bien produjeron un aumento de la producción, no fue sostenible lo cual se observó en el deterioro de los recursos suelo y agua, con la consecuente baja de la productividad agrícola, así como problemas de salud pública (Aldaz et al., 2020) afectando la calidad de vida de la población mundial.

La producción de forrajes no es ajena a este problema de que las praderas se han manejado bajo un modelo de producción intensivo, lo que ha llevado a un deterioro de las mismas por problemas de compactación de suelos, salinización, acidificación (Alegre et al., 2019), entre otros, lo que ha traído como consecuencia una pérdida de la calidad de la pradera y una reducción de la oferta de pastos y forrajes en la cantidad y calidad requerida para la producción animal.

El deterioro de las praderas se ve reflejado en una menor cantidad de producción de material vegetal, pero también en la disminución de la calidad del forraje producido, lo cual es desde el punto de vista productivo negativo, ya que se traduce en menor ganancia de peso y menor producción de leche en los sistemas de producción agropecuaria, para revertir esta situación se debe recuperar la calidad de los suelos, para lo cual se ha asumido sistema de producción sostenible, lo que algunos denominan ganadería regenerativa (Montesino & Vergara, 2020).

La clave de la producción sostenible de pastizales pasa por el uso racional de los mismos, por lo cual en este capítulo se hace énfasis en el manejo de los mediante sistemas de rotación y uso de cercas vivas para evitar el tránsito libre del ganado y reducir así los problemas de compactación, que limita la capacidad productiva del suelo, así mismo también se hace hincapié en el sistema de manejo del suelo, mediante sistema de fertilización y mecanización que causen el menor impacto posible, reduciendo los problemas de degradación antes mencionado.

Afortunadamente la concientización de muchos productores es visible hoy día, más que por la preocupación del deterioro ambiental por la pérdida de la capacidad productiva de sus praderas, porque que ha retornados a principios de manejo natural de la misma basado en criterios agroecológicos, el cual se centra en la recuperación de sus propiedades físicas y en particular de los niveles de materia orgánica, lo cual obviamente mejora la fertilidad de los suelos y reducirá los problemas de contaminación al restringir el uso de agroquímicos, lo que se conoce como sistemas regenerativos cuyo propósito no es más que recuperar la condiciones originales del agroecosistema, en este casos de la pradera (Alonso et al., 2020).

8.1. Sistemas de cercas

Los sistemas de cercas, independiente del tipo, resultan indispensables en el buen manejo de animales en praderas y las pasturas que la conforman. En función de las características de la pradera, explotación animal y de la ubicación se debe tomar la decisión del sistema a implementar (Pérez-Almario et al., 2021).

8.1.1. Cercas para la división de potreros:

Las cercas son estructuras utilizadas en la división (delimitación de áreas) de los potreros facilitando el manejo racional de animales permitiendo la regulación del pastoreo, guardar el ganado periódicamente y ejerciendo una barrera para el mismo. Adicional a las funciones básicas descritas, las cercas permiten la delimitación del predio, y en función del sistema implementado puede proporcionar beneficios adicionales a nivel ecosistémicos (sistemas silvopastoriles).

8.1.2. Cercas muertas

Las cercas muertas son las construidas con material “no vivo” siendo empleadas para la delimitación de los potreros y el manejo del mismo. Este tipo de cercas incluye las construidas con piedras, alambre y las paredes divisionales.

Las cercas de piedra son frecuentemente empleadas en zonas pedregosas por la facilidad y disponibilidad de material para su construcción (Wieser et al., 2021), siendo estructuras bastante homogéneas y amigables medioambientalmente. La altura suele variar entre 1,10-1,20 metros, con un ancho de base de 0,60 metros y anchura superior de unos 0,40 metros. Presentan como inconveniente su alto costo de mantenimiento (Figura 1.8).



Figura 1.8. Cerca de piedras.

<https://mapio.net/images-p/13949837.jpg>

Las cercas de alambre de espino o púas si bien es más respetado por el ganado, posibilita usar menos hilos (uno o dos), se puede adquirir fácilmente y se adapta a cualquier tipo de postes, presenta como inconvenientes que no admite mucha tensión, su manejo y montaje es dificultoso, es más costoso que el alambre liso, exige mayor cantidad de postes y primordialmente es poco recomendable por los daños o accidentes que puede causar a los animales (Figura 2.8).



Figura 2.8. Cerca de alambre de púas.

<https://globalaceros.mx/producto/alambre-de-puas/>

Las cercas de alambre liso, en comparación con el anterior, admite tensiones más elevadas, su montaje y manejo es menos laborioso, resulta más económico, permite mayor separación entre postes y por ende un menor número de éstos. No obstante, exige un mayor número de hilos requiere vigilar la tensión la cual debe mantenerse elevada, exige separadore, requiere de un anclaje fuerte y exige un trazado y alineación casi perfecta.

8.1.3. Cercas vivas

Se estima que más de la mitad de la superficie del planeta se utiliza para labores agrícolas y ganaderas, lo que conlleva a modificaciones en la calidad y conectividad del hábitat (Haddad et al., 2015), y consecuentemente al incremento del uso de agroquímicos, erosión de suelos y deterioros de fuentes de agua (Murgueitio et al., 2011), y es bajo este panorama que las cercas vivas dentro de los sistemas productivos han sido manejadas como estrategia de manejo del paisaje, que favorece la diversidad biológica y aumenta productividad y rendimiento de dichos sistemas (Figura 3.8).



Figura 3.8. Cercas vivas.

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Establecimiento%20y%20manejo%20de%20cercas%20vivas%20(2).pdf

Las cercas vivas, método más duradero y económico que las cercas muertas y eléctricas (Marroquín-Pugas et al., 2022), son empleadas frecuentemente para la demarcación de espacios agrícolas, praderas y límites de fincas, conformando redes de especies arbóreas y herbáceas que contribuyen al manejo de pastoreo.

Este tipo de cercas pueden clasificarse como simples o multiestratos, dependiendo de la composición de especies empleadas y su estructura: las simples están formadas por una o dos especies dominantes que son manejadas a alturas similares, y las multiestratos la componen más de dos especies multiusos. Los usos y percepciones que se tienen de las cercas vivas son mostradas en la Tabla 1.8.

Tabla 1.8. Uso y ventajas vivas en los sistemas de producción animal.

Usos de cercas vivas	Percepciones de las cercas vivas
----------------------	----------------------------------

• Forraje	• Aumento de conectividad estructural del paisaje
• Madera/Leña	• Fuente de ingresos adicionales
• Provisión de frutos	• Capacidad de rebrote, durabilidad y sustentabilidad
• Evitar erosión del suelo	• Actividad de bajo costo
• Retener humedad en suelo	• Controladoras de plaga
• Proporcionar sombra	• Mejorar fertilidad del suelo
• Aporte de nutrientes a cultivos	• Reducción de presión sobre vegetación remanente
• Rompevientos	• Contribuyen a la fijación del carbono
• Suplementación nutricional animal	

Fuente: Adaptado de Morantes y Renjifo (2018)

8.1.4. Cercas mixtas: árboles, alambre.

Sistema en el cual se combinan elementos de cercas vivas y cercas muertas, donde se emplean árboles cuyo tronco sirve de base para el componente inerte de la cerca mixta (alambre). Las cercas mixtas resultan más duraderas que el sistema tradicional que utiliza estacas para la sujeción del alambre por ser éstas más vulnerables al ataque de plagas y de microorganismos, ya que el material vivo utilizado como postes resulta menos proclive a los efectos de éstos (Dzib-Castillo et al., 2021).

8.1.5. Cercas eléctricas

Sistema de cercado que permite la división de los potreros y mejorar el manejo animal (pastoreo) bajo sistemas rotativos (Figura 4.8). Está conformado por un energizador (pulsador) que es alimentado por una fuente de energía que bien puede ser la red eléctrica convencional, un acumulador o batería, la red de hilos y una conexión a tierra (Lodeiro-Ocampo et al., 2021).



Figura 4.8. Cerca eléctrica en un potrero.

<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/conozca-como-establecer-un-sistema-de-cercado-electrico-exitoso>

Operativamente, el pulsador o energizador de las cercas eléctricas se encarga de elevar el voltaje hasta unos 15.000 voltios con niveles escasos de energía provocando un choque eléctrico (Iturbide, 1980). El animal al recibir el choque eléctrico recibe la descarga, reaccionando en consecuencia.

El período de aprendizaje y acostumbramiento del animal es relativamente corto, respetando el cercado al cabo de un par de choques eléctricos. La experiencia indica que incluso en casos en que la cerca eléctrica permanezca varios días sin energía los animales no se acercan a la misma, lo que indica que el sistema puede emplearse como entrenamiento sin causar lesiones, a diferencia del alambre de púas.

Comparado con el cercado tradicional (alambres lisos o de púas) presentan ciertas ventajas, tales como:

- Reducción de costos: menor costo de instalación, mantenimiento más sencillo, reduciendo costos alrededor del 80%.
- Facilidad de instalación, fácil y rápido transporte
- Ahorro: mantenimiento sencillo y económico (tiempo, insumo y mano de obra)
- Mayor vida útil
- Permite mejorar el manejo de la pradera (cercas eléctricas móviles)

Existen trabajos que señalan que las cercas eléctricas, además de las ventajas mencionadas, resultan beneficiosas en el control de plagas y malezas, ya que rompen el ciclo de vida de los

insectos y estimulan la producción de pasto por efecto del buen manejo de la pradera (Arias et al., 2023).

8.2. Sistema de pastoreo

El pastoreo entendido como el consumo directo que al ganado hace de pastos, arbustos forrajeros y especies arbóreas representa la forma más económica y eficiente para la alimentación animal (Cuesta, 2005), y es por ello que los sistemas de pastoreo como alternativas de uso de las praderas y pasturas por los animales tienen la finalidad de mantener una alta productividad de forraje de alta calidad, manteniendo un balance favorable entre las especies forrajeras, hacer un uso eficiente del forraje, favoreciendo el uso sostenible del suelo, reduciendo la presión de pastoreo a través de períodos de descanso adecuados. En otros términos, los sistemas de pastoreo consisten esencialmente en variaciones de la distribución espacial de los animales, y del tiempo, sea de ocupación o descanso (Di Virgilio et al.,2019).

Factores como las especies utilizadas como forraje, el diseño de sistemas silvopastoriles, características de la zona y de la explotación, recursos disponibles, fin productivo, entre otros, deben ser evaluados a fin de planificar, seleccionar e implementar el sistema de pastoreo adecuado (Espinosa et al., 2016).

8.2.1. Pastoreo continuo.

El pastoreo continuo hace referencia a un sistema extensivo de pastoreo en el que los animales permanecen durante un período de tiempo prolongado en el mismo potrero (Kaufmann et al., 2019), y es usualmente empleado en pasos naturales con baja producción y crecimiento.

Este sistema se asocia a baja intensidad en términos de carga animal, y presenta el inconveniente por sus características, que es difícil de controlar el grado de utilización de la pastura por el comportamiento selectivo en el consumo por parte de los animales con efecto negativo en aquellas especies preferidas por éstos, y adicionalmente no se le otorga períodos de descanso, las ventajas y desventajas del mismo, se describen en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Ventajas y desventajas del sistema de pastoreo continuo.

Ventajas	Desventajas
----------	-------------

Poca inversión (cercas, bebederos, saladeros, etc.)	Carga animal muy baja
Mínimos gastos operativos derivados de menores gastos en mano de obra (escaso manejo animal)	Sobre pastoreo en épocas de escasez de pasto
Mínimas reinversiones	Subpastoreo en época de abundancia de pastos
Posible aprovechamiento de pastos ocasionales	Selección de especies más palatables y de mejor calidad conlleva a a pérdida de especies más valiosas
	Crea condiciones para aparición de especies indeseables y degradación de pradera
	Animales menos dóciles que dificulta su manejo

8.2.2. Pastoreo rotativo y periódico.

Sistema de pastoreo en el cual se divide la pradera o área de pastoreo en dos o más potreros, permitiendo la movilización de los animales de uno a otro, facilitando el uso eficiente de los recursos forrajeros (Sabattini et al., 2019) que son aprovechados por los animales durante períodos cortos de tiempo lo que permite la recuperación de las pasturas.

El pastoreo rotativo implica la división en parcelas (potreros) empleando alguno de los métodos descritos para ello, los cuales son pastoreados en función de la disponibilidad de recursos, derivando en un manejo más racional que posibilita disminuir los efectos del pisoteo, brindar descanso prolongados a los potreros para su recuperación y una distribución más uniforme de las deyecciones. las ventajas y desventajas del mismo, se describen en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Ventajas y desventajas del sistema de pastoreo rotativo y periódico.

Ventajas	Desventajas
Adecuado manejo en función de la etapa fisiológica de los animales	Incrementos de costos: instalación y mantenimiento de cercas, bebederos y comederos
Manejo adecuado de la pastura	Requiere mayor mano de obra calificada
Oferta de forraje de mejor calidad	Se hace necesario implementar estricto plan sanitario
Reducción de especies indeseables en la pastura	Se deben realizar recorridos periódicos para monitoreo del estado de cada potrero
Facilita programación de manejo (carga animal, períodos de ocupación y fertilización)	Mayor número de chequeos de pasturas y animales
Incremento de la producción total de forraje	

Permite mejor manejo de programas
fitosanitarios u antiparasitarios

8.2.3. Pastoreo en franjas

Este sistema de pastoreo intensivo representa una variante del sistema de pastoreo rotacional, en el cual el tiempo de ocupación se limita a un día (e incluso menos), con la finalidad de controlar de manera más exacta la ración de consumo de forrajes incrementando la carga instantánea y reducir al mínimo el reusó.

El sistema implica el desplazamiento diario de los animales a través de la pradera (franjas como unidad) disminuyendo de esa manera las pérdidas de forraje y los tamaños de las parcelas (Muñoz-García et al., 2019). La base del sistema y el requerimiento base de fijar la superficie a pastar de manera diaria, implica el uso de cercas móviles normalmente eléctricas, así como una mayor disponibilidad de mano de obra para el manejo animal.

La implementación del sistema si bien permite mejorar la eficiencia de uso de la pradera, requiere un manejo óptimo en los períodos de descanso, que debe tomar en cuenta la tipología de la pradera, condiciones del suelo en cuanto fertilidad y su respuesta ante distintas condiciones climáticas.

8.2.4. Pastoreo diferido.

El pastoreo diferido puede ser entendido como una variante aplicable a los sistemas anteriormente descritos y no un sistema de pastoreo como tal (Yalli et al., 2020), fundamentado en el retraso temporal del aprovechamiento de los potreros por parte de los animales.

Básicamente refiere al hecho de permitir el descanso de la pradera o parte de ella (potreros) durante períodos de tiempo relativamente largos como para permitir la recuperación de la misma mediante la acumulación de forraje y semilla. El periodo de descanso depende del estado de desarrollo de las plantas, de las condiciones climáticas y época del año.

El pastoreo diferido, implementado correctamente y con la carga animal adecuada, permite mantener una buena condición de los animales y estabilidad de la comunidad de especies forrajeras. Además, permite la resiembra de especies anuales y recuperación de especies perennes, aprovechando el forraje maduro, cuya semilla es incorporada a través del pisoteo animal favoreciendo su germinación (Avendaño Rodríguez & Navarro, 2020).

8.3. Manejo sostenible del suelo

El manejo del recurso suelo de manera sostenible implica el manejo de praderas y producción de especies forrajeras no sólo pensado para proporcionar nutrición adecuada a los animales a fin de garantizar la productividad de los mismos, sino también orientado a implementar prácticas que minimicen el deterioro de este recurso.

El manejo del suelo de forma sostenible significa que las próximas generaciones puedan hacer uso del mismo a fin de satisfacer sus necesidades alimentarias a través del cultivo en los terrenos disponibles, sin que se vean afectadas áreas protegidas y demás recursos naturales (Stadler-Kaulich y Mamani, 2009)

El término manejo sostenible del suelo ha venido cobrando relevancia a consecuencia de la pérdida continuada del potencial productivo del mismo, siendo reconocido este recurso como algo más que un mero sostén de actividades benéficas para el hombre, pasando a ser considerado como un organismo vivo con funciones interconectadas a los ciclos de la vida misma (Sanabria et al., 2021).

La tarea de laboreo mecanizado del suelo ha permitido aumentar áreas de siembra en deterioro de su capa arable, favoreciendo a degradar en forma progresiva la superficie del suelo y facilitando la erosión (Gómez-Calderón et al., 2018), donde la tendencia actual debe orientarse al uso de sistemas que permitan el ahorro de energía y minimicen el impacto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Básicamente se tienen método de laboreo total o convencional, y los métodos de labranza mínima y labranza cero. En los métodos se utiliza la mecanización, pero en diferentes combinaciones de los implementos, secuencias y con diferencia en sus aspectos básicos teóricos.

8.3.1. Método de laboreo total (Convencional)

Método de labranza en el cual la preparación de la cama de semilla implica la manipulación física del suelo por equipos tales como: arado de vertedera, disco, rastra pesada, rotovator y rastra liviana. El proceso es muy mecanizado, dejando el suelo al desnudo y sin residuos

aparentes de la cosecha anterior, lo que puede ocasionar pérdida de suelo, compactación y degradación de los mismos (Figura 5.8).



Figura 5.8. Labranza del suelo.

<https://agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Estos-son-los-tipos-de-labranza-que-usted-puede-utilizar-en-su-predio.aspx>

La utilización sistemática de equipos mecanizados (arados, rastras) aunado frecuentemente a los monocultivos ocasionan una degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que al estar desnudo y desprotegido de cubierta vegetal es vulnerable a los efectos erosivos de las lluvias y el viento (Novillo et al., 2018).

Este método, si bien tiene aspectos beneficiosos a nivel fitosanitario y en el control de plagas al no haber restos de cosecha y malezas, tiene impacto negativo al reducir el contenido de materia orgánica, humedad y actividad biológica, afectando la estructura del suelo y por ende en el desarrollo radicular de las plantas y en su rendimiento, debido la compactación del suelo.

8.3.2. Método de la labranza mínima.

La labranza mínima como método de preparación del suelo, busca afectar o incidir lo menos posible en este recurso con los implementos agrícolas mecánicos, siendo un método conservacionista que facilita las condiciones de germinación de la semilla, desarrollo y crecimiento de las plantas, con incidencia en las interacciones alelopáticas entre residuos de la cosecha previa (al menos 30%) y la siembra siguiente (Hernández et al., 2013).

Este método a medio camino entre la labranza total (convencional) y la labranza cero, fundamentada en el porcentaje de residuos que han de permanecer en el suelo, y conjuntamente con el aprovechamiento biológico-natural de las especies vegetales, tiene un rol relevante en el manejo de sistemas agrícolas sostenibles (Figura 6.8).



Figura 6.8. Mínima labranza en pasturas para el ganado.

<https://www.contextoganadero.com/agricultura/labranza-minima-la-mejor-forma-de-establecer-pasturas-para-el-ganado>

La labranza mínima tiene impacto positivo en las reservas de carbono orgánico del suelo comparando agroecosistemas manejados con agricultura convencional con y sin residuos orgánicos. Adicionalmente, tiene otras ventajas como reducción de la erosión hídrica y eólica del suelo, mayor facilidad de siembra y cosecha, mayor retención de humedad, menor compactación, y mejora las propiedades físico, químico y biológicas del suelo (Rojas, 2001).

8.3.3. Método de labranza cero (*Siembra directa*)

La labranza cero, también denominada siembra directa en ciertas regiones, refiere al sistema de preparación de la cama de semilla, en el cual el suelo no ha sido intervenido por labores mecanizadas previas (Gómez-Calderón & Estrada-León, 2020), eliminando las labores presembrado y donde el control de malezas constituye un punto fundamental para su implementación.

Este método se basa en la no mecanización del suelo, cuya superficie queda cubierta por la disposición de residuos o rastrojos de cosecha evitando por tanto la perturbación del suelo mejorando la incorporación de materia orgánica y su densidad (Fonseca-Vargas et al., 2019),

debiendo considerarse como aspecto a cuidar la posible compactación de las capas superiores y su efecto en la germinación.

Figura 7.8. Maíz para forraje en siembra directa.



<https://eos.com/es/blog/siembra-directa/>

El método de labranza cero conlleva a cambios físicos en el suelo relacionados con el incremento de la densidad aparente, reducción de la porosidad y la temperatura, mejoras en la agregación y estructura, incremento de la retención de humedad, la presencia de residuos reduce el escurrimiento superficial y la evaporación. A nivel químico, se presenta en el suelo una reducción del pH en la capa superficial y un aumento del contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica (Cadena-Zapata et al., 2019).

La labranza cero es una práctica viable de producción aplicable a diversas condiciones edáficas y climáticas que permite minimizar la erosión y conservar la humedad del suelo, con el añadido de reducir los costos de producción. Sin embargo, se debe considerar las complicaciones en el momento de incorporar fertilizantes o pesticidas y la susceptibilidad a plagas y enfermedades a consecuencia de los restos de residuos de cosecha previas.

8.4. Manejo integrado de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas y enfermedades conlleva aplicar todas las técnicas y mecanismos de control idóneos que permitan mantener la incidencia de éstas en niveles inferiores a los que provocarían un daño económico (Martínez, 2010), es decir, mantener niveles inferiores al umbral de daño económico establecido.

Lo anterior implica utilizar conocimientos biológicos y ecológicos de las plagas, los cultivos y el medio ambiente, para facilitar la toma de decisiones sobre las acciones a tomar para lograr sistemas de producción sostenibles, sin mayor riesgo de pérdidas por plagas y contaminación ambiental.

Las técnicas de control a las que se hacen referencia, y que deben ser consideradas para su aplicación de manera conjunta, coherente y sobre la base de un monitoreo continuo, son:

control cultural, control mecánico, control biológico, control genético, control químico, e incluso aquellas regulaciones de control de índole legal (Tittonell, 2019).

En el marco del manejo integrado se tienen aspectos fundamentales que deben tomados en cuenta, tales como: selección y uso de especies resistentes, rotación de cultivos, asociación de mezclas forrajeras, manejo de riego y saneamiento, empleo racional de fertilizantes y productos agroquímicos, uso de controladores biológicos naturales, manejo del pastoreo el cual puede reducir poblaciones de plaga, entre otros, todo ello en pro de la sostenibilidad de la pradera.

El uso de los distintos métodos de control de plagas y enfermedades deben fundamentarse en la seguridad que éstos representen a animales, usuarios y consumidores, en su efectividad biológica para el control y reducción de plagas minimizando los daños que ocasionan, y en las ventajas que a nivel económico y ecológico estos métodos proporcionan a fin de mantener la sustentabilidad del sistema en su conjunto.

8.5. Manejo de Residuos

Los sistemas de producción en la actualidad conllevan normalmente el uso abusivo de ciertos elementos y la inutilización o desaprovechamiento de otros. Maximizar la utilización integral de los componentes residuales de los sistemas productivos constituye una forma de minimizar el impacto ambiental y por ende la sustentabilidad de los ecosistemas (Amézquita et al., 2013).

En este sentido, la búsqueda de alternativas se ha orientado a la gestión y aprovechamiento de residuos generados por los sistemas a fin de darles un valor agregado (Cury et al., 2017), revalorizando estos elementos desde la óptica de ser vistos como insumos y no como meros desechos, donde el tratamiento de residuos agrarios y sus posibilidades de reutilización depende de las características de los sistemas, su composición, volumen generado, dispersión, entre otros. El uso de residuos para la producción de forraje es considerado una alternativa eficaz que contribuye al reciclaje de nutrientes y posibilita el incremento de la oferta forrajera.

8.5.1. Manejo de residuos sólidos

El manejo de residuos sólidos en sistemas de pastizales y praderas constituidos por los residuos de biomasa vegetal y deyecciones de animales suelen tener un relativo autoabastecimiento de nutrientes minerales a causa de reciclaje interno que se lleva a cabo (Caro-Caro et al., 2014), donde resulta importante conocer el ciclo de nutrientes y su vínculo

con la composición de la pradera en cuanto a especies vegetales que la conforman a fin de diseñar estrategias productivas sustentables.

En este sentido la reutilización de residuos sólidos generados (restos de biomasa vegetal y deyecciones) representa una opción viable que permite reducir la contaminación, y debe ser considerada una estrategia en el mediano y largo plazo por los beneficios medioambientales y ecosistémicos que conlleva.

Ventajas

Los residuos sólidos son utilizados normalmente como abonos orgánicos, con efectos positivos en la calidad del producto final y al medio ambiente (Sáez & Urdaneta, 2014), además de los relacionados con el componente económico a nivel del productor. Estos abonos contribuyen con la calidad del suelo, al recibir éste nutrientes que originalmente fueron absorbidos por las especies vegetales y animales, permitiendo su restauración a nivel nutricional, que a su vez contribuye a mejorar los rendimientos productivos al verse favorecida la producción forrajera.

Desventajas

Aunque se ha reportado las ventajas del uso de desecho solidos por el aporte de nutrientes, el uso no controlado del mismo, puede traer problemas, que desmejorar la calidad del suelo, debido a la presencia de agentes contaminantes como se observa a continuación:



Figura 8.8. Desventajas del uso de aguas residuales.

8.4.1 Manejo de residuos líquidos

El manejo de residuos líquidos se asocia a las prácticas relacionadas con las aguas residuales generadas por las actividades económicas (Álvarez et al., 2019), cuyo reúso posterior a su tratamiento representa un paradigma en la actualidad, dados los avances en las técnicas de tratamiento y el déficit de agua destinada para riego agrícola. Es tal la importancia de las aguas residuales, que su fomento para ser empleadas para el riego en agricultura forma parte de los objetivos centrales de la Agenda XXI (Márquez et al., 2019), considerando que ello contribuye al desarrollo sustentable.

8.4.2 Riego con aguas residuales

Las aguas residuales son aguas que se han utilizado doméstica o industrialmente que suelen contener contaminantes biológicos y químicos en diferentes grados (Silva et al., 2008), como son: sólidos inorgánicos, disueltos, materia orgánica, metales pesados, microorganismos, nutrientes, etc., y que dependiendo de su composición requieren de tratamiento biológico, químico o físico para ser reutilizadas.

Los sistemas productivos agropecuarios demanda gran cantidad de agua, que al ser un bien cada vez más escaso, ha llevado a la implementación del riego de forrajes con aguas residuales, especialmente en regiones áridas y semiáridas donde la disponibilidad del recurso es baja, siendo una práctica que requiere un monitoreo y cuidado de sus parámetros de higiene.

La práctica es implementada en cultivos que normalmente se procesan antes de ser consumidos, tales como maíz y arroz, en cultivos industriales y en forrajes, destacando los pastos de corte por su adaptabilidad a las condiciones de secano, el uso de las mismas presentan una serie de beneficios asociados a la composición de las mismas y la disponibilidad propia del recurso: elevado contenido de nutrientes, mayor producción de los cultivos y mayor calidad de los mismos, representa una manera de incrementar el valor de la propiedad, es una práctica respetuosa del medio ambiente y una forma sostenible y de bajo costo de conservar el recurso reduciendo desperdicio del mismo (Sánchez & Acosta, 2023).

El riego con aguas residuales representa una alternativa viable, particularmente en zonas donde el recurso representa una limitante o es escaso (Vera et al., 2016), no sólo por el hecho de poder disponer de una fuente de agua para el riego de cultivos, sino porque la práctica

conlleva un aporte de nutrientes (altos contenidos de materia orgánica) que mejoran la calidad del suelo, presentando entre sus ventajas (Figura 9.8).

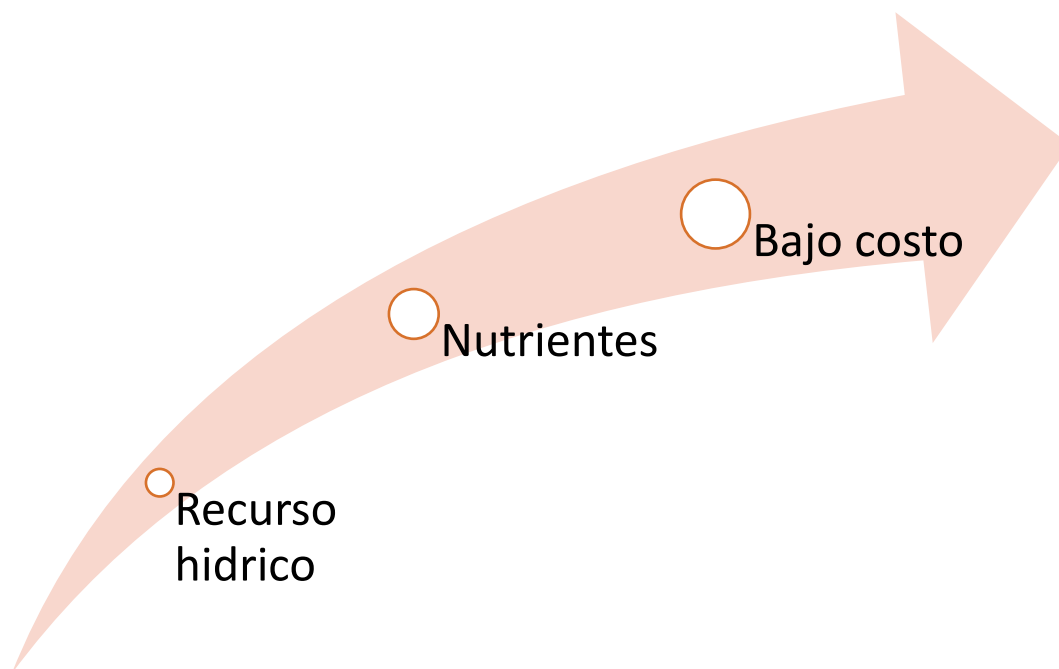


Figura 9.8. Ventajas del uso de aguas residuales en la agricultura.

El uso de aguas residuales para riego agrícola constituye una excelente oportunidad para proponer estrategias, que permitan combinar la disminución de las mismas, implicando técnicas de riego, mediante aspersión o goteo (Veliz et al., 2009), en cultivos que, preferiblemente, requieran procesamiento antes de su consumo (Veliz et al., 2009), dado que su uso puede tener algunas de las siguientes desventajas (Figura 10.8).



Figura 10.8. Problemas que pueden originarse por el uso de aguas residuales.

8.4.3 Riegos de contaminación

A pesar de que el empleo de aguas residuales a nivel agrícola proporciona nutriente y materia orgánica al suelo, con los beneficios que ello implica, también puede tener efectos negativos a nivel ambiental que derivan en el deterioro de la calidad del suelo y otras fuentes de agua si no se toma en cuenta la calidad de la misma, para evitar la contaminación, salinización o acidificación del suelo (Sánchez et al., 2021).

En los casos en que no son tratadas previamente a su uso, el riego con aguas residuales puede ocasionar problemas de contaminación bien sea por metales pesados, o la presencia de microorganismos patógenos (Pérez et al., 2023), de ahí que adicional a los tratamientos a que deben someterse, se debe evaluar periódicamente las propiedades del suelo, y de esa forma garantizar que efectivamente se esté mejorando la fertilidad y productividad del suelo.

Se debe considerar que no todas las aguas residuales presentan las mismas características, que deben conocerse, a fin de determinar los tratamientos primarios y secundarios a implementar, y de esa forma garantizar el riego seguro.

8.5 Secuestro de carbono

El secuestro de carbono puede entenderse como la remoción neta de dióxido de carbono atmosférico (CO_2) a través de la transferencia a la fracción estable de la materia orgánica en el suelo y especies vegetales (González et al., 2020). La cantidad de CO_2 dependerá, entre otros factores, de la cantidad de carbono (C) que entre al suelo a través de plantas y animales, y de las pérdidas de carbono producto de la descomposición, respiración, erosión, etc.

Las tierras de pastoreo están incluidas en el Artículo 3.4 del protocolo de Kyoto y juegan un papel importante en el secuestro de carbono. El carbono del suelo en las tierras de pastoreo es estimado en 70 t/ha, y en este sentido las praderas como ecosistema tienen gran relevancia en la acumulación de carbono en el suelo (Arango, 2011).

La gran capacidad que poseen los pastizales para el secuestro de carbono orgánico en suelos obedece principalmente a la producción bruta de biomasa radicular la excreta de los animales y el manejo del suelo, y en función de estas variables puede medirse (evaluarse) el secuestro de carbono orgánico en suelo (biomasa vegetal, actividad microbiana o recuento de microorganismos edáficos y por las propiedades del suelo (Meyer et al, 2018; Han et al., 2016).

Terrer et al. (2021) señalan el gran el potencial que tienen los ecosistemas naturales tipo pastizal, dominados por herbáceas (como la sabana africana, la estepa euroasiática, las praderas americanas o la tundra boreal) para aumentar su papel como almacén de carbono, estimando la cantidad de carbono capturado en el suelo puede incrementarse en los pastizales (alrededor de un 8%) pero no en los bosques, donde apenas se observa variación. Incluso los autores destacan el gran potencial de secuestro de carbono que tienen los suelos de cultivos agrícolas si paralelamente se implementan métodos de laboreo mínimo compatibles con la presencia de una cobertura de herbáceas.

El secuestro de carbono mejora la estructura del suelo, reduce el riesgo de erosión, incrementa la capacidad de infiltración en el suelo y su fertilidad, reduce el empleo de fertilizantes largo plazo, incrementa la biomasa microbiana, favoreciendo la nutrición de las especies vegetales, entre otros efectos benéficos (Hernández et al., 2014).

CONCLUSIONES

Un manejo sostenible de las praderas se verá reflejado en pastos y forrajes de mejor calidad, lo cuales será expresado en el análisis bromatológico al aumentar la cantidad de proteínas energía, fibra y minerales, ofertados por el forraje, lo que se traduce en una mayor ganancia de peso y producción de leche en los diferentes sistemas de producción animal manejados de manera sostenible.

Para lograr un manejo sostenible se requiere adecuar los sistemas y prácticas de mecanización fertilización, así como el control de plagas y enfermedades mediante el uso de insecticidas herbicidas procurando sustituir el uso de estos por alternativas agroecológicas, que minimicen el empleo de los mismos y reduzcan los problemas de contaminación de suelos y aguas.

Las tenencias actuales apuntan hacia el uso de sistemas de producción regenerativa, que permitan la recuperación de las condiciones naturales de los agroecosistemas, el cual se basa en principios agroecológicos como la incorporación de materia orgánica, el control biológico y al mínima perturbación del suelo, cuyos beneficios se observaran en el mediano y largo plazo, al lograr mejoramiento en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ,la disminución de contaminantes y una mejor producción de praderas en términos de cantidad y calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. I. Análisis multivariado. *Bioagro*, 33(1), 59-66. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro331.7>
- Acevedo-Alcalá, P., Cruz-Hernández, J., & Taboada-Gaytán, O. R. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 35-44. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Acosta Resquín, M. F., Vega, G. D., Amarilla, N. E., Armoa, L. M., Moral, M. E., Carson, J. I. D. L., ... & Collar, M. R. (2020). Respuesta de la (*Brachiaria Brizantha* cv. Piatã) a la aplicación de micorrizas y fosfatos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(4), 2887-2896. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-010>
- Aguilar, A., & Nieuwenhuys, A. (2013). Manejo integral de malezas en pasturas. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7754/11.pdf?sequence=2>
- Aldaz, J. C. C., Cortez, J. L. P., López, M. C., & Jacome, S. S. I. (2020). Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(4), 308-327. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28065077024>
- Alef, K., & Nannipieri, P. (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry* (No. Electronic Books154079). London San Diego: Academic Press, c1995.
- Alegre, J., Sánchez, Y., Pizarro, D., & Gómez, C. (2019). Manejo de los suelos con sistemas silvopastoriles en las regiones de Amazonas y San Martín. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., ... & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and forage science*, 66(1), 2. <https://www.crops.org/files/membership/divisions/c06/international-grazing-terminology.pdf>
- Alonso Vázquez, Á. C., Benítez Odio, M., Iriban Díaz, C. A., & Vázquez Fleitas, A. (2020). Aportes económicos-ambientales de un agroecosistema lechero. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8(2), 250-262. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-340X2020000200250&script=sci_arttext
- Alvarado-Camarillo, D., Aguilar, L. A. V., Cepeda-Dovala, J. M., Rubí-Arriaga, M., & Pineda-Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Alvarado-Camarillo, D., Aguilar, L. A. V., Cepeda-Dovala, J. M., Rubí-Arriaga, M., & Pineda-Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Álvarez Adán, A. (2019). Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 104-113. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000200104&script=sci_arttext&tlng=en
- Alvarez, J. W. R., Gomez, E. J., Fois, D. A. F., & Rojas, C. A. L. (2020). Compactación de suelo arcilloso y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y kumanda yvyrai. *Investigación Agraria*, 22(1), 13-21. <http://dx.doi.org/10.18004/investig.agrar.2020.junio.13-21>
- Álvarez, R. A., Reinhold, D., & Hidalgo, D. A. (2019). Prácticas sostenibles de turismo para el tratamiento de aguas y manejo de residuos sólidos en albergues turísticos de Talamanca. *Tecnología en Marcha*, 32(9), 78-88. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4231>
- Álvarez-García, C. D., Sánchez-Valdés, J. J., Pozo-Leyva, D., Arriaga-Jordán, C. M., & López-González, F. (2023). Evaluación de aditivos y etapa fenológica sobre el valor nutricional de ensilado de *Tithonia tubiformis*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3383>

- Álvarez-Villa, O. D., Franco, D., Vergara, S., García, V., Cortés, M., Giraldo, J., ... & Rogeliz, C. (2023). Retornos de la inversión en la conservación de cuencas tropicales incluyendo la emisión de bonos de carbono. *Ingeniería del agua*, 27(2), 139-167. <https://doi.org/10.4995/Ia.2023.19198>
- Amézquita, E., Rao, I. M., Rivera, M., Corrales, I. I., & Bernal, J. H. (2013). Sistemas agropastoriles. Un enfoque integrado para el manejo sostenible de oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. Cali: CIAT, MADR, Corpoica. <https://core.ac.uk/download/pdf/132664986.pdf>
- Anaya, L., Huamán, A., San Martín, F., Ara, M., Carcelén, F., & Jiménez, R. (2021). Primera aproximación de carga animal óptima en cuyes al pastoreo durante la época lluviosa en la sierra peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i6.21679>
- Aparicio, M. P. (2020). Radiación solar y su aprovechamiento energético. Marcombo.
- Apollon, W., Jean-Baptiste, Y., Wagner, B. J., Luna-Maldonado, A. I., & Silos-Espino, H. (2022). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 1-13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2637>
- 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. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.95>
- Arango Castaño, B. E. (2011). Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto. *Memorando de Derecho*, 2(2), 13-21. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3851095.pdf>
- Argenta, G., Silva, P. R. F. D., Mielniczuk, J., & Bortolini, C. G. (2002). Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 519-527. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000400014>
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2020). Perfil nutricional y productivo de especies arbustivas en trópico bajo, Antioquia (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-20. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1700
- Arias Alemán, L.S., Condo Plaza, L.A., Rojas Oviedo, L. A., & Huebla Concha, V. Manejo de pastizales para la producción forrajera en climas tropicales. (2023). Editorial Académica. La Plata, Argentina. <https://doi.org/10.55204/pmea.20>
- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García Hernández, J. L., Vázquez Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., & Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova scientia*, 10(20), 170-189. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1285>
- Avendaño Rodríguez, V. A., & Navarro Ortiz, C. A. (2020). Alimentación de ovinos en regiones del trópico en Colombia. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11(2), 71-108. <https://doi.org/10.22579/22484817.471>
- Barrantes, E. S., Ballesteros, D. E., & Rosales, D. A. (2019). El efecto de la fertilización mineral, orgánica y mineral-orgánica sobre las características agroproductivas en plantas de café y de la calidad de taza. *Universidad en Diálogo: Revista de Extensión*, 9(2), 175-185. <https://doi.org/10.15359/udre.9-2.9>
- Barrezueta-Unda, S., Velepucha-Cuenca, K., Solano, M., & Hurtado-Flores, L. (2020). Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador. *Ciencia Unemi*, 13(32), 14-26. <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/901>
- Bastardo, J., Montilla, J., Díaz, M., Martínez, J., Sánchez, N., & Astudia, A. (2011). El aluminio intercambiable y su relacion con la disponibilidad de algunos nutrientes en suelos acidos de Venezuela. *Geominas*, 39(56), 117-120.
- Bautista-Montealegre, L. G., Benavides-Cruz, J. C., Cardona, W. A., Criollo-Campos, P. J., Torres-Cuesta, D. R., Albarracín-Arias, L. O., & Bolaños-Benavides, M. M. (2023). Prácticas sostenibles para la conservación de suelos en sistemas productivos ganaderos de trópico alto. *Temas Agrarios*, 28(1), 2023. <https://doi.org/10.21897/rta.v27i2.3169>
- Bernal J. y Espinosa J. (2003) Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate
- Bertram, N. A., Alfonso, C., Grande, S., Chiacchiera, S., Ohanian, A., Bonvillani, J., ... & Angeletti, F. R. (2021). Efecto de la concentración salina y el regimen hídrico sobre la germinación, emergencia y establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *RIA. Revista de investigaciones*

- agropecuarias, 47(2), 267-272. www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142021000200267&script=sci_arttext
- Berumen, C. A. N., Carreón, F. O. C., Serna, R. R., Estrada, O. R., Martínez, P. A. D., & Torres, E. H. (2021). Rendimiento y calidad de forraje obtenido con el pasto maralfalfa cosechado a diferentes edades de rebrote en Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (84). <https://doi.org/10.33064/icycaa2021843070>
- Betancourt Aguilar, C., Tartabull, T., Labaut, Y., & Ferradaz, R. (2019). Principales procesos que impactan la calidad del agua para el riego en pozos costeros del centro sur cubano. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(3), 541-552. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.02>
- Borrelli, P. y G. Oliva. (2001). Efectos de los animales sobre los pastizales. Cap. 4. pp 99-128. En: *Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli, P. y G. Oliva Ed. INTA Reg. Pat. Sur. 269 pp.
- Boscaiu Neagu, M. T., & Vicente Meana, Ó. (2013). Halophytic crops for a salinising world. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Horticulture*, 70(1), 1-9. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:9349>
- Bray, R. H. (1944). Soil-plant relations: I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions. *Soil Science*, 58(4), 305-324.
- Bremner, J. M. (1960). Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55(1), 11-33. <https://doi.org/10.1017/S0021859600021572>
- Bruni, M., Trujillo, A., Facchín, L., Saragó, L., & Chilibroste, P. (2014). Evaluación nutricional para rumiantes de la burlanda de sorgo húmeda obtenida de la producción de etanol de ALUR Paysandú. *Cangue*, 35, 28-38. http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue035_bruni.pdf
- Cáceres, O., & García, E. G. (2000). Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. *Pastos y Forrajes*, 23(2), 87-103. <https://hal.science/hal-01190063/>
- Cadena-Zapata, M., López-López, J. A., López-López, G. F., Valenzuela-García, J. R., & de Jesús Vargas-Arellano, J. (2022). Índice de costo-beneficio de sistemas de labranza. *Revista Agraria*, (1), 55-55. <https://www.revistaagraria.com/index.php/agraria/article/view/27>
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves Ferreira, F. N., Rubio, G., Yanza, R., ... & Motta Ferreira, W. (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19035>
- Callejo Ramos, A. (2017). Conservación de Forrajes (II): Fundamentos de la henificación. *Frisona Española*, (220), 104-109. <https://oa.upm.es/id/eprint/53335>
- Callejo Ramos, A. (2018). Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado. *Frisona española*, (223), 70-78. https://oa.upm.es/53336/1/INVE_MEM_2018_286059.pdf
- Calvo, C. S., Venegas, J. P. G., Valverde, D. C., Vega, J. L., Montoya, K. C., & González, H. M. (2020). Comparación de dos métodos para la determinación de la densidad aparente del suelo. *Alcances Tecnológicos*, 13(1), 5-12. http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/164
- Camiña, F., Trasar-Cepeda, C., Gil-Sotres, F., & Leirós, C. (1998). Measurement of dehydrogenase activity in acid soils rich in organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(8-9), 1005-1011. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00010-8)
- Carbó, L. I., Volpe, S. M., Gutiérrez, G., Herrero, M. A., & Gil, S. B. (2023). Último recuento: una estrategia efectiva para la evaluación de indicadores de germinación en especies forrajeras en situaciones de estrés. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2894
- Cardona-Iglesias, J. L., Escobar-Pachajoa, L. D., Guatusmal-Gelpud, C., 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. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000300254&script=sci_arttext
- Caro-Caro, C. I., Torres-Mora, M. A., & Barajas-Barbosa, M. P. (2014). Ecosistemas estratégicos y disponibilidad de hábitat de la avifauna del piedemonte llanero (Colombia), como posible peligro

- aviar. Luna Azul, (39), 25-39. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742014000200003&script=sci_arttext
- Carranza, I., & Gross, A. (2002). Uso de un multímetro de alta impedancia en la construcción de un Potenciómetro y un conductímetro. *Revista Científica*, 15(1), 27-32. <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v15i1.254>
- Caruso, H., Camardelli, M., & Miranda, S. (2012). Efecto del método de desmonte sobre los indicadores de calidad del suelo y la condición de las pasturas en el Chaco Semiárido salteño. *Agriscientia*, 29(2), 99-105. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1668-298X2012000200005&script=sci_arttext
- Casbis, G. M., Torres, O. G. V., Rodríguez, M. A., & Nava, H. S. (2022). Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. *Acta Agrícola y Pecuaria*. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081007>
- Castaño-Quintana, K., Chará, J., Giraldo, C., Calle, Z. (2019). Manejo integrado de insectos herbívoros en sistemas ganaderos sostenibles. CIPAV, Cali Colombia. 306p. https://cipav.org.co/sdm_downloads/manejo-integrado-insectos-herbivoros-sistemas-ganaderos-sostenibles/
- Castillo-Valdez, X., Etchevers, J. D., Hidalgo-Moreno, C. M. I., & Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Castro, E. C., Espinosa, J. A. S., Cárdenas, F. A. B., Morales, A. I. T., & Barrera, J. E. E. (2019). Efecto de la renovación de praderas con gramíneas y leguminosas sobre la concentración de microorganismos funcionales en suelos ácidos. *Suelos Ecuatoriales*, 49(1), 1-8. www.unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/download/PDF/90
- Castro-Rincón, E., Sierra-Alarcón, A. M., Mojica-Rodríguez, J. E., Carulla-Fornaguera, J. E., & Lascano-Aguilar, C. (2020). Efecto de la incorporación de abonos verdes de leguminosas y de la inoculación microbiana en la calidad de ensilajes de *Zea mays* L. *Pastos y Forrajes*, 43(4), 315-325. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000400315&script=sci_arttext
- Cayetano, M. C., Cordero, J. A. T., Colmenero, G. S., & Ondoño, E. F. (2020). Cambios en el suelo por la utilización de ganado ovino en olivar ecológico. *Spanish Journal of Soil Science*, 10(1). DOI: 10.3232/SJSS.2020.V10.N1.02
- Celaya Michel, H., Sánchez, E., & Barrera, M. Á. (2023). Uso de material vegetal de poda: una alternativa económica para recuperar suelos degradados en zonas áridas. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 27(79). https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas79/T79_E02_vegetal_poda_alternativa_zonas_aridas.pdf
- 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. <https://www.redalyc.org/pdf/666/66622581007.pdf>
- Cerdas-Ramírez, R., Vidal-Vega, E., & Vargas-Rojas, J. C. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 22(45), 136-161. <http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v22i45.47069>
- Cerrillo S., M. A.; Juárez R., A. S.; Rivera A., J. A.; Guerrero C., M.; Ramírez L., R. G.; Bernal B., H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia* 37(12):903-913. http://www.interciencia.org/v37_12/906.pd
- Chafla, A. L., Aillón, F., Silva, L., & Acosta, I. (2020). Determinación del valor nutricional de bloques nutricionales obtenidos a partir de residuos agroindustriales enriquecidos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 9(2), 10-17. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v09n02ep01-0129>
- Chichahuala, M. S., Steinaker, D. F., & Demaría, M. R. (2018). Respuestas fenológicas de gramíneas C3 y C4 a variaciones interanuales de precipitación y temperatura. *Ecología austral*, 28(2), 455-466.
- Chiquini-Medina, R., De la Cruz-Chi, E., Pech-May, N., Guerrero-Turrisa, H., Castillo-Aguilar, C. (2019). Desarrollo fenológico y producción de biomasa del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) cultivado en el sureste mexicano. *Agro productividad*, 12(12). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1424>

- Chong Díaz, G., Demergasso, C., Urrutia Meza, J., & Vargas, M. (2020). El Dominio Salino del norte de Chile y sus yacimientos de minerales industriales. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(3). <https://doi.org/10.18268/bsgm2020v72n3a020720>
- Choque-Marca, W., Paco-Pérez, V., & Murga-Cruz, L. (2020). Respuesta de la germinación de semillas forrajeras a soluciones salinas en condiciones controladas. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 69-79. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592020000200002&script=sci_arttext
- Clements, F. E. (1936). Nature and structure of the climax. *Journal of ecology*, 24(1), 252-284. <https://doi.org/10.2307/2256278>
- Coderch, J. M. G., Andler, I. A., & González, F. C. (2018). Evaluación Sin ecológica de las Praderas. Ediciones UC.
- Colacelli, N. (2001). Azufre en el suelo. TECNIBOOK EDICIONES.
- Conant, R. T., Cerri, C. E., Osborne, B. B., & Paustian, K. (2017). Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications*, 27(2), 662-668. <https://doi.org/10.1002/eap.1473>
- Condori Choque, G. (2014). Caracterización bromatológica de especies forrajeras nativas (pastos y arbustos) de la ecoregión del altiplano, esenciales en la alimentación de los camélidos. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 1, 68.
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Raghavan, B., López-Rebolledo, L., & Garrido-Pineda, J. (2021). Sistemas silvopastoriles: mitigación de gases de efecto invernadero, bosque seco tropical-Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 901-919. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v32n3/2215-3608-am-32-03-00901.pdf>
- Cordo, H. A. (2004). El Control Biológico de Malezas, una alternativa factible para la lucha contra las plantas invasoras exóticas en Áreas Protegidas de la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 63(1-2), 1-9. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0373-56802004000100001&script=sci_arttext
- Coronel, A. N. L. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. *La granja*, 2(1), 23-24. <https://doi.org/10.17163/lgr.n2.2003.09>
- Corrales-Lerma, R., Avendaño-Arrazate, C. H., Morales-Nieto, C. R., Santellano-Estrada, E., Villarreal-Guerrero, F., Melgoza-Castillo, A., ... & Gómez-Simuta, Y. (2019). Radiación gamma para inducción de mutagénesis en pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka]. *Acta universitaria*, 29. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1847>
- Cruz-Arevalo, B., Gavi-Reyes, F., Martínez-Menes, M. R., & Juárez-Méndez, J. (2021). Uso de suelo y su efecto en el escurrimiento modelado con SWAT. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(2), 157-206. DOI: 10.24850/j-tyca-2021-02-04.
- Cruz-Sánchez, Y., López-Teloxa, L. C., Gómez-Díaz, J. D., & Monterroso-Rivas, A. I. (2022). Respiración de CO₂ desde el suelo en bosques templados del Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl, centro de México. *Bosque (Valdivia)*, 43(2), 125-133. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002022000200125>
- Cuadras-Berrelleza, A. A., Peinado-Guevara, V. M., Peinado-Guevara, H. J., López-López, J. D. J., & Herrera-Barrientos, J. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1401-1414. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2704>
- Cuastumal, C. M. I., Gómez-Ramírez, L. F., & Tauta-Muñoz, J. L. (2023). Productividad hídrica de *Megathyrus maximus* cv bajo fertirriego en un suelo con pH variable en el Caribe seco colombiano. *Ingeniería y Competitividad*, 25(3). doi: 10.25100/iyv.v25i3.13019
- Cuesta Muñoz, P. A. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(2), 5-13. <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/42>
- Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R., & Ch, L. C. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 9(S1), 122-132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>

- da Costa, A. S. V. (2020). Estimativa de uso da água residuária da estação de tratamento de esgoto de Teófilo Otoni, Minas Gerais, na fertirrigação de pastagens. *Research, Society and Development*, 9(8), e675985364-e675985364. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5364>
- David 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. <http://revistas.uco.edu.co/index.php/uco/article/view/321>
- De la Orden, E. A., Quiroga, A., Justiniano, D. R., & Morláns, M. C. (2006). Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca. Argentina. *Ecosistemas*, 15(3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/498>
- De La Roza-Delgado, B., Fernández, A. M., & Gutiérrez, A. A. (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos*, 32(1), 91-104. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1308>
- de Oliveira Silva, M., dos Santos, M. P., da Paz Sousa, A. C., da Silva, R. L. V., de Moura, I. A. A., da Silva, R. S., & da Silva Costa, K. D. (2021). Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 6853-6875. DOI:10.34117/bjdv7n1-463
- de Souza, G. B., Nogueira, A. R. D. A., Sumi, L. M., & Batista, L. A. R. (1999). Método alternativo para a determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido. Embrapa Pecuária Sudeste. <https://core.ac.uk/download/pdf/15434315.pdf>
- Delgado, M., Vanegas, M., & Delgado, G. (2007). Metrología Química I: Calibración de un pHmetro y control de calidad. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 1(1), 14-20. <https://camjol.info/index.php/UNIVERSITAS/article/view/1627>
- 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). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2506>
- di Virgilio, A., Lambertucci, S. A., & Morales, J. M. (2019). Sustainable grazing management in rangelands: Over a century searching for a silver bullet. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 283, 106561. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.020>
- Díaz, O., & Betancourt, C. C. R. (2018). Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14-30. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/190>
- Díaz-Franco, A., Alejandro-Allende, F., Cisneros-López, M. E., Espinosa-Ramírez, M., & Ortiz-Cháirez, F. E. (2021). Fertilización biológica, orgánica y mineral reducida en soya (*Glycine max* L.). *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.725>
- Doll, J. (1981). Factores que condicionan la eficacia de los herbicidas: guía de estudio. CIAT.
- Domínguez-García, I. A., Reyes Altamirano-Cárdenas, J., Barrientos-Priego, A. F., & Ayala-Garay, A. V. (2019). Análisis del sistema de producción y certificación de semillas en México. *Revista fitotecnica mexicana*, 42(4), 347-356. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802019000400347&script=sci_arttext
- Donoso, F. B., Cedeño, J. C. V., & Cedeño, A. J. R. (2019). Evaluación de los contenidos de macro-minerales de gramíneas y leguminosas en pastoreo en una finca de la región costa en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 3(1), 20-23. <http://revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/105>
- Drouet Candell, A. E., Pérez Castro, T., Cruz La Paz, O. V., Salguero Rubio, Z., Fernández Chuairey, L., & del Pozo Rodriguez, P. P. (2023). Caracterización de los sistemas agroproductivos de la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, Ecuador. *Pastos y Forrajes*, 46. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942023000100010&script=sci_arttext&tlng=es
- Dyksterhuis, E. J. (1949). Condition and management of range land based on quantitative ecology. *Journal of Range Management*, 2(3), 104-115. <http://dx.doi.org/10.2307/3893680>
- Dzib-Castillo, B. B., Van der Wal, H., Cervantes-Gutiérrez, V., Cetzal-Ix, W., Chanatásig-Vaca, C. I., & Casanova-Lugo, F. (2021). Diversidad arbórea nativa: base para el diseño de sistemas agroforestales en una comunidad maya en la península de Yucatán, México. *Polibotánica*, (51), 73-89. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.51.5>

- Egea, I., Estrada, Y., Faura, C., Egea-Fernández, J. M., Bolarin, M. C., & Flores, F. B. (2023). Salt-tolerant alternative crops as sources of quality food to mitigate the negative impact of salinity on agricultural production. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1092885. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1092885>
- Eivazi, F., & Tabatabai, M. A. (1988). Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(5), 601-606. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90141-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90141-1)
- Ekpete, D. M. (1976). Evaluation of chemical methods for the determination of available phosphorus in waterlogged soils. *Soil Science*, 121(4), 217-221.
- Elbeltagy, A., Nishioka, K., Sato, T., Suzuki, H., Ye, B., Hamada, T., ... & Minamisawa, K. (2001). Endophytic colonization and in planta nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice species. *Applied and environmental microbiology*, 67(11), 5285-5293. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.11.5285-5293.2001>
- Elizondo-Salazar, J. A., & Espinoza-Fonseca, H. (2021). Evaluación de los purines como una alternativa de fertilización orgánica en pasto estrella africana. *Nutrición Animal Tropical*, 15(2), 25-41. DOI:10.15517/nat.v15i2.48001
- Escobar, M. I., Panadero, A. N., Medina, C. A., Álvarez, J. D. C., Tenjo, A. I., & Sandoval, L. M. B. (2020). Efecto de prácticas agroecológicas sobre características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano. *Development*, 32(4). <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd32/4/maria.es32058.html>
- Espinell Oviedo, A. V., Mejia Alvarez, P. A., Novoa Reina, L. A., Osorio Vallejo, K. L., & Huertas Delgado, J. L. (2021). Contaminación por cambio de uso de suelo agrícola, ganadero y uso conservación páramo. *Boletín Informativo CEI*, 8(3), 223-224. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/2906>
- Espinosa, H. R., Duque, A. B., & Arroyave, J. E. N. (2016). Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) para la implementación de ganadería de precisión. *Livestock Research for Rural Development*, 28(8). <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd28/8/rodr28144.html>
- Espinosa, W. (2019). Evaluación de densidades de siembra en maíz, arroz y frijol vigna en la producción de forraje verde hidropónico. *Revista investigaciones agropecuarias*, 1(2), 15-27. http://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/493
- 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.
- Esqueda-Esquivel, V. A., Montero-Lagunes, M., & Juárez-Lagunes, F. I. (2010). El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto Llanero. *agronomía mesoamericana*, 21(1), 145-157. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212010000100015&script=sci_arttext
- Estrada-Arellano, K. L., Vázquez-Vázquez, C., Betancourt-Galindo, R., Muy-Rangel, M. D., Valenzuela-Núñez, L. M., García-Hernández, J. L., & Gallegos-Robles, M. Á. (2023). Fertilización foliar con nanopartículas de ZnO y su efecto en la producción, calidad biofísica y nutraceútica en frutos de nogal pecanero (*Carya illinoensis*). *Revista Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1585>
- Estupiñán Sosa, I. J., Ballesteros Torres, F. A., & Pezo Ortiz, D. M. (2022). Uso de las Energías Renovables En La Agroindustria en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5679-5697. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3744
- Fariñas, T., Reyes, N., Mendieta, B., Mena, M., Cardona, J., & Pezo Quevedo, D. (2013). ¿Cómo preparar y suministrar bloques multi-nutricionales al ganado?. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7997/58.pdf?sequence=2>
- Favier Torres, M. A., Chi Ceballos, M., Dehesa González, L. M., & Veranes Dutil, M. (2019). Efectos del cambio climático en la salud. *Revista Información Científica*, 98(2), 272-282. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=88098>
- Fernández Párraga, A. J., Rodríguez, Á. A., & Delgado, D. A. (2023). Análisis de la distribución espacial de la erodabilidad del suelo en la cuenca del Río Esmeraldas-Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 8(2), 82-95. DOI: 10.23857/pc.v8i2
- Ferrufino-Suárez, A. J., Mora-Valverde, D., & Villalobos-Villalobos, L. A. (2022). Biomasa y bromatología del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) con cinco períodos

- de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2): 477-486. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v33n2/2215-3608-am-33-02-00022.pdf>
- Flores, F. I., Rivera, M. M., Medina, S. M., Martín, F. I., & López, R. R. (2018). Cambios de vegetación y costos asociados con el continuo sobrepastoreo del ganado en el pastizal mediano abierto de Cananea, Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 42, 855-866. https://wwfar.awsassets.panda.org/downloads/kit_pampas_cartilla_los_cambios_en_la_vegetacion_del_pastizal.pdf
- Fonseca-López, D., Vivas Quila, N. J., & Balaguera-López, H. E. (2020). Técnicas aplicadas en la investigación agrícola para cuantificar la fijación de nitrógeno: una revisión sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 32-50. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1342
- 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. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v32i4.4797>
- Garbanzo-León, G., Alvarado-Hernández, A., Vargas-Rojas, J. C., Cabalceta-Aguilar, G., & Vega-Villalobos, E. V. (2021). Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 137-148. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v32n1/2215-3608-am-32-01-00137.pdf>
- García Galvis, J., & Ballesteros González, M. I. (2005). Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos. *Revista colombiana de Química*, 34(2), 201-209. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042005000200009
- Gaviria, X., Rivera, J. E., & Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*, 38(2), 194-201. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942015000200007&script=sci_arttext&tlang=en
- Giraldo, L. A., Gutiérrez, L. A., & Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(3), 269-279. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-06902007000300005&script=sci_arttext&tlang=es
- Godina Rodríguez, J. E., Garay Martínez, J. R., Mendoza Pedroza, S. I., Cancino, S. J., Rocandio Rodríguez, M., & Ruiz, F. L. (2020). Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(SPE24), 59-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2358>
- 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. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19029>
- Gómez, J. D., Etchevers, J. D., Monterroso, A. I., Campo, J., Paustian, K., & Asensio, C. (2021). Carbono orgánico del suelo y su relación con la biomasa radical de *Quercus* sp. Madera y bosques, 27(SPE). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742445>
- Gómez-Calderón, N., & Estrada-León, R. J. (2020). Conservación de suelos mediante la modificación de la frecuencia de labranza: Un caso en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 123-139.
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solorzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- González Molina, L., Espitia-Rangel, E., Pineda-Pineda, J., Muñiz Reyes, E., Irizar Garza, M. G., & Ayala Garay, A. (2020). Potencial de secuestro de carbono orgánico en quinua simulado con el modelo RothC-26.3. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 789-799. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.1787>
- González Muñoz, A., Garay Martínez, J. R., Estrada Drouaillet, B., Bernal Flores, Á., Limas Martínez, A. G., & Joaquín Cancino, S. (2020). Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado

- de pasto Insurgente e híbridos de *Urochloa*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 11(SPE24), 177-189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2368>
- González Muñoz, A., Garay Martínez, J. R., Estrada Drouaillet, B., Bernal Flores, Á., Limas Martínez, A. G., & Joaquín Cancino, S. (2020). Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de *Urochloa*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 11(SPE24), 177-189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2368>
- González-Fragozo, H. E., Zabaleta-Solano, C., 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). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1513>
- González, V., & Pomares, F. (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Madrid. <https://www.agroecologia.net/recursos/documentos/manuales/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>
- Gordón-Mendoza, R. (2020). Variabilidad climática y su efecto sobre La producción de maíz. Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 48 p.
- Gran Castro, J. A. (2022). Desnaturalizar el cambio climático: repensando la vulnerabilidad climática en contextos urbanos. Intersticios sociales, (23), 373-397. <https://doi.org/10.55555/is.23.401>
- Granados-Niño, J. A., Reta-Sánchez, D. G., Santana, O. I., Reyes-González, A., Ochoa-Martínez, E., Díaz, F., & Sánchez-Duarte, J. I. (2021). Efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12(3), 958-968. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5724>
- Grijalva, A. D. L. M., Jiménez Heinert, M. E., & Ponce Solórzano, H. X. P. (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. RECIMUNDO, 4(4), 79-93. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.79-93](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.79-93)
- Gutiérrez León, F. A., Rocha, J., Portilla, A., & Ruales, B. (2019). Efecto de la suplementación en vacas de pastoreo sobre la producción, eficiencia del uso y costo beneficio. Siembra, 6(1), 15-23. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i1.1554>
- Guzmán Duchén, D., & Montero Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. Revista de investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(2), 87-101. www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182021000200087&script=sci_arttext
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Science advances, 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Han, L., Sun, K., Jin, J., & Xing, B. (2016). Some concepts of soil organic carbon characteristics and mineral interaction from a review of literature. Soil Biology and Biochemistry, 94, 107-121. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.023>
- Hernández Escobar, I., Urra Zayas, I., Díaz Viruliche, L., Pérez Petitón, J., & Hernández Cuello, G. (2013). Labranza mínima y efecto alelopático en la producción de frijol común en la Empresa Agropecuaria 19 de Abril de la provincia Mayabeque. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 22(3), 46-48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542013000300008&script=sci_arttext
- Hernández Moreno, E., Ventura Ríos, J., Wilson García, C. Y., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Guerrero Rodríguez, J. D. D., Munguía Ameca, G., & Rojas García, A. R. (2023). Análisis de crecimiento estacional de una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Revista mexicana de ciencias pecuarias, 14(1), 190-203. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i1.5187>
- Hernández Pérez, J. (2021). Efecto del consumo de energía renovable en las emisiones de gases de efecto invernadero en países con ingresos bajos y altos. Acta universitaria, 31. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3030>
- Hernández, J. A. P., Pérez, B. A., Ruiz, A. K., & Castro, A. (2019). Producción de heno con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) como tecnología de aprovechamiento de forraje para alimento del ganado bovino en el centro agroindustrial y de fortalecimiento empresarial de Casanare. Revista INNOVA CAFEC, 1. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/ricafec/article/view/3966>
- Hernández, J. E., Tirado, D., & Beltrán, I. (2014). Captura de carbono en los suelos. Padi Boletín científico del ICBI, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/download/506/3513?inline=1>

- Hernández-Chávez, M. B., Ramírez-Suárez, W. M., Zurita-Rodríguez, A. A., & Boulandier, M. N. (2020). Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 18-25.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000100018&script=sci_arttext&tlng=en
- Herrera, J. M. A. (2004). Aspectos sobre el control de malezas compuestas en pastos dedicados a la ganadería de leche. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(1), 76-84.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol5_num1_art:29
- Herrera, R. S. (2020). Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 24(2), 23-38.
<http://ojs.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/195>
- Hilje, L., & Saunders, J. (2008). Manejo integrado de plagas en Mesoamérica: aportes conceptuales. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Hoyos Rojas, J. E., Posada Asprilla, W., & Cerón Muñoz, M. F. (2019). Fotografía multiespectral para el diagnóstico fitosanitario de pasto kikuyo (*Cechrus clandestinus* (Hochst ex Chiov) Morrone). *Acta Agronómica*, 68(1), 61-67. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.75662>
- Ibarra, F. A., Martín, M. H., Moreno, S., Retes, R., & Hernández, J. E. (2022). Impacto Económico Asociado Con Los Daños De Tizón Foliar En La Calidad De La Semilla Del Zacate Buffel En El Centro De Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 50(1345-2022-759), 217-228.
<http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.322016>
- Iglesias-Gómez, J. M., Domínguez-Escudero, J. M. A., Wencomo-Cárdenas, H. B., Olivera-Castro, Y., Toral-Pérez, O. C., & Milera-Rodríguez, M. D. L. C. (2022). Comportamiento agronómico y nutricional de especies mejoradas en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá. *Pastos y Forrajes*, 45. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942022000100010&script=sci_arttext
- Ipinza, R., Barros, S., De la Maza, C. L., Jofré, P., & González, J. (2021). Bosques y Biodiversidad. *Ciencia & Investigación Forestal*, 101-132. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.475>
- Iturbide, A. (1980). La cerca eléctrica. Serie Divulgativa. Boletín Divulgativo/CATIE; número 1. <https://www.difunde.org/xmlui/handle/123456789/328>
- Izurieta, R., Campaña, A., Calles, J., Estévez, E., & Ochoa, T. (2019). Calidad del agua en Ecuador. *Calidad del Agua en las Américas*, 284. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Am%C3%A9ricas_2019.pdf
- Jaime Calderón, F. E., Castro Guerra, J. W., & Orlando Lucio, D. A. (2019). Impacto ambiental provocado por el inadecuado uso de fertilizantes químicos en cultivos de maíz. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 3(1), 61-72. <https://doi.org/10.47230/unesciencias.v3.n1.2019.128>
- Jaurena, G., Pepi, M. G. F., & Wawrzkievicz, M. (2023). Herramientas para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Agronomía & Ambiente*, 43(1). <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/262>
- Jaya-Santillán, J. (2023). Altos niveles de erosión hídrica en una microcuenca tropical calculado mediante el modelo USLE. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 15(1), 26-39. <https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4269>
- Kandeler, E., & Gerber, H. (1988). Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and fertility of Soils*, 6, 68-72. <https://doi.org/10.1007/BF00257924>
- Kaufmann, I. I., Feldman, S. R., & Sacido, M. B. (2019). Efectos del pastoreo en riqueza florística, biomasa y cobertura de un pastizal de albardón, Argentina. *Revista Politécnica*, 15(29), 95-106. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a8>
- Kröpf, A. I., Deregibus, V. A., & Cecchi, G. A. (2015). Un modelo de estados y transiciones para el Monte oriental rionegrino. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(2), 390-396. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-56572015000200018&script=sci_arttext
- Kurtz, D. B., Ligier, H. D., Navarro Rau, M. F., Sampietro, D., Calvi, M., & Bendersky, D. (2015). Superficie ganadera y carga animal en Corrientes. *Noticias y comentarios-Estación Experimental Agropecuaria Mercedes*, 528, 1-5. <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2015/11/Ganaderiaencorrientes.docx.pdf>

- Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomy Mesoamerican*, 917-934. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n3/2215-3608-am-30-03-00917.pdf>
- Lanfranco, B., Soares de Lima, J. M., Fernández, E., & Ferraro, B. (2022). Bioma Pampa: una historia de sinergias entre pastizales, ganado y humanos. *Revista INIA*, 70, 62-66. <http://ageconsearch.umn.edu/>
- Lanza, J. G., Churión, P. C., & Gómez, N. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *Saber*, 28(2), 245-249. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-01622016000200007&script=sci_arttext
- León González, M., Martínez Sáez, S. J., Pedraza, R. M., & González, C. E. (2012). Indicadores de la composición química y digestibilidad in vitro de 14 forrajes tropicales. *Revista de Producción Animal*, 24(1). <https://core.ac.uk/download/pdf/268092499.pdf>
- Lima Molina, N., Aguirre Terrazas, L., & Flores Mariazza, E. (2020). Estrategias para mejorar los pastizales altoandinos: el rol del trébol y la fertilización con fósforo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17840>
- Lodeiro-Ocampo, N., Gantchoff, M. G., Nigro, N. A., Palaia, J. Y., & Gnatiuk, D. G. (2021). Prevención de depredación de yaguaré (Panthera onca) a ganado vacuno mediante cercas electrificadas en Misiones, Argentina. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 11(2), 1-10. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2021.11.2.338>
- Loiola Edvan, R., Linhares dos Santos, F., Rodrigues do Nascimento, R., Morgana Alves Barros, D., Santos, E. M., de Azevedo, F. L., ... & Araújo, M. J. D. (2023). Calidad del pasto Tanzania (*Panicum maximum*) almacenada como henolaje según la materia seca de la planta. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 55(1), 38-52. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652023000100038&script=sci_arttext&tlng=en
- López Hernández, J. A., Astroz Cano, A. M., & Silva Parra, A. (2020). Uso de la tierra y su influencia en la compactación del suelo en el Oriente de Colombia. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11(1), 34-53. <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/462>
- López, D., Bran, D., & Siffredi, G. (2009). Modelo de estados y transiciones: un enfoque para el manejo y recuperación de los pastizales naturales patagónicos. *Revista Presencia*, (53).
- 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
- López, S. B., Garay, A. H., Moya, E. G., Pérez, J. P., Shibata, J. K., Haro, J. G. H., ... & Muñoz, S. S. G. (2005). Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia*, 39(2), 137-147. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239202.pdf>
- López-Aguilar, R., Murillo-Amador, B., & Rodríguez-Quezada, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121-126. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009
- López-Coronado, J. A. D., & Carrión-Carrera, G. J. (2021). Implicancias del tipo de estiércol en la calidad microbiológica del biol. *Revista RedBioLAC*, 5(1), 66-70. <http://www.revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/46>
- López-González, F., Cantú-Patiño, M. G., Gama-Garduño, O., Prospero-Bernal, F., Colín-Navarro, V., & Arriaga-Jordán, C. M. (2020). Praderas de festuca alta y ryegrass en pastoreo de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en los Valles Altos del Centro de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), 1-10. <https://www.revista.ccbu.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3126>
- López-Herrera, M., & Briceño-Arguedas, E. (2017). Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición animal tropical*, 11(1), 52-73. <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v11i1.29605>

- López-Vigoa, O., Lamela-López, L., Sánchez-Santana, T., Olivera-Castro, Y., García-López, R., Herrera-Villafranca, M., & González-Ronquillo, M. (2019). Evaluación del valor nutricional de los forrajes en un sistema silvopastoril. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 57-67. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000100057&script=sci_arttext
- Luna Robles, E. O., Cantú Silva, I., & Bejar Pulido, S. J. (2022). Efectos del cambio climático en la gestión sostenible del recurso suelo. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 16(3), e1097-e1097. <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.1097>
- Lundberg, K. M., Hoffman, P. C., Bauman, L. M., & Berzaghi, P. (2004). Prediction of forage energy content by near infrared reflectance spectroscopy and summative equations. *The Professional Animal Scientist*, 20(3), 262-269. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31309-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31309-7)
- Maldonado Torres, R., Álvarez Sánchez, M. E., Acevedo, D. C., & Ríos Sánchez, E. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(2), 211-223. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.053>
- Mamédio, D., Soares-de Andrade, C. M., Ferreira-Sampaio, A., & Santana-Laoures, D. R. (2020). Efecto del manejo del suelo y espaciado 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. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.5004>
- Mancini, M. A., & Mariottini, Y. (2021). Análisis del manejo de las especies de tucuras (Orthoptera: Acrididae), plaga del agro en el partido de Laprida, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(4), 100-107. www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0373-56802021000400100&script=sci_arttext
- Márquez, L. E., Vasallo, Y., Cuetara, L. M., & Sablon, N. (2019). Sistema de indicadores para la sostenibilidad en comunidades rurales del Ecuador en el marco de la Agenda 21 Local. *Revista espacios*, 40(18). <http://www.2.revistaespacios.com/a19v40n18/19401828.html>
- Marrero-Coto, J., Amores-Sánchez, I., & Coto-Pérez, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 46(3), 52-61. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>
- Marroquín-Pugas, O., Montero-Solís, F. M., Luis-Santiago, M. Y., Cruz-Gallegos, E., & Cisneros-Saguilán, P. (2022). Limitantes y oportunidades para implementar sistemas silvopastoriles en la Costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 9(1), 49-59. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/download/30/24>
- Martínez, D. E. C., Blandon, O. J. O., & Velez, S. A. T. (2019). Experiencias en campo a partir de la reproducción sexual de botón de oro *Thitonia diversifolia*—semillero de investigación sipass. *Agricolae & Habitat*, 2(1). <https://doi.org/10.22490/26653176.3522>
- Martínez, J., Milera, M., & Pereira, E. (1989). Algunas consideraciones sobre los métodos de muestreo en la estimación de la disponibilidad del pasto. *Pastos y Forrajes*, 12(2). [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=1330](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=1330)
- Martínez, N. (2010). Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y salud*, 8(1), 073-082. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-32932010000100010
- Martínez, Y., & Rivero, C. (2005). Evaluación de diferentes métodos para determinar las fracciones de metales pesados presentes en el suelo. *Revista Ingeniería UC*, 12(3), 14-20. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70712303.pdf>
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., & Vázquez-Carrillo, M. G. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), 289-301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Gartzia, R., & Alcalá, F. J. (2021). Dinámica de Sistemas para comprender los procesos de desertificación. *Ecosistemas*, 30(3), 2191-2191. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2191>
- Matus, F. J. (1994). The distribution of soil organic matter of various aggregate size classes in arable soil. I. Relationships between clay content of aggregates of a sand and a clay soil and carbon

- mineralization, nitrogen mineralization and microbial biomass carbon. *Soil Biology & Biochemistry*, FRANCISCO J. MATUS, 79.
<https://core.ac.uk/download/pdf/29343858.pdf#page=76>
- McKEAN, S. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal: una guía teórica y práctica de metodologías.
- Medina Pérez, V. H., & Pérez Azahuanche, M. Á. (2021). Influencia de las estrategias heurísticas en el aprendizaje de la matemática. *INNOVA Research Journal*, 6(2), 36-61.
<https://doi.org/10.33890/innova.v6.n2.2021.1672>
- Meléndez, L., Hernández, A., & Fernández, S. (2006). Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro*, 18(2), 107-114. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612006000200005&script=sci_arttext
- Mendarte-Alquisira, C., Alarcón, A., & Ferrera-Cerrato, R. (2021). Fitorremediación: Alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590911>
- Mendoza Dávalos, K., Sanabria Quispe, S., Pérez Porras, W. E., & Cosme de la Cruz, R. C. (2021). Enmiendas orgánicas y su efecto en las propiedades de suelos alto andinos cultivados con papa nativa (*Solanum goniocalyx* Juz. et Buk.). *Agroindustrial Science*. *Agroindustrial Science*, 11(2), 221-229. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.12>
- Mendoza, J. D. H., Romay, Y. F., Arturo, W. F. V., Díaz, C. A. A., Acosta, E. H. A., Macías, M. A., & de Jesús Peña, M. (2023). Características morfológicas en el pasto *Megathyrus maximus* cv. Mombaza, en el Cantón Chone Provincia Manabí. *Polo del Conocimiento*, 8(4), 628-645. OI: 10.23857/pc.v8i3
- Mendoza, J., García, K., Salazar, R., & Vivanco, I. (2019). La Economía de Manabí (Ecuador) entre las sequías y las inundaciones. *Espacios*, 40(16), 10.
<http://es.revistaespacios.com/a19v40n16/a19v40n16p10.pdf>
- Mendoza-Martínez, G. D., Plata-Pérez, F. X., Espinosa-Cervantes, R., & Lara-Bueno, A. (2008). Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. *Universidad y ciencia*, 24(1), 75-87. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792008000400009
- Meneses, R. I., Loza Herrera, S., Lliully, A., Palabral, A., & Anthelme, F. (2014). Métodos para cuantificar diversidad y productividad vegetal de los bofedales frente al cambio climático. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 42-55.
- Mestra Vargas, L. I., Campos Gaona, R., Herrera Perez, N., Fernández Niño, J. C., & García Alegría, K. (2021). Efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo en vacas Romosinuano durante el pre y posparto. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(6). <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i6.20125>
- Meyer, R. S., Cullen, B. R., Whetton, P. H., Robertson, F. A., & Eckard, R. J. (2018). Potential impacts of climate change on soil organic carbon and productivity in pastures of south eastern Australia. *Agricultural Systems*, 167, 34-46. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.08.010>
- Mita Quisbert, V. F., & Herve, D. (2021). Diagnóstico de la fertilidad del suelo y análisis de la introducción de la mecanización agrícola en las familias Uru Chipayas. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(3), 31-44.
<https://doi.org/10.53287/fkfb8438dz68f>
- Montesino, A. A., & Vergara, N. M. (2020). Conservación de suelos y regeneración natural de áreas de pastoreo utilizando Holistic Management® como estrategia para desarrollar ganadería regenerativa. *Revista EDIA*, 5, 17-20.
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/edia/article/download/4834/5041>
- Morales González, J. L., & Acuña Redondo, V. (2009). Validación de la respuesta del pasto transvala (*Digitaria eriantha*) en producción y calidad de heno bajo riego. *Alcances tecnológicos*, 7(1), 19-36. revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/56
- Morales Sinchire, D. B., Jiménez Álvarez, L. S., Burneo Valdivieso, J. I., & Capa Mora, E. D. (2020). Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-16. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1386

- Morales-Morales, E. J., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J. A., Martínez-Campos, Á. R., & Morales-Rosales, E. J. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1875-1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>
- Mora-Maldonado, L. E., Maldonado-Santoyo, M., Padilla-Rizo, B., Estrada-Monje, A., Sánchez-Olivares, G., & Segoviano-Garfias, J. J. (2020). Reciclado de subproductos de origen animal: Composición y valor nutritivo del pelo bovino hidrolizado hidrotérmicamente. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 92-110. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-2.5>
- Morantes-Tolosa, J. L., & Renjifo, L. M. (2018). Cercas vivas en sistemas de producción tropicales: una revisión mundial de los usos y percepciones. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 739-753. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33405>
- Morocho, G. A., Toalombo, P. A., Guevara, H. P., & Jiménez, S. F. (2023). Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* Schumacher x *Pennisetum glaucum* L.) a tres edades de corte. *Archivos de zootecnia*, 72(278), 128-142. <https://doi.org/10.21071/az.v72i278.5716>
- Mujica, C. R., Milione, G. M., Bea, S. A., & Gyenge, J. (2019). Impacto de la presencia de horizontes petrocálcicos en el proceso de salinización de parcelas forestadas en ambientes de llanura. <https://core.ac.uk/download/pdf/335289839.pdf>
- Muñoz-García, C., Cortes-Díaz, E., Cuicas-Huerta, R., Vaquera-Huerta, H., Ventura-Ríos, J., Hernández-Flores, E., & Hernández-Martínez, P. A. (2020). El efecto del pastoreo mixto y de mono-especie en dos tipos de pradera sobre la calidad, desarrollo y rendimiento de forraje. *Tecnociencia Chihuahua*, 14(1), 623-623. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/623>
- Murga-Orrillo, H., Coronado Jorge, M. F., Abanto-Rodríguez, C., & Almeida Lobo, F. D. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y bosques*, 27(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732271>
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654-1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>
- Naranjo-Guerrero, L. F., Rodríguez-Colorado, N., & Uron-Castro, C. A. (2022). Caracterización bromatológica de pastos en seis municipios del Departamento de Norte de Santander; Colombia: Bromatological characterization of pastures in six municipalities of the Department of Norte de Santander; Colombia. *Scientia et Technica*, 27(4), 245-252. <https://doi.org/10.22517/23447214.24725>
- Narváez, H., Combatt, E., & Bustamante Barrera, I. (2014). Distribución espacial de la salinidad en suelos del área de influencia de la desembocadura del río Sinú (Córdoba, Colombia). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 433-443. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262014000200014&script=sci_arttext
- Nasca, J., Berone, G., Arroquy, J. I., Feldkamp, C., & Colombatto, D. (2020). Evaluación de un modelo de producción de pasturas mediante pruebas empíricas. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 46(1), 88-95. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142020000100088&script=sci_arttext
- National Research Council. (1994). *Rangeland health: new methods to classify, inventory, and monitor rangelands*. National Academies Press.
- Nautiyal, C. S. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS microbiology Letters*, 170(1), 265-270. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x>
- Nava-Reyna, E., Muñoz-Villalobos, J. A., Contante-García, V., Cerano-Paredes, J., & Maciel-Torres, S. P. (2021). Actividad enzimática del suelo durante el proceso de mineralización de diferentes enmiendas orgánicas. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 3(2), 3-11. <http://agrofaz.net/index.php/agrofaz/issue/view/7/69>
- Navas Panadero, A., Aragón Henao, L. F., & Triana Valenzuela, J. F. (2020). Efecto del componente arbóreo sobre la dinámica de crecimiento y calidad nutricional de una pradera mixta en trópico alto. *Revista de Medicina Veterinaria*, (41), 71-82. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss41.7>

- Nebel, G., Gradsted, J., & SALAZAR-VEGA, A. (2000). Depósito de detrito, biomasa y producción primaria neta en los bosques de la llanura aluvial inundable de la amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 11(1-2), 41-63. <https://doi.org/10.24841/fa.v11i1-2.115>
- Noda-Leyva, Y., Martín-Martín, G. J., Machado-Castro, R. L., Brunet-Zulueta, J., & Santana-Armas, H. (2020). Efecto del método de reproducción en los caracteres morfológicos y productivos de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*, 43(4), 337-344. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000400337&script=sci_arttext
- Novillo Espinoza, I. D., Carrillo Zenteno, M. D., Cargua Chavez, J. E., Nabel Moreira, V., Albán Solarte, K. E., & Morales Intriago, F. L. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Temas Agrarios*, 23(2), 177-188. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1301>
- Núñez Hernández, G., Faz Contreras, R., Tovar Gómez, M. D. R., & Zavala Gómez, A. Z. (2001). Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Técnica Pecuaria en México*, 39(2), 77-88. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61339203.pdf>
- Núñez-Agurto, D., Benavides-Astudillo, E., Rodríguez, G., & Salazar, D. (2020). Propuesta de una plataforma de bajo costo basada en Internet de las Cosas para Agricultura Inteligente. *Cumbres*, 6(1), 53-66. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v6n1a5>
- Núñez-Peñaloza, J. L., Pérez-Nieto, J., & Prado-Hernández, J. V. (2023). Análisis de indicadores e índices de calidad de suelos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(6), e3148-e3148. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3148>
- Núñez-Torres, O. P., & Guerrero-López, J. R. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Journal of the Selva Andina animal science*, 8(1), 44-52. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080100044>
- Oldani, J. (2020). La meteorología. Parkstone International
- 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. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- Olivares-Campos, B. O., López-Beltrán, M. A., & Lobo-Luján, D. (2019). Cambios de usos de suelo y vegetación en la comunidad agraria Kashaama, Anzoátegui, Venezuela: 2001-2013. *Revista Geográfica de América Central*, (63), 224-246. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.63-2.10>
- Oquendo, G., Machado, R., Acosta, M., Bernal, M. A., & Cisneros, M. (2006). Identificación y colecta de plantas forrajeras en suelos de un agroecosistema ganadero afectados por la salinidad. *Pastos y Forrajes*, 29(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121704003.pdf>
- 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. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.09>
- Ortega Guerra, O., & Hernández Alberti, I. (2021). Necesidades hídricas del Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en Guantánamo, Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1). <https://dx.doi.org/https://eqrcode.co/a/u3biWt>
- Pabón-Caicedo, J. D. (2022). El cambio climático en la América ecuatorial. *Ikara. Revista de Geografías iberoamericanas*, (1). <https://doi.org/10.18239/Ikara.3019>
- 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. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1107&context=ai>
- Pardo-Aguilar, N., Bolaños Aguilar, E. D., Lagunes-Espinoza, L. del C., Enríquez-Quiroz, J. F., & Fragoso-Islas, A. (2020). Efecto de una asociación pasto-leguminosa en el rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la pradera fertilizada con fósforo: Materia seca y proteína de asociación gramínea-leguminosa. *Agro Productividad*, 13(7). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1658>
- Pardo-Plaza, Y. J., Paolini Gómez, J. E., & Cantero-Guevara, M. E. (2019). Biomasa microbiana y respiración basal del suelo bajo sistemas agroforestales con cultivos de café. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1144>

- Paredes, M., & Goicochea, E. (2021). Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(1). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19495>
- Parrales, Y. R., Vásquez, V. S., Izurieta, M. L., & Barbotó, V. M. (2020). Fertilización química basada en análisis de suelo en dos líneas promisorias de arroz. *Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 5(7), 56-72. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/927>
- Patiño Puma, P. A., Padilla, M. A. A., Viera, R. V. G., Viera, G. E. G., Vázquez, L. G. C., Barba, C. L. O., ... & Zumalacárregui, J. A. G. (2021). Estructura del pastizal, producción de leche y emisión de metano en vacas lecheras en pastoreo. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 5(1), 93-102. <http://revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/262>
- Pellant, M., Herrick, J. E., Shaver, P. L., Busby, F., & Pyke, D. A. (2008). A rapid assessment technique to evaluate rangeland health. <https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2688&context=igc>
- Peñaloza Monroy, J., Reyes Ramírez, A. K., González Huerta, A., Pérez López, D. D. J., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2019). Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1139-1149. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1759>
- Perdomo, D. A., Quintero, J. V., Delgado, D. C., Rosales, H. E., Delgado, D., Pacheco, V. M., ... & Perea, F. P. (2022). Caracterización forrajera en fincas lecheras familiares del estado Trujillo, Venezuela. *Latin American Archives of Animal Production*, 30(Supl. 2), 91-93. <https://doi.org/10.53588/alpa.300616>
- Pérez, E. G. E., Hidalgo, E. C., Robles, C., Gallegos, V. M., Martínez, G. M. S., & Rodríguez-Ortiz, G. (2023). Indicadores de calidad como herramientas útiles para evaluar el estado de la fertilidad del suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1). <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>
- Pérez, V. T., Fletes, I. O., Campante, M. A. T., López, P. A., Manzo, L. A. V., & Hernández, J. C. M. (2023). Percepción de los agricultores sobre el riesgo por el uso de agua residual para riego en la zona de Atlitxco, Puebla. *Acta Universitaria*, 33, 1-18. <http://doi.org/10.15174/au.2023.3676>
- Pérez-Almario, N., Medina-Ríos, E. L., Mora-Delgado, J., Criollo-Cruz, D. C., & Mejía, J. R. (2021). Criterios de uso y conservación de árboles en potreros basados en el conocimiento local de los ganaderos en una zona de bosque seco tropical en Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 9(3), 321-336. [http://doi.org/10.17138/TGFT\(9\)321-336](http://doi.org/10.17138/TGFT(9)321-336)
- Pierrugues, R. I. R., & Viera, R. V. G. (2021). Reseña sobre aspectos nutricionales para el desarrollo sostenible de sistemas ganaderos basados en pastos y forrajes tropicales. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 5(2), 75-88. <http://revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/275>
- Pintac-Robalino, B. D., & Pincay, W. E. V. (2022). El Efecto de la Tala de Árboles en la Reserva Forestal Arenillas, el Daño Ambiental en Relación al Debido Proceso. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(1), 56. DOI: 10.23857/pc.v7i1.3534
- Polo Ledezma, E. A., & Urieta, S. (2022). Estudio de frecuencia de corte sobre la producción forrajera y relación hoja-tallo del pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 5(1), 26-39. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/3357
- 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. *Revista Saberes APUDEP*, 4(2), 18-27. https://uptv.up.ac.pa/index.php/saberes_apudep/article/view/2219
- Polo, E. A. (2021). Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento de materia seca de especies de *Brachiaria*. *Revista Semilla Del Este*, 1(2), 64-69. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/download/2124/1975
- Pons, X., & Nuñez, E. (2020). Plagas da la alfalfa: Importancia, daños y estrategias de control. *La alfalfa, Agronomía y Utilización*; Lloveras, J., Delgado, I., Chocarro, C., Eds, 167-202.
- 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. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000200093&script=sci_arttext
- Posada-Asprilla, W., Medina-Sierra, M., & Cerón-Muñoz, M. (2019). Estimación de la calidad y cantidad de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum* (Hochst. ex Chiov.) Morrone) usando imágenes multiespectrales. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1195>
- Pulgarín, M. M., Contreras, M. S., Viera, G. E. G., & Viera, R. V. G. (2023). El Lupino como alternativa a la Soya en la suplementación con balanceados a vacas lecheras en pastoreo (Lupine as an alternative to Soy in balanced supplementation of grazing dairy cows). *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 6(2), 106-124. <http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/322>
- Quevedo Quispe, W. (2020). Propuesta para manejo sostenible de praderas nativas en las comunidades Sorochi y Yoroca del municipio Ravelo. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 103-127. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2225-87872020000100005&script=sci_arttext
- Quiñones, B. E. S., Fernández, L. P. C., Pantoja, O. N. R., Torres, G. L. R., Ortega, T. O., & Vallejos, A. R. R. (2022). Recuperación de suelos degradados por sobrepastoreo, con diferentes sustratos en el departamento de Putumayo, Colombia. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 8(1), 42-50. <https://doi.org/10.23850/raaa.v8i1.5817>
- Quispe Roque, D. M., & Ayamamani Collanqui, P. (2021). Representaciones del manejo de los recursos naturales: mirada del poblador del Tilcara. *Mundo agrario*, 22(51), 7-8. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.24215/15155994e178>
- Quito, L. F. D., Alcívar, F. R. M., Vargas, S. J. Z., & Mancero-Castillo, D. (2022). Evaluación del crecimiento de pastos *Brachiaria* en combinación con desechos verdes para la producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en Milagro-Ecuador. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(46), 35-41. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss41.2022pp388-399>
- Ramírez Pedroso, J. F., González Cañizares, P. J., Rivera Espinosa, R., & Hernández Jiménez, A. (2021). Respuesta al encalado de pastos del género *Urochloa*, cultivados en la región Sabana de Manacas, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802021000200001&script=sci_arttext
- Ramírez, D. G., Giraldo, A., & Tovar, J. (2006). Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004). *Investigaciones marinas*, 34(2), 211-216. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782006000200023>
- Ramírez, J. F., Fernandez, Y., González, P. J., Salazar, X., Iglesias, J. M., & Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrsus maximus*. *Pastos y forrajes*, 38(4), 393-402. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942015000400002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Ramírez-Iglesias, E., Hernández, R. M. H., & Herrera, P. (2017). Relaciones suelo-planta-animal en un sistema agroecológico de siembra directa y asociación de coberturas maíz-ganado en sabanas bien drenadas de Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica*, 37(1), 67-87. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revista_abv/article/view/15031
- Ramírez-Segura, E., Maldonado-Jaquez, J. A., Torres-Salas, I., & Quero-Carrillo, A. R. (2022). Atributos físicos y fisiológicos de semilla de pastos nativos del México Árido. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(4), 453-453. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.453>
- Rebuffo, M., & Cabrera, K. (2010). Enfermedades y plagas en pasturas. INIA Serie Técnica, 183.
- Rendón, J. G., Del Campo, M., & Tous, M. G. (2019). Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(1). <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.716>
- Reyes Silva, F., Borja, M., Condo Plaza, L. C., & Marini, P. R. (2022). Voisin Rational Grazing: An Agroecological Alternative to Achieve Sustainable Livestock in Ecuador. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 104-112. DOI 10.18502/espoch.v2i2.11187
- Reyes-Palomino, S. E., & Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 53-64. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2022.328>

- Robles, N. E. R., Yépez, E. A., Alvarez-Yépiz, J. C., Sanchez-Mejía, Z. M., Garatuza-Payan, J., & Rivera-Díaz, M. A. (2023). Producción neta del ecosistema durante la sucesión ecológica secundaria: lecciones desde el bosque tropical seco. *Madera y Bosques*, 29(1), e2912368-e2912368. <https://doi.org/10.21829/myb.2023.2912368>
- Roca-Cedeño, J. A., Vera-Cedeño, J. C., Rivera-Legton, C. A., & Brito-Donoso, F. J. (2020). La nutrición de rumiantes en la zona norte de Manabí en la formación de estudiantes de Ingeniería Agropecuaria y Medicina Veterinaria. *Maestro y Sociedad*, 17(3), 571-581. <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/5225>
- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H. I., García Batista, R. M., & Quezada Mosquera, A. J. (2020). Efecto del manejo agrícola en propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes agroecosistemas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 389-398. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202020000500389&script=sci_arttext&tlng=pt
- 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. http://200.14.47.231/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/401
- Rodríguez-Rodríguez, D. M., Checa-Coral, Ó. E., Ruiz-Eraso, H., Muriel-Figueroa, J., & Yepes-Chamorro, B. (2022). Niveles de fertilización con calcio, magnesio y azufre en genotipos de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) en Nariño. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 25(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1847>
- Rojas, E. M., Quintana, S. C., Guevara, J. V., Ortiz, E. D., Santillan, T. S., & Rosero, M. G. (2021). Efectos del cambio climático en fincas cafetaleras: una revisión bibliográfica con énfasis en Perú. *Apuntes Universitarios*, 11(1), 55-71. <https://doi.org/10.17162/au.v11i1.547>
- Rojas, L. A. (2001). La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía mesoamericana*, 12(2), 209-212. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712213.pdf>
- Román Cañizares, W., Martínez Robaina, A. Y., Benítez Odio, M., Bastidas Pacheco, H. P., Gutiérrez Reinoso, M. Á., & Morejón García, M. (2022). Servicios ambientales de tres sistemas silvopastoriles introducidos en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), 262-277. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-34692022000200262&script=sci_arttext
- Rosales-Naranjo, L., Pérez-Rodríguez, M., Herrera-Puebla, J., González-Rodríguez, J. A., & Cid-Lazo, G. (2020). Efecto del manejo del suelo sobre la infiltración en un suelo Ferralítico Rojo compactado. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(4), 20-30. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=586264983003>
- Rúa-Bustamante, C. V., Zambrano-Ortiz, J. R., Caballero-López, A. R., & Ríos-de-Álvarez, L. (2022). Composición florística y calidad nutricional de una pradera pastoreada por ovinos en el Caribe seco colombiano. *Pastos y Forrajes*, 45. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-3942022000100004&script=sci_arttext
- Ruyle, G. B., & Dyess, J. (2010). Rangeland monitoring and the parker 3-step method: overview, perspectives and current applications. College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona (Tucson, AZ). <http://hdl.handle.net/10150/146925>
- Saavedra, D. M., Gómez, J. W., Loa, G. S., & Gómez-Urviola, N. C. (2021). Forraje verde hidropónico de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en recría, Abancay, Perú. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA*, 16, 67-71. <https://www.aicarevista.com/n%C3%BAmoros/vol%C3%BAmes-16-2021-1/>
- Sabattini, J. A., Sabattini, R. A., Urteaga Omar, F., Bacigalupo, M., Cian, J. C., Sabattini, I. A., & Dopazo, V. M. (2019). Recuperación del pastizal natural en un bosque nativo degradado del Espinal argentino mediante el control químico aéreo de arbustivas. *Investigación Agraria*, 21(2), 93-107. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.diciembre.93-107>
- Sabattini, R., Sabattini, J., Befani, R., Hernández, J., Boschetti, N., Alvarado, M., & Muzzachiodi, N. (2023). Sucesión ecológica de un bosque nativo intervenido en la ecorregión Espinal. *Ciencia, Docencia Y Tecnología Suplemento*, 13(14). <https://pcient.uner.edu.ar/index.php/Scdyt/article/view/1590>
- Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

- Sainz, M. J., Aguin, O., Bande, M. J., Pintos, C., & Mansilla, J. P. (2012). Biodiversidad de especies de *Fusarium* en tallos de maíz forrajero en Galicia. *Pastos*, 42(1), 51-66. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/2034/2083>
- Salazar-Matarrita, A., Cubero-Campos, M., & Durán-Jiménez, B. (2020). Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de costa rica. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 123-132. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i1.40018>
- Salvador-Castillo, J. M., Bolaños-González, M. A., Cedillo-Aviles, A. K., Vázquez-Chena, Y., Varela-de Gante, S. A., & Meza-Discua, J. L. (2022). Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de Avena sativa y Hordeum vulgare. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.996>
- Sanabria Quispe, S., Mendoza Dávalos, K., Sangay-Tucto, S., & Cosme De La Cruz, R. C. (2021). Uso de coberturas vegetales en el manejo sostenible del suelo asociado al cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.). *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 329-336. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.036>
- Sánchez Arzapalo, L. E., & Acosta Sánchez, A. (2023). Optimización del consumo de agua agrícola en Lima: Buenas prácticas y métodos de riego eficientes. *Revista Alfa*, 7(20), 464-473. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.229>
- Sánchez Ledezma, W. (2018). Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alcances Tecnológicos*, 12 (1): 49-58. <http://dx.doi.org/10.35486/at.v12i1.37>
- Sánchez, A. J. L., Coox, D. A. C., Alarcon, M. E. Z., & Gavilánez, F. (2019). Indicadores bioproductivos y calidad de la canal en pollos camperos alimentados con maíz hidropónico con diferentes porcentajes de inclusión. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 3(3), 699-716. <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/545>
- Sánchez, B. T. (2020). Efecto del sistema silvopastoril con *Alnus acuminata* en el valor agronómico y nutricional del *Pennisetum clandestinum*. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(3), 09-14. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v3i3.630>
- Sánchez, G., Ramírez, J., James, A., Deago, E., & Villarreal, J. (2021, June). Evaluación del potencial de lodos orgánicos carbonizados de una planta de tratamiento de aguas residuales para el mejoramiento de suelos. In *Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología-APANAC* (pp. 292-299). <https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3198>
- 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. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.613>
- Sánchez-Hernández, M. A., Valenzuela-Haro, Y. E., Morales-Terán, G., Rivas-Jacobo, M. A., Fraire-Cordero, S., & Hernández-Sánchez, S. (2019). Crecimiento de pasto Guinea (*Megathyrus maximus* (Jacq.) BK Simon & SWL Jacobs) en respuesta a fertilización química en clima cálido húmedo. *Agro Productividad*, 12(8). <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1450>
- Sánchez-Hernández, M., Valenzuela-Haro, Y., Morales-Terán, G., Rivas-Jacobo, M., Fraire-Cordero, S., & Hernández-Sánchez, S. (2019). Crecimiento de pasto Guinea (*Megathyrus maximus* (Jacq.) BK Simon & SWL Jacobs) en respuesta a fertilización química en clima cálido húmedo. *Agro Productividad*, 12(8). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1450>
- 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. <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). <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2732>
- Schuffelen, A. C., Muller, A., & Van Schouwenburg, J. C. (1961). Quick-tests for-soil and plant analysis used by small laboratories. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 9(1), 2-16. <https://doi.org/10.18174/njas.v9i1.17630>
- Segura, F., Echeverri, R., Patiño Ll, A. C., & Mejía, A. I. (2007). Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Vitae*,

- 14(1), 72-81. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042007000100011&script=sci_arttext
- Silva Déley, L. M., Acosta Velarde, J. I., Parra Gallardo, G. P., Martínez Freire, M. N., Toro Molina, B. M., Sambache Tayupanta, J. E., ... & Chacón Marcheco, E. (2019). Calidad de los forrajes *Cenchrus clandestinum* y *Lolium perenne* en forma de heno a diferentes edades de rebrote. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(3), 299-306. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802019000300299&script=sci_arttext
- Silva, A. Z., Anderson, F. W., Nowaki, R. H., Cecílio Filho, A. B., & Mendoza-Cortez, J. W. (2017). Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia* (Uruguay), 21(2), 31-43. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=s2301-15482017000200031&script=sci_arttext
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 26(2), 347-359. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652008000200020&script=sci_arttext
- Silva, K. J., Santos, C. V., Menezes, C. B., & de Sousa, S. M. (2022). Híbridos de sorgo crescidos em hidroponia contrastam para eficiência de uso de fósforo. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e253083. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.253083>
- Silva, M. L., Hernández, D. C., Freyre, L. V., & Fernández, L. L. (2019). Indicadores de cambio climático en las precipitaciones. *Revista Bases de la Ciencia*, 4(2), 21-34. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/download/1566/1998>
- Solís, C., Rodríguez, R., Marrero, Y., Elías, A., Moreira, O., Sarduy, L., & Ruiloba, M. (2019). Efecto del ensilaje en la composición química y fermentación ruminal in vitro de mezclas integrales de camote (*Ipomoea batata* L.). *Livestock Research for Rural Development*, 31. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd31/10/carlos31161.html>
- Solis, L. S., Orrala, N. A., León, A. A., Valladolid, J. S., & Marín, N. E. (2023). Láminas de riego y rendimiento de *Cenchrus ciliaris* L. en la zona semiárida, provincia de Santa Elena. *Archivos de zootecnia*, 72(277), 59-66. <https://doi.org/10.21071/az.v72i277.5702>
- Sosa-Rodriguez, B. A., Sánchez-de-Prager, M., García-Vivas, Y. S., Espinoza-Guardiola, M. D., Rodríguez, J. A., & Sosa-Rodríguez, G. M. (2019). Dinámica de nitrógeno del suelo en agroecosistemas bajo el efecto de abonos verdes. *Acta agronómica*, 68(4), 257-264. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.71963>
- Soto, C. S. T., Arce, V. V., & León, L. A. N. (2019). Estabilidad de rendimiento y adaptabilidad de híbridos de maíz tolerantes a suelos ácidos en base a las características del análisis GGE biplot. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 32-45. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1081>
- Soto-Valenzuela, J., Ormeño-Orrillo, E., & Zúñiga-Dávila, D. (2021). Diversidad de rizobios y fijación biológica de nitrógeno en aislados de *Clitoria brachystegia*, en remanentes de bosque seco tropical de Ecuador y Perú. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3426>
- Sparling, G. P., & West, A. W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C labelled cells. *Soil biology and biochemistry*, 20(3), 337-343. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90014-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90014-4)
- Stadler-Kaulich, N., & Mamani, M. (2009). Reflexión sobre el uso sostenible del suelo a través de sistemas agroforestales. *Acta Nova*, 4(2-3), 330-337. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892009000100012&script=sci_arttext
- Suárez, L. C., García, I. R., & Fonseca, A. Á. (2023). Evaluación de la composición botánica y producción de biomasa en pastizales de la provincia Granma (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 7(2), 32-48.
- Suárez-Aguilar, Z. E., Sepúlveda-Delgado, O., Patarroyo-Mesa, M., & Canaria-Camargo, L. C. (2020). Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia. *Información tecnológica*, 31(1), 193-206. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000100193>
- Tapia-Coronado, J. J., Atencio-Solano, L. M., Mejía-Kerguelen, S. L., Paternina-Paternina, Y., & Cadena-Torres, J. (2019). Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras

- para las sabanas secas del Caribe en Colombia. *Agronomía costarricense*, 43(2), 43-60. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i2.37943>
- Tarazona, R. C., Florida, N., & Rojas, A. R. (2020). Impacto sobre indicadores físicos y químicos del suelo con manejo convencional de coca y cacao. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(33), 1-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8375317>
- Terrer, C., Phillips, R. P., Hungate, B. A., Rosende, J., Pett-Ridge, J., Craig, M. E., ... & Jackson, R. B. (2021). A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. *Nature*, 591(7851), 599-603. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03306-8>
- Tigrero-Zapata, G. J., Vásconez-Montúfar, G. H., Ferrer-Sánchez, Y., Cedeño-Moreira, A. V., Nieto-Cañarte, C. A., & Abasolo-Pacheco, F. (2022). Identificación del potencial agrícola de suelos en la Amazonía Ecuatoriana, a partir de variables físico-químicas, microbiológicas y ambientales. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1294>
- Tinsley, J., & Pizer, N. H. (1940). An examination of the Morgan rapid method of soil testing. Part I. The analytical procedures for phosphorus, potassium, and calcium. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 59, 206-210.
- Titterton, M., & Bareeba, F. (2001). Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. *Serie Estudios FAO. Producción y protección vegetal*, 161, 53-56.
- Tittonell, P. (2019). Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(1), 231-246. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652019000100017&script=sci_arttext
- Tomita, K., & Proaño, J. (2023). Evaluación de la salinidad del suelo por nuevo método para análisis químico del suelo, Ecuador: Avaliação da salinidade do solo por novo método para análise química do solo, Ecuador. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(1), 857-870. DOI: 10.34188/bjaerv6n1-076
- Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., & García-Orellana, Y. (2022). Fluorescencia total de rayos X como método alternativo para la determinación de microelementos en suelos de la depresión de Quíbor (Venezuela). *Tecnológicas*, 25(53). <https://doi.org/10.22430/22565337.2195>
- Turrent-Fernández, A., & Cortés-Flores, J. I. (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: I. Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 265-272. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57323214.pdf>
- Valdez, M. E. R., Duarte, G. C., & Gallardo, E. O. H. (2009). Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. *Acta Universitaria*, 19(2), 11-19. <https://doi.org/10.15174/au.2009.93>
- Vallejos-Fernández, L. A., Alvarez, W. Y., Paredes-Arana, M. E., Pinares-Patiño, C., Bustíos-Valdivia, J. C., Vásquez, H., & García-Ticllacuri, R. (2020). Comportamiento productivo y valor nutricional de 22 genotipos de raigrás (*Lolium* spp.) en tres pisos altoandinos del norte de Perú. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 537-545. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.09>
- Van Soest, P. J., & McCammon-Feldman, B. (1984). Criterios para la evaluación nutritiva. In *Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal*. CIID, Ottawa, ON, CA.
- Vázquez, M. F. (2021). Aprovechamiento de los subproductos en la alimentación de vacuno. *MG Mundo ganadero*, 32(301), 28-33. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2055
- Vázquez-Luna, D., Cuevas Díaz, M. D. C., Perera Escamilla, T. D. J., Hernández Romero, A. H., & Retureta Aponte, A. (2014). Secuestro de carbono en suelo cafetalero con alta pendiente en la Sierra de Santa Marta. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(4), 798-806. <https://biblat.unam.mx/hevila/RevistabiologicoagropecuariaTuxpan/2014/no4/11.pdf>
- Veliz Lorenzo, E., Llanes Ocaña, J. G., Asela Fernández, L., & Bataller Venta, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 40(1), 35-44. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181221574007.pdf>
- Vera Puerto, I. L., Rojas Arredondo, M., Chávez Yavara, W., & Arriaza Torres, B. T. (2016). Evaluación de materiales filtrantes para el reúso en agricultura de aguas residuales tratadas provenientes de zonas áridas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(1), 5-19. <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1633>

- Vergara, J., & Ortiz, I. (2010). Cómo medir la Carga Animal y el Índice de Agostadero. Reproducción animal, SA de CV Recuperado de <http://www.reproduccionanimal.com.mx>. Consultado el, 23. http://www.reproduccionanimal.com.mx/AIM_H_El%20Coef%20Agostadero%20y%20la%20CA%20ASA%202010.pdf
- Viera-Arroyo, W. F. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable. Journal of the Selva Andina Biosphere, 8(2), 67-68. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200067>
- Vinay-Vadillo, J. C., Castillo-Linares, E. B., Villegas-Aparicio, Y., & Enríquez-Quiroz, F. (2021). Agentes endurecedores y su efecto sobre la elaboración de bloques nutricionales. Revista Mexicana de Agroecosistemas, 8(2), 32-40. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/229>
- Volverás-Mambuscay, B., Campo-Quesada, J. M., Merchancano-Rosero, J. D., & López-Rendón, J. F. (2020). Propiedades físicas del suelo en el sistema de siembra en wachado en Nariño, Colombia. Agronomy Mesoamerican, 743-760. doi:10.15517/am.v31i3.39233
- Weiss, W. P., Conrad, H. R., & Pierre, N. S. (1992). A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. Animal Feed Science and Technology, 39(1-2), 95-110. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4)
- Wieser, M., Rodríguez-Larraín, S., & Onnis, S. (2021). Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú. Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, 10(19), 10-21. <https://doi.org/10.18537/est.v010.n019.a01>
- Williams, T. R., Wilkinson, B., Wadsworth, G. A., Barter, D. H., & Beer, W. J. (1966). Determination of magnesium in soil extracts by atomic absorption spectroscopy and chemical methods. Journal of the Science of Food and Agriculture, 17(8), 344-348. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740170803>
- Yaguache Ordóñez, L. A. (2022). Humedad y almacenamiento de agua en el suelo en cuatro tipos de cobertura vegetal. Revista Ciencia y Tecnología, 15(1), 19-24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8537296>
- Yalli, T. B., Ñaupari, J. A., & Castillo, E. R. (2020). Efecto del pastoreo de llamas y vacunos en la función hidrológica de pastizales altoandinos. Archivos de zootecnia, 69(267), 372-376.
- Yerena-Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2020). Concentración de carbono en vástagos y raíces de diferentes especies de pastos en Nuevo León, México. Revista fitotecnia mexicana, 43(2), 189-195. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.189>
- Yoplac, I., Goñas, K., Bernal, W., Vásquez, H. V., & Maicelo, J. L. (2021). Caracterización química y digestibilidad in vitro de semillas y subproductos agroindustriales amazónicos con potencial para alimentación animal. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(3). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.18765>
- Zambrano, G., Apráez, J. E., & Navia, J. F. (2014). Relación de las propiedades del suelo con variables bromatológicas de pastos, en un sistema lechero de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas, 31(2), 106-121. <https://doi.org/10.22267/rcia.143101.46>
- Zaragoza-Quintana, E. P., Cotera-Correa, M., Scott-Morales, L. M., Pando-Moreno, M., Estrada-Castillón, A. E., & González-Rodríguez, H. (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. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3495>

AUTORES

LUIS SAMUEL ARIAS ALEMÁN



Nacido en la ciudad del Sigüig –Azuay el 24 de marzo de 1963; mis 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 asignaturas 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.

He fungido los cargos de director provincial del instituto para el ecodesarrollo 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.

LUIS ALFONSO CONDO PLAZA



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, CIED en la ESPOCH, Proyecto Tuna – Cochinilla, es miembro de la Red de la problemática lechera en Latinoamérica.

LUIS ABDÓN ROJAS OVIEDO



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 politécnica 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 Canton Chillanes provincia de Bolívar 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.

VÍCTOR HUGO HUEBLA CONCHA



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.