

Pastos y forrajes del Ecuador

Siembra y producción de pasturas

Ramiro León
Nancy Bonifaz
Francisco Gutiérrez

Universidad Politécnica Salesiana

Pastos y forrajes del Ecuador

Siembra y producción de pasturas

*Ramiro León - Nancy Bonifaz
Francisco Gutiérrez*

Pastos y forrajes del Ecuador

Siembra y producción de pasturas



**ABYA
YALA** | UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
SALESIANA

2018

Pastos y forrajes del Ecuador

Siembra y producción de pasturas

©Ramiro León - Nancy Bonifaz - Francisco Gutiérrez

Ira edición: Universidad Politécnica Salesiana
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja
Cuenca-Ecuador
Casilla: 2074
P.B.X. (+593 7) 2050000
Fax: (+593 7) 4 088958
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec
www.ups.edu.ec

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

Diagramación: Editorial Universitaria Abya-Yala
Quito-Ecuador

Derechos de autor: 054473

ISBN UPS: 978-9978-10-318-0

Impresión: Editorial Universitaria Abya-Yala
Quito-Ecuador

Tiraje: 300 ejemplares

Impreso en Quito-Ecuador, octubre 2018

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

Prólogo	37
CAPÍTULO I	
Generalidades	39
Importancia de los pastos y forrajes	39
Clasificación de los forrajes	44
Clasificación de las plantas forrajeras	45
Clasificación de las pasturas.....	47
Estudio de la flora de las pasturas.....	48
Gramíneas o poáceas (Poaceae).....	48
<i>Morfología</i>	50
<i>Leguminosas o Fabáceas (Fabaceae)</i>	52
<i>Morfología</i>	53
<i>Adventicias</i>	56
CAPÍTULO II	
Factores que influyen en el establecimiento y producción de las pasturas	57
Clima	61
Factores que determinan el clima en el Ecuador.....	61
<i>Latitud geográfica</i>	61
<i>Altitud sobre el nivel del mar</i>	62
<i>Circulación atmosférica general</i>	62
<i>Masas de aire locales</i>	63
<i>Los vientos</i>	64
<i>Corrientes marinas</i>	64

Solsticios y equinoccios	65
Elementos principales del clima.....	66
<i>Temperatura</i>	66
<i>Lluvias</i>	67
<i>Radiación solar y heliofanía</i>	69
Principales climas del Ecuador	70
Clima cálido, tropical o megatérmico	71
<i>Clima megatérmico semi-árido</i>	71
<i>Clima megatérmico seco</i>	72
<i>Clima megatérmico semihúmedo</i>	72
<i>Clima megatérmico húmedo</i>	73
<i>Clima megatérmico lluvioso</i>	73
Clima medio, subtropical o mesotérmico.....	74
<i>Clima mesotérmico húmedo</i>	75
<i>Clima mesotérmico seco</i>	75
Clima templado, temperado-frío.....	76
Clima ecuatorial de alta montaña, páramo andino o microtérmico	77
Suelo	78
Propiedades físicas del suelo.....	78
<i>Textura</i>	78
<i>Estructura</i>	80
<i>Consistencia</i>	81
<i>Densidad</i>	81
<i>Aireación</i>	82
<i>Temperatura del suelo</i>	82
<i>Color</i>	82
Propiedades químicas.....	82
<i>Fertilidad</i>	82
<i>pH</i>	83
<i>Capacidad de Intercambio Catiónico</i>	86
Otras características importantes del suelo	88
<i>Profundidad</i>	88

<i>Relieve y pendiente</i>	89
<i>Topografía</i>	90
<i>Drenaje</i>	92
Especie forrajera.....	92
Factores bióticos.....	93
Microorganismos benéficos.....	93
Microorganismos perjudiciales.....	96
Microfauna.....	96
Adventicias.....	96
Animales.....	96
Factores de manejo.....	96
Factores culturales.....	97
Factores económicos.....	97
CAPÍTULO III	
Establecimiento de pasturas	99
Identificar el requerimiento.....	100
Reconocimiento del terreno.....	100
Análisis de suelo.....	100
Selección de la especie forrajera.....	102
Semilla.....	103
<i>Calidad de la semilla</i>	103
<i>Cantidad de semilla</i>	103
<i>Pureza</i>	104
<i>Germinación</i>	104
<i>Métodos de ruptura del letargo de las semillas</i>	105
<i>Prueba de viabilidad</i>	106
<i>Prueba de germinación</i>	107
<i>Energía germinativa</i>	108
<i>Incrustación</i>	109
<i>Valor cultural</i>	109
<i>Densidad de siembra</i>	109
<i>Planta establecida</i>	110

<i>Manejo de las semillas de leguminosas</i>	111
<i>Preparación del inoculante</i>	112
<i>Inoculación de la semilla</i>	113
<i>Peletización</i>	114
<i>Incrustación</i>	115
Preparación del suelo.....	115
Aplicación de enmiendas y fertilización.....	117
Siembra.....	117
Siembra con semilla botánica	117
Siembra al voleo	118
Siembra en líneas.....	119
Microorganismos, enfermedades y plagas	120
Causas de posibles fallas de siembra	122
Siembra con material vegetativo.....	122
Siembra asociada.....	124
Siembra con cultivo colonizador	125
Mezclas forrajeras	125
Riego	136
Primeros pastoreos.....	137
Pastos tropicales.....	139
CAPÍTULO IV	
Recursos forrajeros	
de clima templado	141
Principales especies para pastoreo	142
Gramíneas	142
<i>Cebadilla</i>	142
<i>Pasto azul</i>	143
<i>Festucas</i>	146
<i>Holco</i>	148
<i>Raigrás</i>	149
<i>Festulolium</i>	160
<i>Kikuyo</i>	161
Leguminosas	162

<i>Alfalfa</i>	174
<i>Trébol blanco</i>	175
<i>Trébol rojo</i>	177
<i>Trébol híbrido</i>	179
<i>Otras forrajeras</i>	179
<i>Gramíneas</i>	179
<i>Leguminosas</i>	180
<i>Achicoria</i>	181
<i>Llantén</i>	182
Especies para corte.....	184
<i>Gramíneas</i>	184
<i>Avena</i>	184
<i>Raigrás anual</i>	187
<i>Centeno</i>	187
<i>Maíz</i>	189
<i>Leguminosas</i>	192
<i>Alfalfa común</i>	192
<i>Vicia</i>	192
Otras especies.....	194
<i>Colza</i>	194
Otros recursos forrajeros.....	197
Principales hortalizas.....	197

CAPÍTULO V

Recursos forrajeros de clima cálido	199
Principales especies para pastoreo	199
<i>Gramíneas</i>	199
<i>Gramalote</i>	199
<i>Micay</i>	202
<i>Brachiaria</i>	203
<i>Pasto signal</i>	204
<i>Kikuyo del Amazonas</i>	206
<i>Brizantha</i>	208

<i>Mulato</i>	209
<i>Pasto Pará</i>	211
<i>Pasto Taner</i>	212
<i>Pasto Alemán</i>	213
<i>Janeiro</i>	214
<i>Pasto gordura</i>	215
<i>Pasto Guinea</i>	217
<i>Setaria</i>	220
<i>Pasto Estrella</i>	222
Leguminosas	224
<i>Maní forrajero</i>	224
<i>Centrosema</i>	227
<i>Centrosema peluda</i>	227
<i>Clitoria</i>	229
<i>Desmodium</i>	231
<i>Soya forrajera</i>	233
<i>Siratro</i>	234
<i>Pueraria</i>	235
<i>Kudzú tropical</i>	236
<i>Alfalfa tropical</i>	238
Principales especies para corte.....	239
Gramíneas	239
<i>Pasto buffel</i>	239
<i>King grass</i>	241
<i>Pasto elefante</i>	243
<i>Mar alfalfa</i>	246
<i>Caña forrajera</i>	248
<i>Sorgo</i>	250
<i>Guatemala</i>	252
<i>Maíz</i>	253
Leguminosas	253
<i>Eritrina</i>	253
<i>Caraca</i>	254

<i>Matarratón</i>	254
<i>Poroto aterciopelado</i>	257
<i>Acacia forrajera</i>	258
Árboles no leguminosos.....	261
<i>Aliso</i>	261
<i>Morera</i>	263
<i>Botón de oro</i>	263
<i>Nacedero</i>	265
Otras forrajeras.....	266
Gramíneas.....	266
Leguminosas.....	267
No convencionales.....	267
 CAPÍTULO VI	
Fertilización de pasturas	269
pH.....	269
Capacidad de Intercambio Catiónico.....	270
Enmiendas.....	271
Enmiendas minerales.....	272
<i>Cal</i>	272
<i>Yeso</i>	273
<i>Roca fosfórica</i>	275
<i>Silicato</i>	276
<i>Zeolita</i>	277
Enmiendas orgánicas.....	278
Enmiendas de origen animal.....	280
Enmiendas origen vegetal.....	281
Fertilización	281
Fertilización de siembra.....	281
Fertilización de recuperación.....	281
Fertilización de mantenimiento.....	282
<i>Fuente</i>	282
<i>Dosis</i>	283

<i>Época</i>	286
<i>Localización</i>	287
Fertilización de Siembra.....	287
Guía de recomendaciones de fertilización para la siembra, según el INIAP	287
<i>Fertilización para la siembra de alfalfa</i>	287
<i>Fertilización para el cultivo de avena</i>	288
<i>Fertilización para la siembra de pastos de la sierra</i>	289
<i>Fertilización para la siembra de pastos de la costa</i>	290
Fertilización de mantenimiento.....	290
<i>Herramientas para la fertilización de mantenimiento</i>	291
<i>Síntomas de deficiencia</i>	292
<i>Análisis de suelo</i>	292
<i>Análisis foliar</i>	293
<i>Perfil metabólico</i>	294
<i>Registros</i>	294
Tipos de recomendaciones de fertilización de mantenimiento	294
Recomendaciones del laboratorio de suelos	295
Fertilización de mantenimiento para especies forrajeras según el INIAP.....	295
<i>Fertilización de mantenimiento para la alfalfa</i>	295
<i>Fertilización de mantenimiento para pastos de la costa</i>	295
<i>Fertilización de mantenimiento para pastos de la sierra</i>	295
Restitución de los elementos.....	297
Manejo de la fertilización.....	302
Macroelementos.....	302
Nitrógeno (N).....	302
<i>Contenido en la planta</i>	302
<i>Contenido en el suelo</i>	302
<i>Rol del nitrógeno</i>	302
<i>Síntomas de deficiencia</i>	303
<i>Uso</i>	303
<i>Fuentes de nitrógeno</i>	303

<i>Recomendaciones</i>	305
Fósforo (P)	309
<i>Contenido en la planta</i>	309
<i>Contenido en el suelo</i>	309
<i>Rol de fósforo</i>	310
<i>Síntomas de deficiencia:</i>	310
<i>Uso</i>	310
<i>Fuentes de fósforo</i>	312
<i>Recomendaciones</i>	313
Potasio (K)	313
<i>Contenido en la planta</i>	313
<i>Contenido en el suelo</i>	313
<i>Rol del potasio</i>	313
<i>Síntomas de deficiencia</i>	314
<i>Uso</i>	314
<i>Fuentes</i>	314
<i>Recomendaciones</i>	315
Azufre (S)	315
<i>Contenido en la planta</i>	315
<i>Contenido en el suelo</i>	315
<i>Rol del azufre</i>	315
<i>Síntomas de deficiencia</i>	316
<i>Uso</i>	316
<i>Fuentes</i>	316
<i>Recomendaciones</i>	317
Calcio (Ca).....	317
<i>Contenido en la planta</i>	317
<i>Contenido en el suelo</i>	317
<i>Rol del calcio</i>	318
<i>Síntomas de deficiencia</i>	318
<i>Uso</i>	318
<i>Fuentes</i>	319
<i>Recomendaciones</i>	319

Magnesio (Mg)	320
<i>Contenido en la planta</i>	320
<i>Contenido en el suelo</i>	320
<i>Rol de magnesio</i>	320
<i>Síntomas de deficiencia</i>	321
<i>Recomendaciones</i>	321
Microelementos	321
Boro (B)	322
<i>Contenido en las plantas</i>	322
<i>Contenido en el suelo</i>	322
<i>Rol del boro</i>	322
<i>Síntomas de deficiencia</i>	323
<i>Uso</i>	323
<i>Fuentes</i>	323
<i>Recomendaciones</i>	323
Cloro (Cl).....	323
Cobalto (Co).....	324
Cobre (Cu)	324
<i>Contenido en la planta</i>	324
<i>Rol del cobre</i>	324
<i>Uso</i>	324
<i>Síntomas de deficiencia</i>	324
<i>Fuentes</i>	325
<i>Recomendaciones</i>	325
Hierro (Fe)	325
<i>Contenido en la planta</i>	325
<i>Rol del hierro</i>	325
<i>Uso</i>	325
<i>Recomendaciones</i>	326
Manganeso (Mn)	326
<i>Contenido en la planta</i>	326
<i>Rol del manganeso</i>	326
<i>Síntomas de deficiencia</i>	326

<i>Fuentes</i>	326
<i>Recomendaciones</i>	326
Molibdeno (Mo).....	327
<i>Contenido en la planta</i>	327
<i>Rol del molibdeno</i>	327
<i>Síntomas de deficiencia</i>	327
<i>Recomendaciones</i>	327
Zinc (Zn).....	327
<i>Contenido en la planta</i>	327
<i>Rol del zinc</i>	327
<i>Síntomas de deficiencia</i>	328
<i>Recomendaciones</i>	328
Aluminio (Al)	328
Níquel (Ni).....	328
Fertilización foliar	328
Abonamiento orgánico.....	329
Sistemas de tratamientos de residuos ganaderos.....	332
<i>Bocashi</i>	333
<i>Biol</i>	333
<i>Lombricultura</i>	334
 CAPÍTULO VII	
Manejo de pasturas	335
Morfogénesis	336
Meristemos.....	336
Las raíces	339
Macollos	341
Área foliar.....	343
Ecofisiología	350
Nutrientes de reserva.....	363
Aspectos nutricionales.....	366
Labores de manejo de pasturas permanentes	369
Riego.....	369

El agua en las plantas.....	369
Planificación del riego.....	370
Precipitación.....	370
Uso consuntivo.....	371
Evapotranspiración.....	371
Agua disponible.....	372
Necesidades de agua.....	373
Cuándo regar.....	374
Tipo de suelo.....	374
Interacción riego y fertilización.....	374
Métodos de riego.....	375
Eficiencia de riego.....	376
Requerimiento de cada especie.....	376
Resistencia de los pastos a la sequía.....	376
Calidad de agua.....	377
Producción de forraje.....	377
Control de malezas.....	379
<i>Cultural</i>	379
<i>Químico</i>	380
Control de plagas.....	382
<i>Enfermedades</i>	388
Labores culturales.....	389
CAPÍTULO VIII	
Manejo del pastoreo.....	395
Sistemas de producción.....	395
Sistemas de producción ganaderos.....	396
Sistemas de producción de leche.....	396
Sistema de producción a pastoreo.....	396
Sistema de producción en semi estabulación.....	398
Sistema de producción en estabulación.....	399
Sistemas de pastoreo.....	401
Pastoreo continuo.....	401

Pastoreo rotativo.....	402
Pastoreo en franjas.....	405
Pastoreo neozelandés.....	407
Pastoreo Racional Voisin (PRV)	409
<i>Leyes de las plantas</i>	410
<i>Leyes de los animales</i>	411
Silvopastoreo.....	413
Otros sistemas de pastoreo	415
<i>Pastoreo vespertino</i>	415
<i>Pastoreo inteligente</i>	415
<i>Creep grazing</i>	416
<i>Pastoreo mecánico</i>	416
Los abrevaderos.....	417
Forraje hidropónico.....	418
Manejo del pastoreo	419
Ocupación.....	419
<i>Tiempo de pastoreo</i>	419
<i>Presión de pastoreo</i>	419
<i>Especie animal</i>	420
Descanso	423
Suplementación	425
CAPÍTULO IX	
Degradación y rehabilitación de pasturas	429
Antecedentes	429
Casos prácticos de recuperación y mejoramiento de potreros	431
Labranza convencional.....	431
<i>Mejoramiento de mezclas forrajeras de la sierra</i>	431
Labranza mínima.....	435
<i>Mezclas forrajeras de la sierra</i>	435
<i>Mejoramiento del kikuyo</i>	436
<i>Recuperación de alfalfares</i>	440
<i>Recuperación de pastos tropicales rastreros</i>	440

<i>Recuperación de pastos tropicales matajosos</i>	441
Labranza cero.....	442
<i>Resiembra natural</i>	442
<i>Otras estrategias</i>	442
CAPÍTULO X	
Calidad de forraje y producción animal	445
Calidad de forraje	445
Valor nutritivo de las plantas forrajeras	450
Agua.....	450
Materia verde	451
Materia seca	451
Carbohidratos.....	454
Digestibilidad.....	458
Proteínas.....	461
Grasas	467
Cenizas	467
Vitaminas	470
<i>Vitaminas liposolubles</i>	471
<i>Vitaminas hidrosolubles</i>	471
Energía	472
Enfermedades de los animales por carencia en los forrajes	475
Hipocalcemia	477
Hipomagnesemia	478
Hipofosfatemia	479
Parálisis	480
Bocio simple o hipotiroidismo congénito	480
Hipotiroidismo inducido por bociógenos	480
Esterilidad	481
Fracturas óseas	481
Molibdenosis	481
Raquitismo	482
Enfermedades metabólicas de los animales	482

Intoxicación	482
Intoxicación por glucósidos cianógenos	482
Indigestión simple	483
Fotosensibilización	483
Cumarina	484
Saponinas	484
Acidosis ruminal - laminitis o pododermatitis	485
Timpanismo	486
Taninos	488
Fitoestrógenos o estrógenos vegetales	489
Alcaloides	490
Solanina	490
Oxalatos	490
Nitratos	491
CAPÍTULO XI	
Planificación de la alimentación	493
Planificación diaria	493
Forraje producido.....	494
Forraje consumido	495
Composición botánica	497
Superficie de pastoreo	498
<i>Área de pastoreo diaria</i>	498
<i>Área de pastoreo diario para un grupo de animales</i>	498
Número de animales que se pueden alimentar	498
Número de días de pastoreo	499
Número de potreros	499
<i>Tiempo de descanso</i>	499
<i>Tiempo de Rotación</i>	500
Planificación de mediano plazo	500
Área de pastoreo para un grupo de animales	502
Planificación de largo plazo	504
Parámetros de productividad	504

Producción vegetal	504
<i>Rendimiento de materia verde o materia seca</i>	504
<i>Tasa de acumulación de materia seca por hectárea</i>	505
<i>Eficiencia de utilización del pastizal</i>	505
Producción animal	505
<i>Ganancia de peso</i>	506
<i>Producción de leche</i>	506
Productividad por hectárea.....	506
<i>Ganancia de peso por hectárea</i>	506
<i>Producción de leche por hectárea</i>	507
<i>Carga animal</i>	507
<i>Relación materia seca / producción de leche</i>	507
<i>Capacidad receptiva</i>	507
Parámetros adicionales.....	509
<i>Eficiencia de la conversación alimenticia</i>	509
<i>Relación materia seca / producción de leche</i>	509
Otros cálculos	510
<i>Suplementación para la época seca</i>	510
<i>Cálculo del potencial de producción de una pastura de calidad</i>	511
<i>Costo de la alimentación</i>	515
Registros	515
<i>Registro de pastoreo</i>	515
<i>Registro de potreros</i>	516
Planificación estratégica de la producción forrajera	516
Antecedentes	517
Visión	517
Misión	517
Objetivos estratégicos.....	517
Descripción del sistema de producción	517
<i>Datos generales</i>	517
<i>Clima</i>	518
<i>Suelo</i>	518
<i>Clasificación ecológica (Holdridge)</i>	518

<i>Clasificación agrológica</i>	518
<i>Clasificación del sistema productivo</i>	518
<i>Condición y manejo de los potreros</i>	519
<i>Presión de pastoreo</i>	519
<i>Balance forrajero</i>	519
<i>Otros</i>	520
<i>Parámetros de productividad</i>	520
Planificación anual de la producción forrajera	520
<i>Análisis de la situación</i>	520
<i>Diagnóstico</i>	520
<i>Plan de Trabajo</i>	521
<i>Implementación</i>	521
<i>Análisis de impacto</i>	521
<i>Evaluación</i>	521
CAPÍTULO XII	
Conservación de forrajes	523
Heno	523
Pérdidas.....	527
Harina y pellets.....	528
Cálculo de producción de heno.....	528
Cálculo de consumo de heno	528
Ensilaje.....	529
Principios de la conservación	529
<i>Fase aeróbica (respiración)</i>	530
<i>Fase anaerobia (fermentación-acidificación)</i>	530
<i>Fase de estabilización</i>	531
<i>Fase de apertura</i>	531
Inoculación de microorganismos en el ensilaje.....	531
Otros tipos de aditivos preservadores o conservadores	532
Ventajas del ensilado	533
Proceso del ensilaje.....	533
<i>Punto de corte</i>	533

<i>Corte y picado</i>	535
<i>Compactación</i>	538
<i>Apertura del ensilaje</i>	540
<i>Cálculo del tamaño de un silo de trinchera</i>	545
Henolaje.....	547
Principios del henolaje.....	547
Almacenaje de los rollos.....	550
Cálculo de producción de henolaje.....	551
Cálculo de consumo de henolaje.....	551
CAPÍTULO XIII	
Producción de semilla de pastos	553
Disponibilidad de semilla.....	553
Generalidades.....	554
Importancia del clima y del suelo en la producción de semilla.....	554
Sistemas de producción de semilla	554
Sistema tradicional	554
Sistema tecnificado	555
Producción de semilla de pastos de clima frío.....	556
Producción de semillas de gramíneas	556
Producción de semilla de leguminosas	556
<i>Alfalfa</i>	556
<i>Vicia</i>	557
<i>Trébol rojo</i>	557
Producción de semilla de pastos de clima tropical.....	557
Producción de semilla de gramíneas.....	557
<i>Siembra</i>	557
<i>Control de malezas</i>	558
<i>Fertilización</i>	558
<i>Procesamiento de la semilla</i>	558
Producción de semilla de leguminosas	559
<i>Distancias de siembra</i>	559
<i>Control de malezas</i>	559

<i>Control de plagas</i>	559
<i>Fertilización</i>	560
<i>Cosecha</i>	560
<i>Procesamiento y secado</i>	560
<i>Reguladores de crecimiento</i>	560
CAPÍTULO XIV	
Céspedes	561
Breve Descripción de las especies más utilizadas.....	563
Especies de clima frío	563
Especies de clima cálido	565
Establecimiento y manejo de céspedes.....	566
Preparación del terreno.....	566
<i>Labores previas a la siembra</i>	566
Siembra	567
Colocación de tepes.....	568
Labores de mantenimiento	568
Bibliografía	573
Anexos	587

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Análisis del uso de la tierra en el Ecuador.....	41
Tabla 1.2. Características de las gramíneas.....	48
Tabla 1.3. Características de las leguminosas	53
Tabla 2.1. Temperatura promedio a diferentes altitudes	66
Tabla 2.2. Clasificación de los subclimas de acuerdo con la precipitación	70
Tabla 2.3. Clasificación del pH del suelo	83
Tabla. 2.4. Capacidades típicas de intercambio catiónico según los tipos de suelo.....	88
Tabla. 2.5. Escala de calificación de la profundidad de un suelo	88
Tabla. 2.6. Clasificación de la pendiente.....	90
Tabla. 3.1. Facilidad de establecimiento	111
Tabla 3.2. Promedio de nitrógeno fijado	112
Tabla 3.3. Grupos de huéspedes.....	113
Tabla 3.4. Cantidad de semilla que debe sembrarse por hectárea, de los principales pastos de clima frío, especies puras	127
Tabla 3.5. Principales mezclas forrajeras para la sierra.....	129
Tabla 3.6. Cantidad de semilla que debe sembrarse por hectárea de los principales pastos de clima tropical, especies puras	131
Tabla 3.7. Mezclas forrajeras para la costa y oriente.....	133
Tabla 3.8. Tasa de crecimiento de especies forrajeras (peso de 100 plantas en gr)	138
Tabla 4.1. Cruces de festuca y raigrás	160
Tabla 4.2. Contenido de proteína de algunas leguminosas	174
Tabla 4.3. Producción de forraje de algunos cereales forrajeros de invierno	186
Tabla 6.1. Factores de enclamiento	273

Tabla 6.2. Criterios para encalar según el pH y la textura del suelo	273
Tabla 6.3. Criterios para aplicación de yeso	275
Tabla 6.4. Interpretación de los contenidos de materia orgánica en los suelos del Ecuador	279
Tabla 6.5. Valores para determinar los niveles de los elementos químicos en la Costa.....	285
Tabla 6.6. Valores para determinar los niveles de los elementos químicos en la Sierra.....	285
Tabla 6.7. Relaciones entre nutrimentos.....	286
Tabla 6.8. Calendario de siembra y fertilización de potreros en el centro norte de la Región Interandina	287
Tabla 6.9. Recomendaciones de fertilización para la alfalfa	288
Tabla 6.10. Recomendaciones de fertilización para la avena.....	288
Tabla 6.11. Recomendaciones de fertilización para pastos de la sierra	289
Tabla 6.12. Recomendaciones de fertilización para pastos de la costa	290
Tabla 6.13. Profundidad de muestreo de suelo según la especie forrajera	292
Tabla 6.14. Recomendaciones de fertilización en Colombia.....	296
Tabla 6.15. Fertilización de mantenimiento para pasturas a base de gramíneas y leguminosas en el centro norte de la sierra, de acuerdo a la carga animal de vacas lactantes.....	297
Tabla 6.16. Cálculo de reposición de elementos al potrero.....	299
Tabla 6.17. Plan de fertilización	301
Tabla 6.18. Principales fertilizantes nitrogenados utilizadas en pastos	304
Tabla 6.19. Uso estratégico del Nitrógeno.....	309
Tabla 6.20. Principales fuentes de fósforo utilizadas en pastos.....	312
Tabla 6.21. Principales fuentes de potasio utilizadas en pastos.....	315
Tabla 6.22. Principales fuentes de azufre utilizadas en pastos.....	316
Tabla 6.23. Principales fuentes de calcio utilizadas en pastos	319
Tabla 6.24. Reciclaje y pérdida de nutrientes de las excretas y orinas del ganado	329
Tabla 6.25. Abonos aprobados para ganadería ecológica	332

Tabla 7.1. Distribución de la masa radicular de una mezcla de gramíneas y leguminosas de clima templado. Tumbaco, Pichincha.....	339
Tabla 7.2. Número de hojas vivas, según la especie forrajera	345
Tabla 7.3. Altura de pastoreo y altura del residuo de los principales pastos	349
Tabla 7.4. Altura de pastoreo y altura de residuo de otros pastos.....	350
Tabla 7.5. Temperaturas a las que se desarrollan los pastos	359
Tabla. 7.6. Valor nutritivo de los pastos de clima temperado-frío	367
Tabla 7.7. Eficiencia de los principales métodos de riego.....	376
Tabla 7.8. Adaptación hídrica de especies forrajeras importantes	378
Tabla 7.9. Principales herbicidas utilizados en pasturas	381
Tabla 8.1. Costo de los alimentos.....	397
Tabla 8.2. Principales ventajas y desventajas de los sistemas de producción ganaderos.....	400
Tabla 8.3. Actividades de los bovinos	420
Tabla 8.4. Efecto de los intervalos de pastoreo sobre la producción de leche.....	424
Tabla 10.1. Variación del consumo de alimento por una vaca lechera según la temperatura ambiente	453
Tabla 10.2. Digestibilidad de los componentes del forraje	461
Tabla 10.3. Contenido de proteína de mezclas forrajeras de la sierra en invierno y en verano.....	462
Tabla 10.4. Producción de forraje del Módulo Lechero. INIAP, Estación Experimental “Santa Catalina” (1992, 1993)	462
Tabla 10.5 Contenido de proteína de mezclas forrajeras de la sierra	463
Tabla 10.6. Composición química y valor nutritivo de los principales pastos de clima temperado-frío	463
Tabla 10.7. Valor nutritivo referencial de los principales pastos de clima tropical	465

Tabla 10.8. Interpretación del contenido de proteína de un forraje.....	466
Tabla 10.9. Recomendaciones de urea en leche.....	467
Tabla 10.10. Ecuaciones para estimar los valores de energía dependiendo del tipo de alimento.....	473
Tabla 10.11. Ecuaciones para estimar la energía (Mcal/ kg MS).....	474
Tabla 10.12. Concentraciones de minerales críticos en forrajes para satisfacerlos requerimientos de rumiantes a pastoreo.....	477
Tabla 11.1. Relación entre sistema de pastoreo, producción, consumo y residuo.....	496
Tabla 11.2. Producción primaria de pastizales de la región interandina del Ecuador	501
Tabla 11.3. Producción media de materia verde y materia seca de algunos forrajes	509
Tabla 11.4. Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento de bovinos.....	511
Tabla 11.5. Requerimientos proteicos de proteína, FDN y CNE para vacas en estado de lactancia.....	512
Tabla 11.6. Requerimientos nutricionales y condición corporal sugerida de vacas lecheras, según producción, periodo de lactancia y preñez.....	514
Tabla 12.1. Cambios en la composición morfológica y química de la planta de maíz	533
Tabla 12.2. Cambios en la composición morfológica y química de la planta de avena	534
Tabla 12.3. Momento de picado para diferentes cultivos	534
Tabla 12.4. Mejora en calidad por levantar altura de corte.....	538
Tabla. 12.5. Características de un ensilaje de buena y mala calidad	540

Índice de Figuras

Figura 1.1. Cambios estimados en el uso de la tierra (1700-1995).....	40
Figura 1.2. Porcentajes de superficie de tierra por labor agropecuaria (1700-1995).....	42
Figura. 1.3. Pirámide de la producción animal.....	43
Figura 1.4. Morfología de una gramínea.....	51
Figura 1.5. Morfología de una leguminosa	55
Figura 2.1. Factores que actúan sobre la dinámica de crecimiento y utilización del pastizal.....	58
Figura 2.2. Ecosistema del pastizal.....	59
Figura 2.3. Zonas climáticas de la Tierra.....	62
Figura 2.4. Patrones globales de viento	63
Figura 2.5. Corrientes marinas.....	64
Figura 2.6. Longitud de onda y sus características físicas	69
Figura 2.7. Clima semiárido sin riego.....	71
Figura 2.8. Clima semiárido con riego	72
Figura 2.9. Precipitación en El Carmen - Manabí	73
Figura 2.10. Precipitación en El Puyo - Pastaza	74
Figura 2.11. Relación entre el crecimiento del kikuyo sin fertilización y la precipitación mensual de lluvia. E.E.S.C. Programa de Ganadería. 199.....	77
Figura 2.12. Triángulo de texturas	79
Figura 2.13. Determinando la textura en el campo	80
Figura 2.14. Efecto de la aplicación de diferentes fuentes nitrogenadas en el pH del suelo.....	84
Figura. 2.15. Disponibilidad de nutrientes en función del pH del suelo	86

Figura 2.16. Relieve de la zona de Lloa, provincia de Pinchincha	89
Figura 2.17. Pasturas con curvas de nivel.....	90
Figura 2.18. Pasturas con diferente topografía.....	91
Figura 3.1. Tipos de muestreos de suelo.....	102
Figura 3.2. Siembra al voleo	118
Figura 3.3. Tapado de la semilla con rastra de ramas	119
Figura 3.4. Sembradora de rodillos Brillon	120
Figura 3.5. Mezcla forrajera de la sierra	128
Figura 3.6. Mezcla forrajera en el trópico	128
Figura 3.7. Estructura del pedestal bovino	135
Figura 4.1. Cebadilla	142
Figura 4.2. Pasto azul	144
Figura 4.3. Resistencia del pasto azul a la sequía	145
Figura 4.4. Festuca alta	146
Figura 4.5. Pasto holco.....	148
Figura 4.6. R. perenne	149
Figura 4.7. R. anual	149
Figura 4.8. R. Híbrido.....	149
Figura 4.9. Potreros de raigrás perenne.....	150
Figura 4.10. Raigrás anual	153
Figura 4.11. Raigrás híbrido	157
Figura 4.12. Pasto kikuyo	161
Figura 4.13. Loto	163
Figura 4.14. Loto asociado a kikuyo	163
Figura 4.15. Alfalfa nacional.....	165
Figura 4.16. Alfalfa híbrida.....	169
Figura 4.17. Inflorescencia de alfalfa.....	169
Figura 4.18. Cosecha de alfalfa	171
Figura 4.19. Trébol blanco.....	175
Figura 4.20. Trébol rojo	177
Figura 4.21. Trébol híbrido	179
Figura 4.22. Achicoria.....	181
Figura 4.23. Llantén	183

Figura 4.24. Avena.....	184
Figura 4.25. Centeno.....	188
Figura 4.26. Maíz	189
Figura 4.27. Parva de hoja de maíz seca (sarapanga)	191
Figura 4.28. Vicia	193
Figura 4.29. Inflorescencia de vicia común	193
Figura 4.30. Cultivo de Brassicas.....	195
Figura 5.1. Gramalote morado.....	200
Figura 5.2. Color del gramalote blanco	200
Figura 5.3. Color del gramalote morado y blanco	201
Figura 5.4. Micay	202
Figura. 5.5. Micay en Sto. Domingo de los T.....	202
Figura 5.6. Signal.....	204
Figura 5.7. Inflorescencia de signal.....	204
Figura 5.8. Kikuyo del Amazonas	206
Figura 5.9. Pasto brizantha.....	208
Figura 5.10. Mulato.....	210
Figura 5.11. Pará	211
Figura 5.12. Taner	212
Figura 5.13. Alemán.....	213
Figura 5.14. Inflorescencia de alemán	213
Figura 5.15. Janeiro, posición de las hojas.....	214
Figura 5.16. Pasto gordura.....	215
Figura 5.17. Inflorescencia de gordura	216
Figura 5.18. Guinea var. Tanzania.....	217
Figura 5.19. Inflorescencias de guinea	218
Figura 5.20. Setaria	220
Figura 5.21. Pasto estrella	222
Figura 5.22. Estolón de estrella	223
Figura 5.23. Araquis pintoi.....	224
Figura 5.24. Araquis glabrata	224
Figura 5.25. Hojas de los dos <i>Araquis</i>	225
Figura 5.26. C. común	227

Figura 5.27. <i>C. macrocarpum</i>	227
Figura 5.28. Hojas de los centrocemas.....	228
Figura 5.29. Clitoria.....	229
Figura 5.30. Uña de gato	231
Figura 5.31. Soya forrajera	233
Figura 5.32. Siratro	234
Figura 5.33- Flores de siratro	234
Figura 5.34. Kudzú.....	236
Figura 5.35. Pueraria, como cobertura de palma africana	237
Figura 5.36. Alfalfa tropical.....	238
Figura 5.37. Pasto buffel	239
Figura 5.38. Pasto buffel con riego.....	239
Figura 5.39. King grass	241
Figura 5.40. Elefante INIAP 811	244
Figura 5.41. Elefante morado	244
Figura 5.42. Establecimiento de pasto elefante mediante tallos.....	245
Figura 5.43. Mar alfalfa.....	246
Figura 5.44. Caña de azúcar	248
Figura 5.45. Sorgo negro	251
Figura 5.46. Guatemala.....	252
Figura 5.47. Caraca en semillero.....	254
Figura 5.48. Cerca viva de caraca.....	254
Figura 5.49. Semillero de matarratón.....	255
Figura 5.50. Cerca viva de matarratón	255
Figura 5.51. Poroto aterciopelado	257
Figura 5.52. Vainas de poroto aterciopelado	257
Figura 5.53. Leucaena	259
Figura 5.54. Silvopastoreo con aliso.....	262
Figura 5.55. Hojas de morera.....	263
Figura 5.56. Botón de oro.....	264
Figura 5.57. Nacadero.....	265
Figura 6.1. Aplicación de cal	272
Figura 6.2. Ley del Mínimo	283

Figura 6.3. Efecto del nitrógeno en la producción de forraje	307
Figura 7.1. Ubicación de las yemas en la base de la planta	336
Figura 7.2. Unidad funcional de una planta	337
Figura 7.3. Relación entre la altura de corte y el número de macollos.....	337
Figura 7.4. Raíces de los pastos	340
Figura 7.5. Anatomía de las unidades de crecimiento de los pastos.....	343
Figura 7.6. Primordios foliares.....	344
Figura 7.7. Número de hojas vivas del raigrás	345
Figura 7.8. Procesos morfogénicos del macollo.....	346
Figura 7.9. Pradera con buena estructura	347
Figura 7.10. Residuo del pastoreo.....	348
Figura 7.11. Crecimiento luego de diferentes intensidades de defoliación	348
Figura 7.12. Proceso de la fotosíntesis	352
Figura 7.13. Tasa de acumulación de forraje.....	356
Figura 7.14. Pastura muy densa, con material senescente en la base.....	358
Figura 7.15. Distribución de la temperatura y la precipitación promedios de los años 1998 a 2010	370
Figura 7.16. Evaporación y precipitación del año, Chone, Manabí 2011	372
Figura.7.17. Aspersores pequeños	375
Figura 7.18. Aspersor grande.....	375
Figura 7.19. Malezas del trópico, helecho y coquito.....	380
Figura 7.20. Chinche chupador.....	384
Figura 7.21. Daño del chinche en raigrás.....	384
Figura 7.22. Ninfa del salivazo	387
Figura 7.23. Corte de igualación	390
Figura 7.24. Máquina aireadora, sembradora.....	392
Figura 7.25. Trabajo del subsolador.....	393
Figura 8.1. Precio promedio de la leche percibido por el productor (a) y costos relativos de producción (b) en función al porcentaje de pasturas en la dieta.....	398

Figura 8.2. Sistemas de pastoreo	401
Figura 8.3. Pastoreo continuo, extensivo	402
Figura 8.4. Pastoreo rotativo	403
Figura 8.5. Patrón de pastoreo y rumia de los bovinos	405
Figura 8.6. Cercado eléctrico.....	406
Figura 8.7. PRV en la provincia del Carchi	411
Figura 8.8. Acacias (<i>Prosopis</i> sp.) y pasto estrella	414
Figura 8.9. Bebederos plásticos y tomas de agua	417
Figura 8.10. Disposición de potreros para acceso agua.....	418
Figura 8.11. Excreta de una vaca en el potrero	423
Figura 9.1. Potrero de raigrás invadido de kikuyo.....	433
Figura 9.2. Renovación de pasturas en forma convencional.....	434
Figura 9.3. Resiembra con máquina	437
Figura 9.4. Kikuyo resemebrado con mezclas.....	438
Figura 9.5. Kikuyo con tréboles	438
Figura 9.6. Kikuyo con loto.....	439
Figura 9.7. Kikuyo resemebrado con pastos y avena	439
Figura 10.1. Composición química de los alimentos.....	445
Figura 10.2. Valor nutritivo de una planta forrajera en relación con su estado fenológico.....	446
Figura 10.3. Ecuaciones para estimar el consumo de MS en una vaca en producción.....	451
Figura 10.4. Consumo de MS, en función de la edad y condición corporal.....	452
Figura 10.5. Temperatura ambiental, horas del día y pastoreo	453
Figura 10.6. Células vegetales	455
Figura 10.7. Diferencias entre análisis proximal y análisis de Van Soest	456
Figura 10.8. Consumo voluntario en una vaca de 500 Kg en función del FDN presente en la pastura.....	457
Figura 10.9. Efecto de la fibra efectiva en la dieta, sobre el pH ruminal.....	458
Figura 10.10. Ingestibilidad de diferentes pastos y edad en días	459

Figura 10.11. Relación entre forrajes de diferente digestibilidad, el consumo de materia seca y la producción de leche.....	460
Figura 10.12. Utilización de la energía en una vaca lechera.....	473
Figura 10.13. Condición corporal en una vaca en su etapa de lactancia	474
Figura 11.1. Evaluación del rendimiento de material verde.....	494
Figura 11.2. Plato medidor.....	495
Figura 11.3. Suplementación con ensilaje	503
Figura. 12.1. Equipo para cortar forraje	524
Figura. 12.2. Alfalfa cortada y secándose al sol	525
Figura. 12.3. Equipo para hilarar	526
Figura. 12.4. Equipo para empacar y pacas de heno	526
Figura. 12.5. Químicos en las diferentes etapas del ensilaje.....	529
Figura. 12.6. Cambios del pH con diferentes dosis de suero de leche.....	532
Figura. 12.7. Cambios en la concentración de ácido láctico con diferentes dosis de suero de leche.....	532
Figura 12.8. Punto de corte del maíz, (izquierda) maíz aun no desarrolla las líneas de leche, (derecha) maíz 1/2 con líneas de leche.....	535
Figura 12.9. Avena en estado pastoso	535
Figura. 12.10. Cortadora de maíz, sorgo, pastos tropicales de corte.....	536
Figura. 12.11. Cosechadora de forrajes.....	536
Figura. 12.12. Cortadora estacionaria de pastos, se adapta a pastos tropicales de corte, maíz y sorgo.....	537
Figura. 12.13. Tamaño del picado.....	537
Figura. 12.14. Compactación con ayuda de tractor.....	538
Figura. 12.15. Compactación con equipos para silo funda.....	539
Figura. 12.16. Llenado manual de silo funda y compactación con pison.....	539
Figura. 12.17. Ensilaje de color verde amarillento	540
Figura. 12.18. Ensilaje con un pH de 4.....	541
Figura. 12.19. Ensilaje con buena palatabilidad.....	541
Figura. 12.20. Ensilaje de color negro	542

Figura. 12.21. Ensilaje con un pH de 7.....	542
Figura. 12.22. Ensilaje con presencia de hongos	543
Figura 12.23. Silo de trinchera	543
Figura 12.24. Silo bunker.....	543
Figura 12.25. Elaboración de silos montón.....	544
Figura. 12.26. Silo montón	544
Figura.12.27. Ensilado en fundas con equipo Silo Press Figura	544
Figura.12.28. Ensilado en fundas de 50 kg.....	544
Figura 12.29. Enfardadora	548
Figura. 12.30. Rotoempacadora de henolaje	549
Figura 12.31. Fardos de henolaje	549
Figura 13.1. Recolección manual de semilla	555
Figura 13.2. Producción de semilla de centrosema, en espaldera.....	559
Figura 14.1. Parque con espacios verdes.....	561
Figura 14.2. Césped de raigrás	563
Figura 14.3. Césped de bermuda	565

La ganadería en el Ecuador depende del pastoreo, los pastos a más de constituir el alimento más barato disponible para la alimentación del ganado, ofrecen todos los nutrientes necesarios para un buen desempeño animal, por lo tanto, todo lo que se pueda hacer por mejorar la tecnología de producción de pastos redundará en forma directa en la producción de carne, leche o lana. Por otra parte, los animales criados a campo, son más saludables.

Los niveles de productividad de las pasturas y de la ganadería en los países desarrollados, son altos; estas sociedades han aprendido debido al desarrollo secuencial de las estaciones climáticas, que les impone límites de tiempo para ejecutar las actividades agropecuarias programadas, de esta manera llegan a la época invernal preparados y no solamente que logran mantenerse, sino que lo hacen de manera exitosa.

La mayor parte del territorio ecuatoriano, tiene condiciones medioambientales favorables para producir pastos todo el año, nosotros no tenemos los inviernos rigurosos de Europa, ni las sequías extremas de África donde el clima obliga a confinar el ganado. Entonces, por nuestras ventajas comparativas deberíamos ser excelentes productores, y tenemos la posibilidad de hacerlo con costos más bajos, la ganadería pastoril es más económica que la de confinamiento. Nos falta actitud positiva, decisión para aplicar tecnología en la producción de pastos; el ganadero debe conocer y saber interpretar la realidad de sus predios y tener la capacidad de resolver los problemas de manera oportuna y eficiente, como lo hacen los agricultores-ganaderos de otras latitudes.

Nuestra ganadería debe desarrollarse de manera urgente, y estar preparada para los cambios futuros de precio de la leche y carne, como consecuencia de posibles convenios comerciales con países desarrollados, que abren oportunidades en algunos sentidos pero también, dura competencia en algunos rubros agropecuarios, entre ellos la carne y la leche. Esta perspectiva que acecha al país, ha sido la motivación del autor y los coautores, para compartir con el lector información técnica y práctica sobre la producción de pastos en las di-

versas regiones del Ecuador, misma que ha sido compilada durante muchos años y los resultados de su aplicación, han sido comprobados.

Existe literatura extranjera sobre esta materia, sin embargo, esta corresponde a otras realidades, los métodos de otros países no necesariamente son apropiados o mejores para el Ecuador; por otra parte, generar conocimientos y experiencia propia, demanda tiempo y dinero; por ello recomendamos consultar este libro, ya que estamos seguros que ayudará a solventar dudas y a tomar decisiones técnicas y productivas adecuadas.

Anhelamos que los conocimientos de esta obra sean utilizados como consulta y guía de los agricultores, ganaderos, técnicos y estudiantes, que necesiten mejorar la alimentación y producción animal en base de pastos y forrajes.

Los pastos y los forrajes son cultivos, por lo tanto para su producción y manejo se necesitan bases agrícolas, pero su aprovechamiento es con y para los animales, entonces también se requieren bases pecuarias, por ello la temática relacionada con los pastos y los forrajes es muy variada y extensa; este libro contiene solamente lo fundamental de cada tema.

Ramiro León E.

Importancia de los pastos y forrajes

La importancia de los pastos y forrajes es reconocida desde el momento en que el hombre domesticó los animales. Cronológicamente los pastos se originan en la era Terciaria (70 millones de años) y su evolución ha estado asociada al pastoreo de animales (Vergara, 1995).

Una de las referencias escritas más antigua sobre pastos y forrajes es la Biblia, en el Génesis se menciona que “La tierra produjo vegetación: hierbas que dan semilla según sus especies”. En este libro se menciona frecuentemente a patriarcas, criadores de ganado y a pastores que sin duda utilizaron pastos para la alimentación de sus animales.

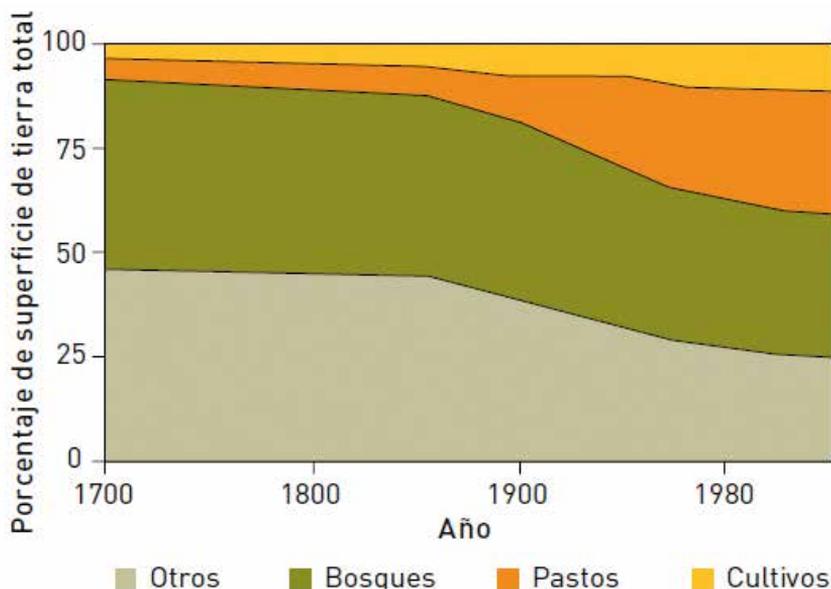
Los pastizales se encuentran en todos los continentes no cubiertos de hielo, éstos forman la mayor parte de África y Asia.

Los pastizales se desarrollan en áreas en las cuales los cultivos están limitados por humedad, fertilidad, pH o por ser muy distantes a los centros urbanos. Según la (FAO, 2018), Las cifras actuales estiman que el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial están cubiertos por praderas, que contribuyen a la subsistencia de más de 800 millones de personas, son una fuente importante de alimentación para el ganado, un hábitat para la flora y fauna silvestres, proporciona protección al medio ambiente, almacenamiento de carbono y agua y la conservación in situ de recursos fitogenéticos. El rápido aumento de la población, junto con los efectos del cambio climático, ha aumentado la presión sobre los pastizales del mundo, en particular en ambientes áridos y semiáridos.

En el Ecuador la superficie de pastos es mayor que la de cualquier otro cultivo. La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC

2014 del INEC, indica que la superficie con labor agropecuaria fue de 5 381 383 hectáreas y dentro de esta superficie, los pastos cultivados representan el 42,68% y los pastos naturales el 14,85%.

Figura 1.1
Cambios estimados en el uso de la tierra (1700-1995)



Fuente: Steinfeld et al., 2009

Elaboración: Autores

Si solamente relacionamos las áreas de pastos entre sí, la proporción entonces es pastos cultivados 73% y pastos naturales 27%.

Por otra parte de la superficie nacional con pastos, a la Región Costa le corresponde el 56,64%, a la Región Sierra el 28,43% y a la Región Oriental y Zonas no Delimitadas el 14,94%.

Por otra parte, los principales pastos del Ecuador, por superficie son: saboya con 1 147 091 ha, otros pastos 639 915 ha, pasto miel 182 532 ha, gramalote 167 519 ha, brachiaria 132 973 ha y raigrás 104 475 ha.

Es preciso también analizar que según el Atlas: Tenencia de la Tierra en Ecuador “la reconversión de la superficie cultivada hacia pastos y praderas a nivel nacional es innegable”. La ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua), señala que desde el año 2000 al 2008, la superficie

dedicada a pastos (tanto naturales como cultivados) se incrementó en 460 000 ha. Estas modificaciones de uso de la tierra se explicarían por el calentamiento global y la presión demográfica, que al incrementar la temperatura de los páramos, hacen más habitable y trabajable esta zona del país, ampliándose la frontera agrícola de la región interandina (en detrimento de las zonas de conservación) y también debido al cambio de uso de la tierra de agricultura a ganadería, como consecuencia de que la agricultura siendo más rentable también es más riesgosa por estar sujeta a fluctuaciones de demanda y precios en los mercados, contingencias climáticas, etc., mientras que la ganadería ofrece más estabilidad. Sin embargo, a futuro la relación o proporción entre agricultura y ganadería, puede variar de acuerdo a los precios de los productos agrícolas y de la leche o carne.

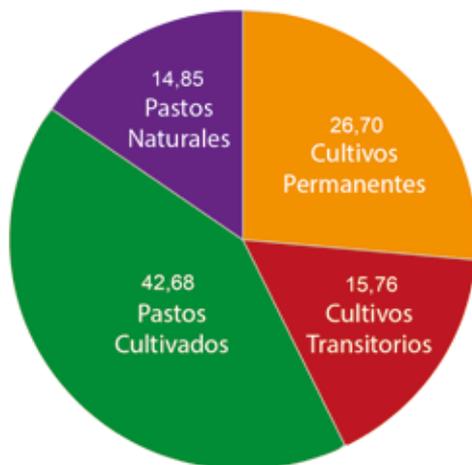
El sector pecuario que se desarrolla en los pastizales del Ecuador es una base muy importante del desarrollo social y económico, satisface las demandas de la población en alimentos tan esenciales como la carne y leche, y es fuente esencial de generación de mano de obra e ingreso. A pesar de ser un importante contribuyente al producto interno bruto, el sector pecuario tiene dificultades para mantener un desarrollo constante y sostenido debido a la mala y escasa alimentación suministrada a los bovinos, aun cuando nuestro país tiene condiciones favorables para producir pastos durante todo el año.

Tabla 1.1
Análisis del uso de la tierra en el Ecuador

Total del uso del suelo			Superficie con labor agropecuaria		
Superficie por categoría de uso del suelo	Hectáreas	%	Superficie por categoría de uso del suelo	Hectáreas	%
Cultivos permanentes	1 417 104	11,6	Cultivos permanentes	1 417 104	26,3
Cultivos transitorios	876 498	7,2	Cultivos transitorios	876 498	16,3
Descanso	93 574	0,8			
Pastos cultivados	2 259 447	18,5	Pastos cultivados	2 259 447	42,0
Pastos naturales	828 333	6,8	Pastos naturales	828 333	15,4
Páramos	499 258	4,1			
Montes y bosques	5 758 859	47,2			
Otros usos	468 180	3,8			
Total	12 201 253	100,0	Total	5 381 382	100,0

Fuente: ESPAC, 2014
Elaboración: Autores

Figura 1.2
Porcentajes de superficie de tierra
por labor agropecuaria (1700-2016)



Fuente: INEC, 2016

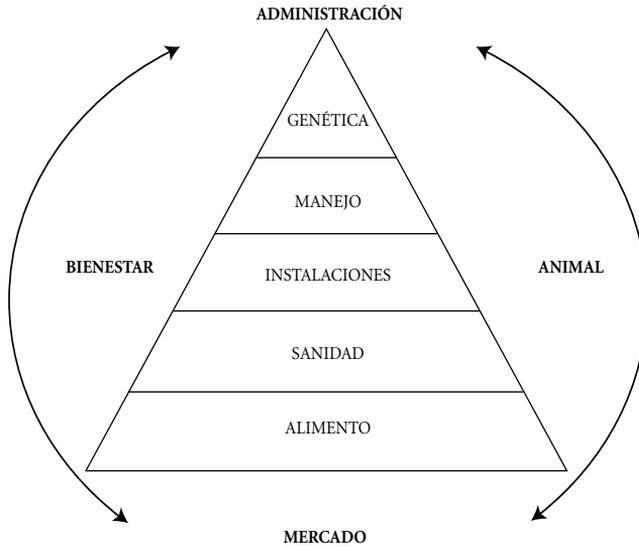
Elaboración: Gutiérrez, F. & Bonifaz, N. 2018

Según la Cámara de Agricultura de la Primera Zona que cita al Proyecto Sistema de la Integración Centroamericana SICA, los principales alimentos del ganado bovino en Ecuador son: pastos 93,3%, ensilaje 1,5%, heno 0,7%, banano 1%, balanceado 0,2% y otra 3,4% (Chiriboga, 2013).

La pastura cultivada es la herramienta principal para manipular la producción ganadera. La alimentación de los animales herbívoros debe basarse en los pastos y los forrajes que son la fuente de alimento principal y más económico que existe y, al asociar gramíneas con leguminosas proveen un alimento completo y balanceado al ganado. Los herbívoros no deberían competir por alimento con el ser humano y recibir granos (maíz, trigo, cebada, oleaginosas) que son más costosos, en ganadería solamente deberían utilizarse de manera estratégica, de preferencia solamente los subproductos.

El aprovechamiento de los pastizales genera alimentos de origen animal reconocidos como más saludables. La alimentación a pastoreo, la suplementación estratégica, la sostenibilidad del sistema y la contaminación ambiental, serán los temas del futuro; de los cuales se tiene la responsabilidad de asumir o esperar que otros lo asuman y los vendan (Araujo, 2002b).

Figura 1.3
Pirámide de la producción animal



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz, N. 2018

La pirámide de producción animal tiene en la base a la alimentación, luego la sanidad, las instalaciones, el manejo y finalmente la genética animal (García, 2014). Para (Delorenzo, 2012) en producción pecuaria alimentada en base a praderas (más del 95%) la sanidad es igual a nutrición y para el caso nutrición igual a consumo de pradera de calidad.

Por todos los aspectos antes mencionados se deben desarrollar tecnologías que garanticen alta productividad por animal y por unidad de superficie. Estas tecnologías deben utilizar como por ejemplo; bajos insumos y gran énfasis en la selección y desarrollo de germoplasma de leguminosas y gramíneas forrajeras adaptadas a las condiciones propias de la región, especialmente con relación a condiciones climáticas al tipo de suelo, su fertilidad física y química, los tipos de plagas y enfermedades (CIAT, 1982, ampliada por Delorenzo, 2012).

Los pastos además de ser importantes en la alimentación animal, tienen otros usos:

- Deportes (canchas de golf, fútbol, hípica).
- Ornamentación (parque y jardines).
- Biocombustible (etanol celulósico).

- Protección del medioambiente, en combinación con árboles (forestería).
- Conservación de suelos, control de la erosión en páramos, cuencas hidrográficas, etc.
- Protección de canales y desagües.
- Recuperación de suelos, aumento de la fertilidad.
- Mitigación del calentamiento global (absorción y almacenamiento de CO₂).
- Disminución de la contaminación de los suelos con químicos y ahorro económico (fijación de nitrógeno por las leguminosas).
- Alimentación de abejas y producción de miel (alfalfa, tréboles).
- Potencial fuente de energía, aminoácidos y vitaminas para uso humano (alfalfa).

Clasificación de los forrajes

a) Por la forma de presentación:

- Forraje verde: pasto fresco, pasto “tal como ofrecido en el potrero”.
- Forraje seco: de lastre o seco, generalmente pajas o rastrojos de cosechas (86-88% M.S.).
- Forraje conservado: sometido a algún proceso de conservación en estado fresco (ensilaje), deshidratado (heno) o mixto (henolaje). (82-84% M.S. heno, 50-60% M.S. henolaje).

b) Por el volumen:

- Forraje voluminoso: gran cantidad de biomasa, generalmente fibroso: maíz forrajero, king grass, heno, ensilaje.
- Forraje concentrado: gran cantidad de nutrientes en poco volumen (menos de 18% de fibra bruta). Delorenzo, D. 2014, indica que pueden subdividirse en: Concentrados energéticos (menos de 20% de proteína bruta) como cebada, maíz, sorgo, trigo, avena y los subproductos de su industrialización (afrechos, moyuelo, etc.). Concentrados proteicos (más de 20% de proteína bruta) harina de alfalfa, tortas de fabricación de aceites (maní, soya, girasol, algodón).

Clasificación de las plantas forrajeras

a) Por su destino y uso:

- De pastoreo: son aquellas especies que pueden ser tomadas directamente del suelo por los animales. Los potreros deben estar formados por plantas que soporten bien el pisoteo y de ellas, las especies rastreras o cespitosas son las más convenientes, como por ejemplo; kikuyo, trébol blanco, estrella, micay, maní forrajero, etc. Esta forma de alimentación es la más cómoda y barata, típica de nuestro país.
- De corte: son las que crecen en forma de matas y necesitan ser cortadas previamente antes de suministrarlas al ganado, sea en forma verde, henificadas o ensiladas. Ej: maíz, king grass, etc.
- De doble propósito, que pueden ser utilizadas en forma directa por el ganado, pero también pueden ser cortadas y conservadas: alfalfa, avena, raigrás anual. (Delorenzo, 2012).

b) Por el ciclo evolutivo:

- Anuales: que viven un año o menos, como los cereales forrajeros (avena, cebada, maíz, sorgo), las brassicas forrajeras (nabos, raps, coles y ruta bagas) y otras especies como la vicia y cebadilla criolla, lotus anual.
- Bianuales: que viven dos años, como los melilotos, trébol rojo, raigrás bianual.
- Perennes (vivaces): son las que viven más de dos años, como el raigrás perenne, la alfalfa, trébol blanco, pasto azul, festuca, pasto elefante, guinea, etc. Los pastos perennes son el factor clave en la economía del ganadero. Si se tiene una alta y permanente producción de forraje los gastos de mantenimiento, la inversión de capital en maquinaria e implementos y los requerimientos de mano de obra por unidad de producción son menores.

c) Por su origen:

- Introducidas: son las especies cultivadas es decir que, para su desarrollo y producción, necesitan del trabajo del hombre. Este debe preparar la tierra, efectuar la siembra, realizar labores culturales, etc. Ej: la alfalfa, los raigrases.
- Naturales: son las especies que crecen en forma espontánea en los pastizales. A este grupo pertenecen tanto especies nativas propias de

la zona (paja de páramo, orejuela, grama de olor, cebadilla criolla), como ciertas especies exóticas originarias de otros países, que al haber encontrado condiciones favorables para su aclimatación se han naturalizado (kikuyo, trébol blanco).

d) Por la época de crecimiento. En los países de cuatro estaciones, existe dos tipos de plantas:

- Estivales: que no resisten las heladas ni las bajas temperaturas, como los sorgos, el maíz, de origen subtropical. Vegetan durante el período estival del año, en primavera, verano y otoño.
- Invernales: vegetan a pesar de las bajas temperaturas, como los cereales forrajeros (avena, trigo, centeno, etc.), pastos (festuca, raigrás, etc.), leguminosas (alfalfa, trébol blanco). En este grupo coexisten especies perennes que en condiciones de temperaturas bajas y alta humedad, logran dormir en base a las estructuras de reservas energéticas como son los rizomas, las raíces los estolones bulbos entre otras (Delorenzo, 2014).

e) Por la sensibilidad a la duración de horas luz:

- Días cortos: las especies que florecen sólo cuando los días tienden a ser cortos.
- Intermedios o neutros: no son afectados por el fotoperiodo.
- Largos: florecen sólo cuando los días tienden a ser largos lo cual es más notorio en climas templados.

Esta clasificación interesa más conforme se incrementa la latitud (norte o sur) y hay la influencia de las estaciones en la duración de los días (invierno días cortos, verano días largos). El efecto del fotoperiodo es importante para determinar las épocas más apropiadas para producir semillas, así como para definir el manejo adecuado que se le debe dar al pasto antes de la floración.

f) Por la necesidad de riego:

- De secano: que vegetan exclusivamente a expensas de las aguas de lluvia. Este caso se refiere principalmente a las plantas de zonas semiáridas que almacenan, conservan y utilizan el agua de las lluvias temporales. Ej: paja de páramo.
- De riego: aquellas que producen mediante la adición del agua de riego. Ej. raigrás, alfalfa.

g) Por la composición química:

- Completas: caso excepcional constituye la alfalfa, que tiene un alto contenido de proteínas, calcio, fósforo, potasio y todas las vitaminas; la poca cantidad de hidratos de carbono que posee no resulta un inconveniente pues, el organismo animal transforma los prótidos en glúcidos.
- Incompletas: la mayoría. Ninguna planta tiene un balance normal de hidratos de carbono, grasas y proteínas.
- Protéicas: alfalfa, trébol, lotus.
- Energéticas: maíz sorgo.
- Energéticas y proteicas: raigrás, festuca, chicoria, llantén, nabo, rap. (Delorenzo, 2012).

Clasificación de las pasturas

- Naturales (pastizales): son las que están formadas por pastos nativos y/o exóticos que se han naturalizado.
- Sembradas (pasturas): son tierras cultivadas con plantas forrajeras mejoradas, su principal destino debiese ser la utilización en pastoreo directo, aunque a veces se les utiliza para la elaboración de heno o ensilaje.

Las pasturas sembradas, a su vez pueden ser:

- Anuales: son los cultivos forrajeros de corte, se siembran en forma rotativa todos los años, para sustituir o complementar en parte a praderas permanentes; se cosechan generalmente en forma mecánica. Para este fin se puede sembrar vicia con avena, cebada, centeno, maíz, brassicas forrajeras que se utilizan en consumo o pastoreo directo incluye nabo, raps, coles, coli nabos o ruta bagas.
- De rotación: se encuentran en terrenos sometidos a un sistema específico de rotación de cosechas. Generalmente se roturan a los 3 años más o menos y se siembran nuevamente luego de la rotación.
- Permanentes: están formadas por plantas perennes y/o plantas anuales capaces de sembrarse por sí mismas; frecuentemente están constituidas por ambos tipos de plantas. Su vida útil es de 5 años o más.
- Suplementarias: están destinadas a proporcionar pastoreo complementario pueden ser el rebrote de una pradera anual o rastrojos de cosechas, que bajo ciertas condiciones proporcionan un pasto económico para el ganado.

Estudio de la flora de las pasturas

En una pastura se encuentra tres tipos de plantas: gramíneas (poáceas), leguminosas (fabáceas) y adventicias. Para fines forrajeros se utiliza también flora de otras familias, como los géneros: *Alocasia*, *Brassica*, *Beta*, *Cychorium*, *Daucus*, *Helianthus*, *Manihot*, *Plantago*, *Trichanthera*, etc.

Gramíneas o poáceas (*Poaceae*)

Son una familia de plantas herbáceas, muy raramente leñosas, consta de casi 700 géneros y unas 12 000 especies. Se calcula que las gramíneas suponen un 20% de la superficie vegetal del mundo. A ellas pertenecen todos los cereales (trigo, cebada, centeno, maíz, avena, arroz, etc.) y alrededor del 75% de los pastos cultivados (Giraldo-Cañas, 2013).

La mayor parte de la dieta de humanos proviene de las gramíneas, tanto en forma directa (granos de cereales y sus derivados, como harinas y aceites) o indirecta (carne, leche, huevos que provienen de las aves de corral y el ganado que se alimentan de pastos y granos). Los cereales han servido de soporte para el desarrollo de las civilizaciones y continentes: trigo en Europa, arroz en Asia, sorgo en África y maíz en América.

Generalmente las gramíneas son ricas en energía, pero pobres en proteína (maíz, sorgo, cebada, trigo), son consumidoras de nitrógeno por tal motivo se recomienda asociarlas con leguminosas, que a su vez son ricas en proteína y son aportadoras de nitrógeno al sistema por la vía de su asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* las cuales pueden fijar el N desde la atmósfera (Delorenzo, 2014).

Tabla 1.2
Características de las gramíneas

Favorables	No favorables
Aporta el mayor volumen de forraje para los animales	Necesitan de nitrógeno para expresar su potencial de producción.
No produce meteorismo	En la fase reproductiva pierden calidad muy rápidamente.
La presencia de gramíneas perennes en la mezcla, les otorgan mayor persistencia a las pasturas	
La mayoría de las gramíneas se adaptan a una amplia gama de suelos	

Fuente: Adaptado de Zarza, 2014

Elaboración: Autores

La familia botánica de las Gramíneas (sistema de clasificación de Linneo), pertenecen al:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida (monocotiledoneas)
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae Barnhart, (Gramineae Juss)
Subfamilias:	Pooideae Panicoideae Chloridoideae Ehrhartoideae Anomochlooideae Aristidoideae Arundainoideae Danthonioideae

Vargas (1984) afirma que para alimentación animal son importantes unas 40 especies:

De la subfamilia Pooideae: *Agrostis*, *Agropyron*, *Alopecurus*, *Arrhenatherum*, *Avena*, *Bromus*, *Calamagrostis*, *Dactylis*, *Festuca*, *Holcus*, *Hordeum*, *Lolium*, *Phalaris*, *Phleum*, *Poa*, *Polypogon*, *Secale*, *Stipa*, *Triticum*. La subfamilia Pooideae es de clima templado-frío.

De la subfamilia Panicoideae: *Andropogon*, *Axonopus*, *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Coix*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Eriochloa*, *Hyparrehenia*, *Melinis*, *Panicum*, *Paspalum*, *Pennisetum*, *Saccharum*, *Setaria*, *Sorghum*, *Stenotaphrum*, *Tripsacum*, *Zea*. Las subfamilias Panicoideae, Chloridoideae y Ehrhartoideae, son de clima tropical.

De la subfamilia Chloridoideae: *Bouteloua*, *Chloris*, *Cynodon*, *Eleusine*, *Eragrostis*, *Sporobulus*, *Zoysia*.

De la subfamilia Ehrhartoideae: *Leersia*, *Oryza*.

De la subfamilia Arundainoideae: *Cortaderia*.

MORFOLOGÍA

Las raíces nacen de los primeros nudos y se denominan fibrosas, fasciculadas o adventicias.

Los tallos por su ubicación pueden ser:

- Aéreos que crecen erectos en macollas como el raigrás, la guinea o, en cañas como el maíz, pasto elefante, king grass, etc.
- Rastreros que pueden ser: estolones, que crecen horizontalmente en la superficie del suelo y arraigan en sus nudos originando nuevos individuos, ejemplo el pasto estrella, kikuyo; o rizomas subterráneos como el kikuyo.
- Decumbentes que son cañas que crecen inclinadas sin arraigar en los nudos, como el pasto alemán.

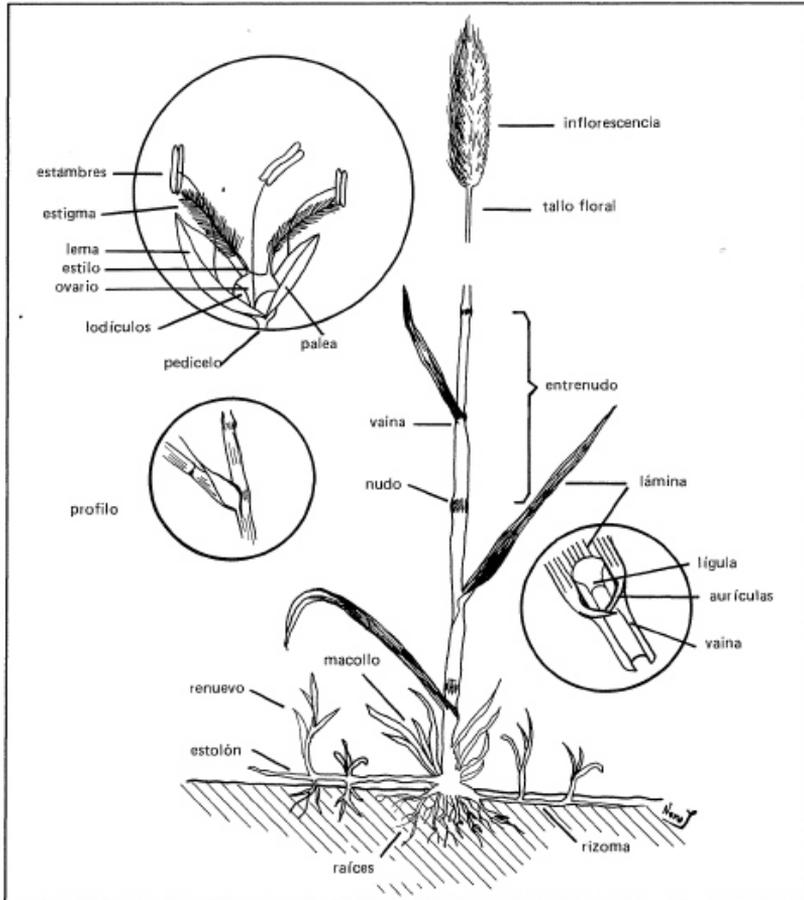
Algunos pastos como el *Phalaris* sp. tienen bulbos que son engrosamientos que se producen en la base de las cañas como formas de resistencia a la sequía.

Las hojas normalmente constan de la vaina, órgano alargado en forma de cartucho, que nace en los nudos y abraza el tallo, la lígula, lámina membranosa blanca (reemplazada a veces por una línea de pelos); las aurículas, que son apéndices que abrazan el tallo y están localizados a los lados de la lígula y, la lámina propiamente dicha que es angosta, alargada y paralelinervada. La superficie de la hoja puede ser plana (*Festuca* sp.), enrollada (*Lolium multiflorum*, *Bromus catharticus*, *Sorghum*), o plegada sobre su nervadura principal (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*).

Las flores generalmente son bisexuales, diminutas, pueden estar solas, de dos, o varias juntas formando espiguillas; no tienen colores vivos, ni fragancia, ni miel para atraer insectos. Las espiguillas están protegidas por dos o más brácteas denominadas glumas. Las gramíneas están adaptadas típicamente para la polinización cruzada, pero muchas especies son cleistógamas (autofecundables o autógamas) como el trigo, la avena y la cebada.

En el maíz, los órganos reproductores están en estructuras separadas, las flores masculinas o estaminadas en el penacho superior y las flores femeninas o pistiladas (donde se formará la mazorca) están debajo, y se fecundan por la caída del polen de la inflorescencia superior.

Figura 1.4
Morfología de una gramínea



Fuente: Aedo, 2012

Las inflorescencias (conjunto o agrupación de flores) responden a tres tipos: panoja, racimo y espiga.

- Panoja, cada espiguilla está sostenida por un pedicelo de longitud variable, dando origen, a dos formas diferentes: panoja laxa y panoja densa. En la panoja laxa, las ramas y pedicelos son alargados y las espiguillas un tanto separadas entre sí (*Bromus*). En la panoja densa, las ramificaciones y pedicelos son cortos y las espiguillas están apretadas junto al raquis principal (*Phalaris*).

- Racimo es una inflorescencia sencilla, pedicelada a lo largo de un eje sin ramificar (*Cynodon, Braquiaria*).
- Espiga, las espiguillas están sentadas sobre el raquis o sostenidas por un brevísimo pedicelo; existen 3 tipos de espigas: espigas unilaterales en las que las espiguillas se hallan dispuestas en 2 o más rangos hacia un solo lado del raquis (*Chloris, Paspalum, Bouteloua*); espigas dísticas en las que las espiguillas están ordenadas en dos series opuestas y alternas a lo largo de un raquis articulado (*Lolium, Triticum*) y, espigas cilíndricas son aquellas en las que las espiguillas se hallan dispuestas en varios rangos sobre el raquis (*Cenchrus, Pennisetum*).

El fruto técnicamente es una cariósida monocotiledón, comúnmente conocido como grano.

En cuanto a la altura que alcanzan las gramíneas forrajeras, éstas pueden dividirse en 3 grupos:

- Pastos bajos, de 10 a 45 cm de altura.
- Pastos medianos, de 60 a 120 cm de altura.
- Pastos altos, de más de 150 cm de altura.

Leguminosas o fabáceas (Fabaceae)

Las leguminosas son una familia de distribución cosmopolita con aproximadamente 730 géneros y unas 19 400 especies. Son utilizadas para incrementar la porción proteica y mineral, balanceando la dieta animal (alfalfa, tréboles, vicia, centrosema, kutzú, maní forrajero, soya, etc.) y humana (arveja, garbanzo, chicho, fréjol, haba, lenteja, maní, soya) y para fijar nitrógeno al suelo.

Las familias de las leguminosas botánicamente pertenecen al:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabáceae, Lindlley (Leguminosae, Jussieu)
Subfamilias:	Faboideae Rudd (Papilionodeae, Jussieu) Mimosoideae Caesalpinioideae

Las principales especies con fines forrajeros son:

De la subfamilia Papilionodeae, son: *Arachis*, *Astragalus*, *Cajanus*, *Calopogonium*, *Centrosema*, *Cicer*, *Clitoria*, *Crotalaria*, *Desmodium*, *Dolichos*, *Eri-trina*, *Gliricidia*, *Glycine*, *Indigofera*, *Lathyrus*, *Lens*, *Lotus*, *Lupinus*, *Medicago*, *Melilotus*, *Mucuna*, *Phaseolus*, *Pisum*, *Pueraria*, *Stylobium*, *Stylosanthes*, *Tri-folium*, *Vicia*, *Vigna*, etc.

Tabla 1.3
Características de las leguminosas

Favorables	No Favorables
Aportan nitrógeno al suelo, como resultado de la simbiosis con la bacteria del genero <i>Rhizobium</i> .	Tienen un mayor riesgo de daños causados por plagas y enfermedades.
Ofrecen un alimento de buena calidad, tanto por el nivel de proteína como de minerales Ca y P.	Cultivos de alfalfa y trébol, tienen mayor riesgo de provocar meteorismo en animales, esto no ocurre con el <i>Lotus</i> y leguminosas tropicales, al poseer taninos que son sustancias antiespumantes.
Las praderas con leguminosas, tienen un mayor consumo por los animales.	Poseen una menor capacidad de aprovechar la luz y nutrientes del suelo.

Fuente: Adaptado de Zarza, 2014

Elaboración: Autores

De la subfamilia Mimosoideae: *Acacia*, *Inga*, *Leucaena*, *Mimosa*, *Prosopis*, etc.

De la subfamilia Caesalpinioideae: *Bauhinia*, *Brownea*, *Caesalpinia*, *Cassia*, *Ceratonia*, *Senna*, *Tamarindus*, etc.

MORFOLOGÍA

Raíz principal, pivotante o axonomorfa muy ramificada, esta raíz se lignifica considerablemente penetrando en varias especies, a varios metros de profundidad en el suelo esto les permite extraer nutrientes y agua de capas inferiores, luego estos elementos a través del reciclamiento son depositados en la superficie del suelo. Característica casi general en las raíces de las leguminosas, son los pequeños tumores o nódulos en los que se alojan las bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico.

Los tallos de las leguminosas varían mucho de una especie a otra, en su desarrollo, su orientación, duración y grado de lignificación. Los tallos pueden ser erguidos o aéreos, rastreros (maní forrajero), o trepadores, siempre flexibles, con entrenudos alargados como los géneros *Centrosema*, *Pueraria* y *Neonotonia*.

Las plantas trepadoras pueden ser: 1) volubles, aquellas que se enrollan en el tutor; 2) de tallo endeble, que trepan por medio de zarcillos foliares. Algunas veces los tallos pueden presentar espina o aguijones, como la dormidera (*Mimosa pudica*).

Las hojas de las leguminosas son siempre compuestas de varios folíolos, en las papilionáceas muchas veces son trifoliadas; tienen generalmente pecíolo y estípulas. Las estípulas son pequeñas apéndices que en número de dos nacen en la base de la hoja, ejerciendo funciones de protección de las yemas durante el crecimiento. El pecíolo es la parte de la hoja que une la lámina al nudo del tallo, está generalmente muy desarrollado en las leguminosas. En la hoja encontramos también el raquis, parte del eje mediano de la hoja, que sostiene a los folíolos.

Los folíolos son casi siempre anchos y netamente bifaciales, con las nervaduras ramificadas, de diferentes formas y tamaños.

Inflorescencia las flores se agrupan en varias formas, pero generalmente responden casi siempre al tipo de racimo o indefinido como en la alfalfa y capítulo o cabezuela como en los tréboles.

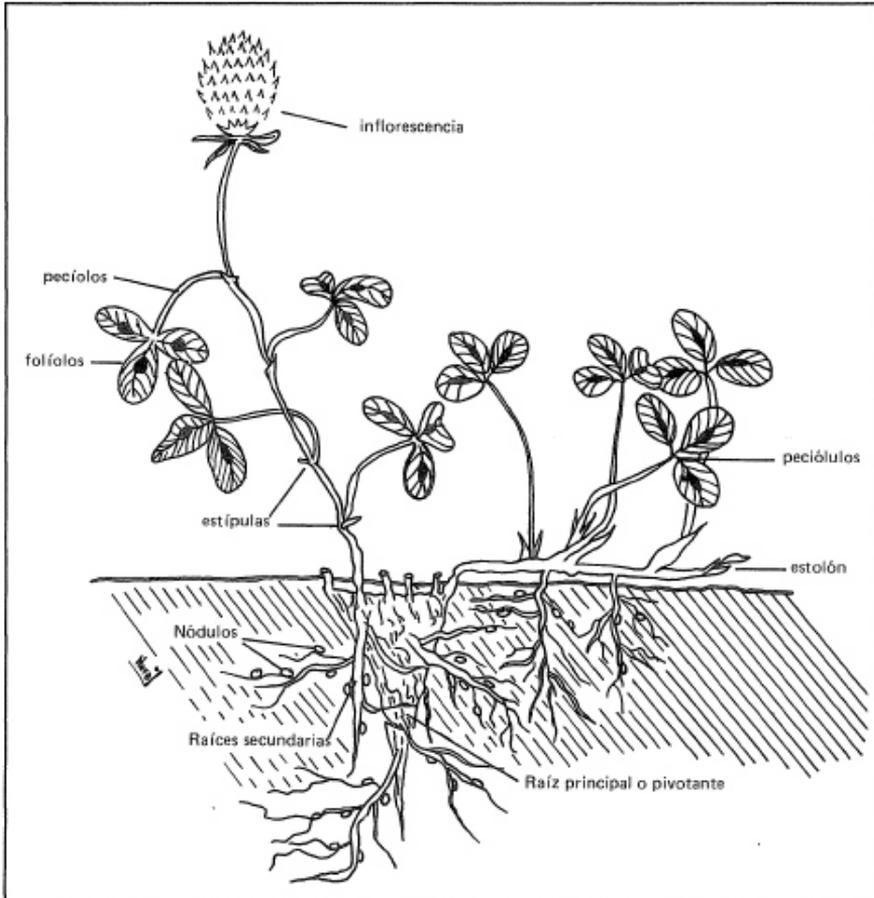
Las ramas se desarrollan a partir de un grupo de tres yemas (tríada) localizadas en la axila de la hoja. Estas yemas dan origen a inflorescencias o a ramas.

Las flores son vistosas con predominancia de los colores amarillo, violáceo y rojo; de tamaño variable que miden desde pocos milímetros hasta 10 cm, o más en algunas especies tropicales. Las flores son de tres tipos:

- Papilionáceas: simetría bilateral, amariposadas, 5 pétalos modificados (2 alas, 1 estandarte y 1 quilla).
- Mimosáceas: radiadas con frecuencia pequeñas y en capítulos, inflorescencia espiciforme, estambres libres muy numerosos y vistosos.
- Cesalpináceas: 5 pétalos libres (corola no amariposada).

Inflorescencias: racimo (*Medicago* sp., *Vicia villosa*, *Desmodium* sp., *Stizolobium* sp.), cabezuela (*Trifolium* sp., *Leucaena* sp.), umbela (*Lotus* sp.).

Figura 1.5
Morfología de una leguminosa



Fuente: Aedo, 2012

El fruto predominante es la legumbre o vaina que ha dado el nombre a la familia. Fruto seco, generalmente dehiscente en las suturas dorsal y ventral.

Las semillas varían en forma y tamaño, según las especies; es una dicotiledónea, recubierta de un tegumento duro y coriáceo, impermeable al agua y el aire cuando seco, pero permeabiliza al humedecerse y embeberse de agua. En la mayoría de leguminosas tropicales una cierta proporción de semillas tiene el tegumento muy impermeable, de modo que aún por humedecimiento prolongado no se vuelve blando; tales semillas se llaman “duras”.

Adventicias

Se consideran plantas adventicias a todas aquellas especies vegetales que crecen espontáneamente en una pastura. Podemos dividir las en dos grupos: plantas útiles y malezas.

- Plantas útiles, sirven como alimento para el ganado (llantén natural, taraxaco, amaranto, nabo natural, rabanillo, achicoria natural, trébol de carretilla, etc.).
- Malezas son especies consideradas dañinas por su carácter invasivo (desplazan a las especies introducidas), o porque son perjudiciales para la salud animal (helechos, hierba mora, chamico, lengua de vaca, cerraja, coquito, etc.).

CAPÍTULO II

Factores que influyen en el establecimiento y producción de las pasturas

Hay varias formas de enumerar y analizar, los factores que influyen en la producción de pasturas.

Según Delorenzo (2014) existen dos tipos de factores que influyen en el establecimiento de una pastura y en la cantidad de pasto producido, estos factores, son: Abióticos (temperatura, humedad, radiación solar, fertilidad en el suelo y fertilización mineral); y Bióticos (genética de la especie forrajera y manejo del cultivo).

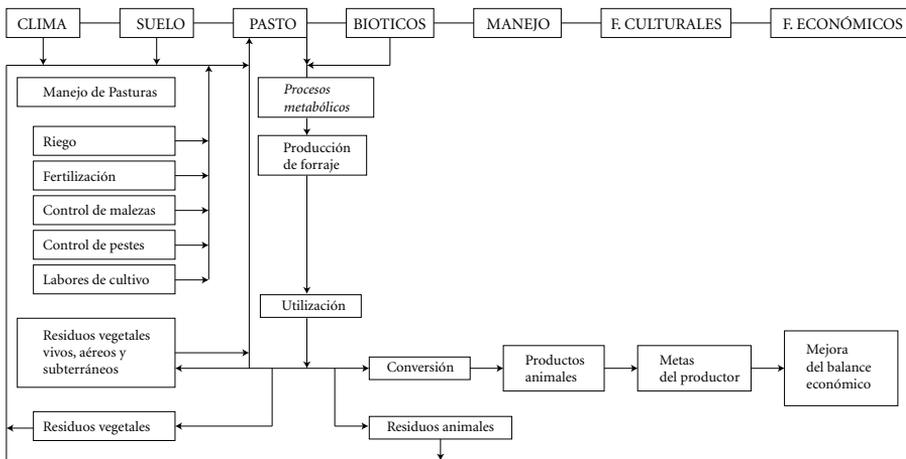
Paladines (1992) indica que los principales factores de producción son: clima, suelo, especie forrajera, bióticos. El clima es un factor macro o de acción global y es incontrolable o poco controlable por el hombre. El suelo es un factor micro de influencia local y es parcialmente controlable. Pese al poco control que tiene el hombre sobre estos dos factores puede buscar información para tomar previsiones y manejar la actividad productiva de acuerdo con las características del medio.

Los factores como, las especies forrajeras, labores de manejo y bióticos, el hombre debe controlarlos y manejarlos racionalmente, para conseguir su objetivo que es obtener la mayor eficiencia en las producciones animales y vegetales.

El Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) de Colombia, añade dos factores importantes que influyen en la producción forrajera y son los factores culturales (capacitación técnica) y los económicos (financiamiento).

Los factores que actúan sobre la productividad de la pastura están representados esquemáticamente en la Figura 2.1., elaborado con base al publicado en *Metodología de pastizales* de Paladines (1992).

Figura 2.1
Factores que actúan sobre la dinámica de crecimiento y utilización del pastizal



Fuente: Paladines, 1992

El objetivo de una empresa ganadera es la obtención de una razonable utilidad económica para cumplir con este objetivo, según John Hodgson de Massey University (2002) y analizando la Figura 2.1, son tres los factores claves en los cuales el ganadero tiene que concentrar su esfuerzo:

- Producción de forraje en cantidad y calidad, a través de todo el año. Este factor es altamente dependiente de las condiciones climáticas, de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y de la especie o mezcla forrajera. El ganadero puede manejar este factor a través de las actividades de establecimiento y de manejo pasturas.
- Utilización eficiente del forraje producido. Este factor se controla por medio de una adecuada planificación y manejo del pastoreo (sistema de pastoreo, carga animal, tiempo de pastoreo, intervalo del pastoreo, tamaño y número de potreros, etc). También del forraje de corte para conservación.

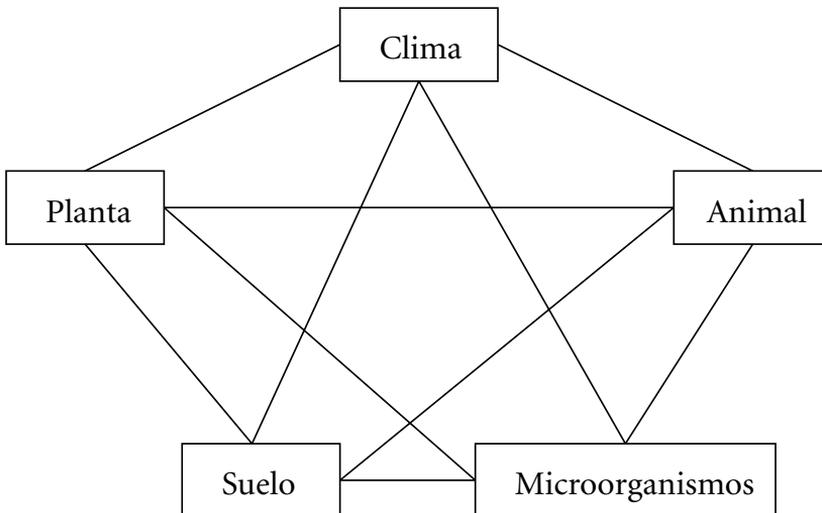
- Conversión del alimento en productos animales, alta productividad por animal y por hectárea. Depende de la calidad del forraje y del consumo diario de materia seca de acuerdo a los requerimientos de los animales, que a su vez dependen de la aptitud lechera de la vaca (o aptitud para ganar peso en ganado de carne) y su etapa fisiológica (edad, producción, genética del animal, alimentación anterior).

De esta manera el buen manejo se verá reflejado en una mejora del balance económico del sistema productivo (relación beneficio/costo).

Bernal (1991) complementa diciendo que las mayores producciones y la más alta eficiencia en la explotación ganadera se obtienen cuando se seleccionan especies de pasto y animales con la mejor adaptación al medio ambiente, y cuando las modificaciones que hay que introducir a este medio ambiente se reducen al mínimo.

González, y otros (2010) proponen ver las pasturas como un ecosistema, donde todos los componentes clima, suelo, microorganismos, pasto, animal están mutuamente interrelacionados.

Figura 2.2
Ecosistema del pastizal



Fuente: González, 2010

El clima influye sobre:

- Las plantas, aporta energía solar haciendo posible los procesos fotosintéticos, contribuye con agua para la hidratación vegetativa y el viento que hace posible el intercambio de polen o esporas facilitando la reproducción vegetal.
- Los animales, la lluvia y el viento afectan los hábitos de los animales para alimentarse y producir.
- El suelo, las lluvias y la temperatura aceleran los procesos de su formación y fertilidad. El viento y la lluvia en exceso provocan erosión.
- Los microorganismos, la temperatura y humedad, influyen en la multiplicación y trabajo de los microorganismos.

El suelo influye en:

- El crecimiento de los pastos, como medio de sostén y provisión de nutrientes.
- Sobre la nutrición animal y nutrición vegetal, aportando agua y minerales.
- Interacciona con el clima, el metano es el segundo gas que más contribuye al efecto invernadero.
- Los microorganismos del suelo, el pH afecta a la biota del suelo.

Las plantas tienen relación con:

- El suelo, toman los minerales disponibles en el suelo y lo traspasan a los animales.
- Los animales, suministran a los animales nutrientes y fotoquímicos sintetizados por ellas.
- El clima, los árboles con su sombra crean microclimas, las cortinas rompe vientos atenúan el viento y fijan carbono contribuyendo a la descontaminación ambiental.

Los animales influyen:

- En el clima por la emisión de gas metano (producido en el proceso de digestión de los rumiantes).
- Sobre el suelo, aporte de excretas, orinas, compresión y en malos escenarios erosión.
- Sobre los pastos, por medio de defoliación, contaminación, pisoteo, etc.
- En los microorganismos, las excretas estimulan la biocenosis.

Los microorganismos tienen relación con:

- El clima, su actividad produce CO_2 que es emitido a la atmósfera contribuyendo también al calentamiento global.
- El suelo, mineralizan la materia orgánica, fijan nitrógeno atmosférico, solubilizan nutrientes.
- Las plantas, contribuyen a un mejor crecimiento, aportando o mejorando la disponibilidad de nutrientes; también pueden causar enfermedades.
- Los animales, actúan como agentes patógenos y provocan enfermedades.

Clima

El clima es el principal factor abiótico que controla el desarrollo y crecimiento de los vegetales, sin embargo, el hombre tiene poco control sobre estos dos factores, más aún con el cambio climático. En base a información técnica, aun cuando no es posible tener predicciones climáticas infalibles, se puede prever de alguna manera los fenómenos climáticos y planear (manejar) la actividad productiva dentro de márgenes razonables.

Factores que determinan el clima en el Ecuador

Latitud geográfica, altitud del sitio sobre el nivel del mar, la circulación atmosférica general, las masas de aire locales, los vientos, las corrientes marinas y la vegetación.

LATITUD GEOGRÁFICA

El principal factor climático es el factor astronómico (latitud) ya que el calor proveniente del sol incide de manera directa en la parte céntrica de la tierra y de manera oblicua en el resto del globo, cada vez más inclinado conforme vamos hacia los polos.

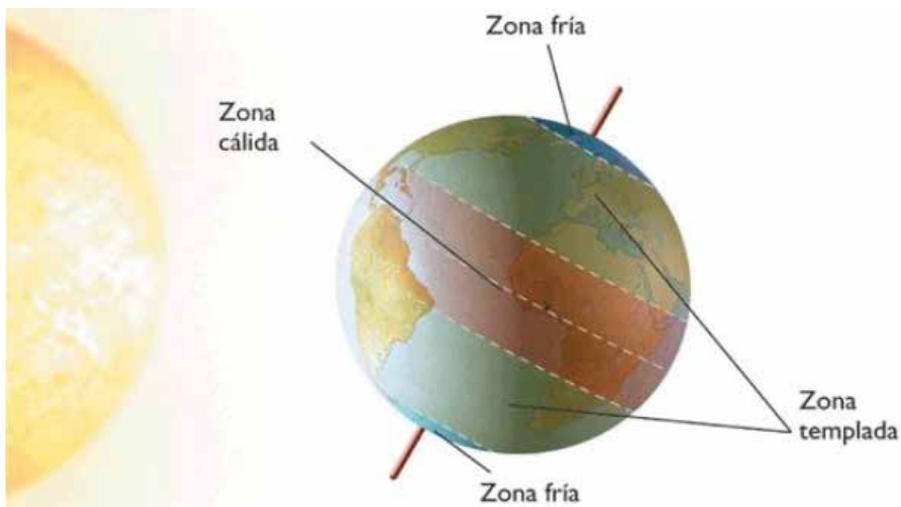
En los países de latitud media, existen cuatro estaciones climáticas, cuatro temporadas de distinta temperatura cada una, en el año. En cada estación la temperatura es casi la misma, en verano calor sofocante, en invierno frío congelante igual en el día que en la noche.

El Ecuador por su situación astronómica en el centro de la Línea Ecuatorial debiera tener un clima completamente cálido, sin embargo, en nuestro país hay lugares o pisos altitudinales siempre calientes, siempre tibios, siempre fríos, siempre destemplados, o también siempre helados sin variación alguna. En cada lugar, hay siempre un solo promedio de temperatura al año, pero en

contraste tiene cuatro temperamentos distintos (estaciones equinocciales) en las 24 horas del día, uno en la mañana (primavera), otro al medio día (verano), otra tarde (otoño) y otro de noche (invierno).

En países de clima templado la temperatura disminuye a medida que aumenta la latitud y la altura sobre el nivel del mar. La duración de las estaciones también aumenta con la latitud.

Figura 2.3
Zonas climáticas de la Tierra



Fuente: MEP, 2018

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Es el factor que más contribuye a modificar el clima en nuestro país, se considera que partiendo de una temperatura a nivel del mar de 26°C (en la playa) a 28°C (en el interior), la temperatura desciende (gradiente térmica) aproximadamente 0,6°C por cada 100 msnm.

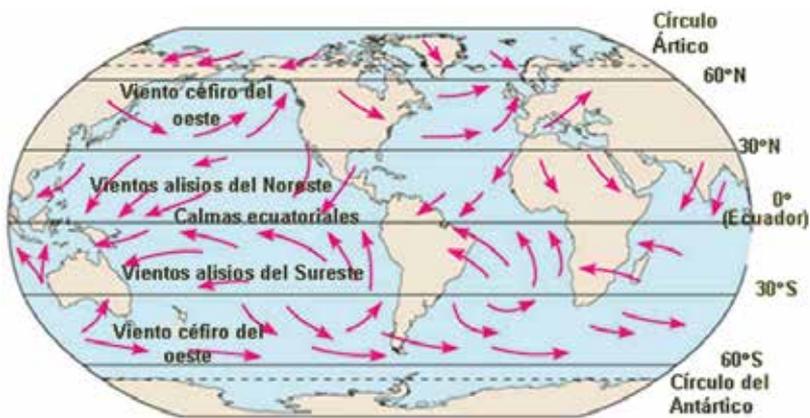
Si se considera que la temperatura es el factor abiótico más influyente sobre la velocidad en que se producen nuevas estructuras vegetales, entonces en la cordillera, la altitud es factor clave de producción.

CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA GENERAL

El Ecuador por estar ubicado dentro de la faja o cinturón ecuatorial está caracterizado por humedad alta, temperaturas elevadas y presiones atmosféri-

cas bajas. Los vientos predominantes en el Ecuador son los alisios del nordeste del Hemisferio Norte y los del sudeste del Hemisferio Sur. En el Ecuador (línea ecuatorial, plano perpendicular al eje de rotación de la Tierra) se produce un ascenso masivo de aire cálido, originando, una zona de bajas presiones que viene a ser ocupada por una masa de aire frío que proporcionan los alisios. Las masas de aire caliente que ascienden se van enfriando paulatinamente y se dirigen a bastante altura en sentido contrario a los alisios, hacia las latitudes subtropicales, de donde proceden estos. Cuando convergen los vientos alisios de los hemisferios norte y sur se origina la *Zona de Convergencia Iterropical*, zona de inestabilidad con perturbaciones atmosféricas ya que cada masa trata de imponer su dominio.

Figura 2.4
Patrones globales de viento



Fuente: UNSJ, 2018

MASAS DE AIRE LOCALES

Las masas de aire calientes y húmedas, originadas en el océano Pacífico que llegan a las estribaciones de la cordillera Occidental, se condensan y precipitan; igualmente las masas de aire caliente de origen continental que se localizan en la Región Amazónica, descargan su humedad en la vertiente de la cordillera Oriental; a veces esta humedad penetra a la Región Interandina por las abras naturales de las hoyas. Al interior de los Andes masas de aire frío, se sitúan sobre las hoyas, los vientos llevan las nubes a las cordilleras y precipitan en las faldas de las montañas y en los valles. En el centro de las hoyas, en los valles bajos de los ríos que van a la costa o al oriente, las precipitaciones son escasas.

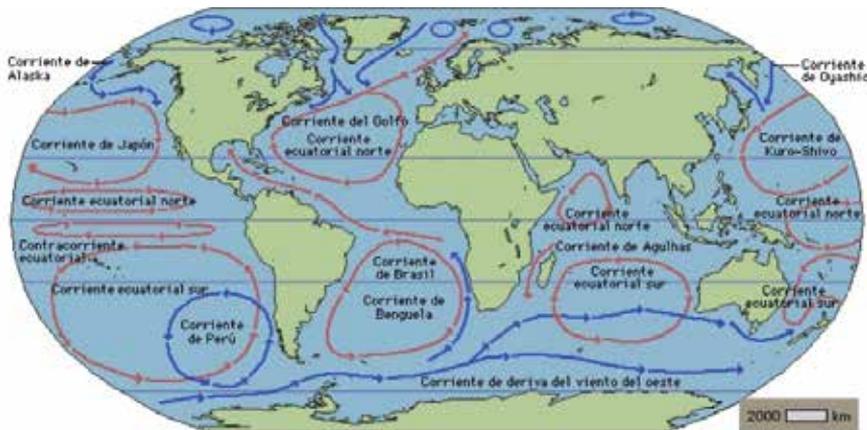
LOS VIENTOS

Los vientos que soplan desde los Andes disminuyen la temperatura de los suelos bajos de la Costa y Oriente. Además, al chocar con los vientos calientes y húmedos de estas regiones producen las precipitaciones.

CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marinas tienen mucha influencia en la temperatura y en las precipitaciones de las regiones que bordean.

Figura 2.5
Corrientes marinas



Fuente: ADIMAPAS, 2010

Es conocido que la costa ecuatoriana sur está sometida la mayor parte del tiempo a la corriente fría de Humboldt originada en el Antártico. Entre los meses de mayo a octubre el clima se refresca debido a la llegada de estas masas de aire frío, pero por ser secas y muy estables no originan lluvias. Esta corriente provoca desertificación en la costa norte chilena, toda la costa peruana y costa sur del Ecuador (Huaquillas, Loja, Santa Elena, Manta), trae en cambio mucha riqueza ictiológica (piscícola).

El norte del litoral en cambio está influenciado por la corriente cálida de El Niño, que entre diciembre y abril con sus vientos calientes y húmedos forman copiosas lluvias. Esta corriente tiene dos consecuencias opuestas, lleva abundantes lluvias a zonas secas (Manabí, Guayas, Península de Santa Elena, El Oro, Loja) permitiendo la producción agrícola, pero así mismo, con frecuencia

provoca inundaciones catastróficas en zonas bajas del litoral y en el mar aleja la fauna de peces y aves marinas.

El desplazamiento periódico del frente intertropical, las mezclas de las masas de aire local entre sí o con aquellas que proceden de los anticiclones, la altitud del suelo sobre el nivel del mar y las influencias de las corrientes oceánicas, son los elementos de un juego muy complejo que explica la variedad de climas ecuatorianos.

Solsticios y equinoccios

Los solsticios son los momentos del año en los que el Sol alcanza su mayor o menor altura aparente en el cielo, y la duración del día o de la noche son las máximas del año, respectivamente según el hemisferio. A lo largo del año la posición del Sol vista desde la Tierra se mueve hacia el Norte y hacia el Sur. La existencia de los solsticios está provocada por la inclinación del eje de la Tierra sobre el plano de su órbita, ocurre dos veces por año: 20 o 21 de diciembre y 21 o 22 de junio.

Se denomina equinoccio al momento del año en que el Sol está situado en el plano del ecuador terrestre, es el punto donde el Sol en su movimiento anual aparente pasa de Sur a Norte del ecuador celeste y su declinación cambia de negativa a positiva. En estas fechas los dos polos de la Tierra se encuentran a igual distancia del Sol, cayendo la luz solar por igual en ambos hemisferios, ese día en el ecuador terrestre, el Sol alcanza el cenit, (punto más alto en el cielo con relación al observador, justo 90° sobre la cabeza), en la línea equinoccial los rayos solares caen de manera perpendicular. Ocurre dos veces por año: 20 o 21 de marzo y 22 o 23 de septiembre.

Si se pone en secuencia los eventos que se dan anualmente, en forma permanente son: Solsticio: el 20 o el 21 de diciembre el hemisferio norte, cambia de otoño a invierno y el hemisferio sur de primavera a verano.

Equinoccio: el 20 o 21 de marzo el hemisferio norte, pasa del invierno a la primavera (equinoccio primaveral); y el hemisferio sur, pasa del verano al otoño (equinoccio otoñal).

Solsticio: el 21 o el 22 de junio el hemisferio norte cambia de primavera a verano y el hemisferio sur de otoño a invierno.

Equinoccio: el 22 o 23 de septiembre, ocurre los cambios contrarios, otoño al norte y verano al sur.

Dentro del campo agrícola, estas fechas son importantes no solamente en los hemisferios norte y sur, sino también en nuestro país, en la región interandina a partir del 22 de septiembre comienza un cambio climático, se termina la época seca y comienzan las lluvias; el 21 de diciembre se terminan (o disminuyen) las lluvias e inicia un veranillo; el 21 de marzo se acaba el veranillo y vuelven las lluvias y el 21 de junio, cesan las lluvias y comienza el periodo seco.

Elementos principales del clima

Los componentes principales del clima que influyen en la producción de forraje son: temperatura, lluvia y radiación solar. Estos tres elementos son los que más influyen en la vida y sus procesos en el suelo y sobre el suelo, afectando indirectamente la productividad final de cada sitio.

Temperatura

La temperatura, en nuestro país depende de la altitud sobre el nivel del mar, la temperatura disminuye entre 1-1,2 °C cada 200 msnm y da origen a los climas.

Tabla 2.1
Temperatura promedio a diferentes altitudes

Altitud sobre el nivel del mar	Temperatura	Clima
0-600 msnm.	28°-24° C.	Clima cálido, tropical o megatérmico.
600-2 000 msnm (estribaciones de la cordillera). 700-2 400 msnm (región interandina).	24,4°-16° C.	Clima medio, subtropical o, mesotérmico.
2 500-2 900 msnm.	13°-11,2° C.	Clima templado o, temperado-frío.
3 000-4 000 msnm.	11°- 6°C.	Clima ecuatorial de alta montaña, páramo andino o microtérmico.

Fuente: León, R. 2018

La temperatura controla las reacciones bioquímicas de la planta, crecimiento y metabolismos, la reacción más importante que es influenciada por la temperatura es la fotosíntesis, los pastos de clima templado tienen un óptimo crecimiento a temperaturas entre los 10° y 20 °C, los pastos de clima tropical se adaptan a temperaturas entre 25 y 30 °C, en temperaturas inferiores a 15 °C su crecimiento es lento (adaptado de Bernal, 2003). Este y otros aspectos de la influencia del clima sobre las plantas se explicarán con más detalle, en el Capítulo VII, Manejo de Pasturas, Fisiología.

En la sierra es necesario conocer el riesgo de descensos bruscos de la temperatura ambiental que provocan el congelamiento del agua y el vapor del aire, este fenómeno conocido como heladas, son más frecuentes en épocas secas y sobre los 3 000 msnm. Existen plantas sensibles las heladas como el kiku-yo y maíz, las papas y los lecheros.

Daños de las heladas: Las bajas temperaturas del aire coagulan los líquidos celulares, si estas temperaturas son muy bajas (por debajo de 0° C.) provocan la formación cristales de hielo dentro del citoplasma y en los espacios intercelulares con rotura de la membrana celular. El sol del día siguiente evapora el agua y la deshidratación mata a la planta.

Existen dos tipos de heladas: heladas por masas de aire frío y heladas por irradiación.

Heladas por penetración de una masa de aire frío: En las noches nubladas, la radiación que emite la tierra es reflejada por las nubes hacia el suelo (efecto invernadero) como consecuencia la temperatura se mantiene dentro de parámetros normales, sin embargo, puede haber presencia de masas de aire frío provenientes de inviernos severos en latitudes medias con ayuda del viento (julio, agosto del hemisferio sur; diciembre, enero del hemisferio norte). Al descender la temperatura, la humedad atmosférica se condensa y se produce rocío sobre las plantas; si la temperatura desciende por debajo de cero, el rocío pasa a formar cristales de hielo en forma de escamas (escarcha) que producen un daño superficial a las hojas (heladas blancas); al salir el sol al día siguiente, el incremento de temperatura da lugar a una vaporización muy rápida del rocío o de la escarcha. Las plantas se recuperan rápidamente con la ayuda de las lluvias o del riego.

Heladas por irradiación: En los días sin nubes y con noches despejadas, la radiación infrarroja de la tierra se va al espacio con la consiguiente pérdida de calor, la temperatura baja al punto de congelación, no hay condensación debido a que la humedad relativa atmosférica es baja y el rocío se evapora, la temperatura negativa produce el congelamiento de los tejidos y la muerte de las plantas (heladas negras).

Lluvias

La lluvia es el elemento del clima que más influye en el crecimiento de los pastos expresado en producción de forraje (kg/MS/día) y en la calidad del mismo.

Se debe tener en cuenta el efecto de las lluvias en la lixiviación de nitrógeno, cloruros, sulfatos y bases; el riesgo de lixiviación de más a menos es N, Cl, SO_4 , Ca, Mg, Na, K, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , esto quiere decir que no se debe fertilizar en épocas de grandes aguaceros, sobre todo con topografía inclinada ya que el fertilizante va a ser lavado. Lo más adecuado es “dosificar para optimizar el uso-consumo de lo aplicado evitando dosis altas y pocos eventos de fertilización, ya que el ideal es tener la fertilidad cuando está la lluvia” (Delorenzo, 2014). En todo caso el técnico tiene que evaluar la situación de acuerdo a su zona, ubicación del lote dentro de la finca, etc.

De las épocas de lluvias y sequías depende la programación agrícola (siembras, calendario de fertilizaciones, conservación de forraje, etc.), por lo tanto, es necesario conocer el histórico de la pluviometría del lugar y su distribución por meses, así como en la región interandina la época de las granizadas. Las circunstancias pueden obligar a buscar hierbas forrajeras resistentes a la humedad y/o resistentes a la sequía, generalmente se necesita que los pastos tengan las dos características para poder mantener una producción forrajera equilibrada durante todo el año. Cuando la lluvia es insuficiente debe aplicarse riego.

El patrón de lluvias influye también en el sistema de explotación ganadero, el tipo de ganado, los controles sanitarios, la época de monta y las pariciones; como se sabe en el trópico existen mayores problemas sanitarios en invierno (ectoparásitos y problemas de patas), por lo tanto en zonas muy húmedas es preferible planificar las pariciones a la salida del periodo de lluvias; en la región sierra en cambio pueden sincronizarse los partos para la época de mayor producción de forraje es decir durante el periodo de lluvias (noviembre-junio).

El clima también influye en la economía pecuaria, en los precios de la compra-venta de ganado en áreas tropicales, así por ejemplo en Manabí (28% de la población ganadera del país) en la época de lluvias se cría el ganado, no hay ventas en consecuencia suben los precios; en la época seca, ante la disminución de pasto los ganaderos manabitas venden el ganado y los precios bajan, en esta época los ganaderos de Santo Domingo de los Colorados y del litoral norte si tienen pasto y aprovechan para comprar toretes para cebarlos y venderlos en el próximo invierno cuando no sale ganado de Manabí y los precios de la carne mejoran (Ver Fig. 2.9).

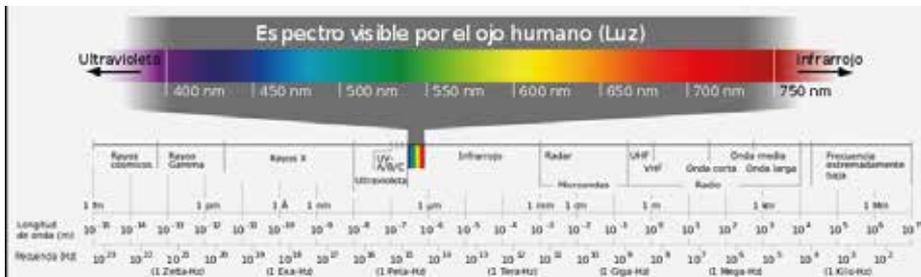
Por otro lado, en la Amazonía el exceso de lluvias tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de los pastos y cuando estas disminuyen, mejora la producción de forraje. La Fig. 2.10 sobre la distribución de lluvias, nos permite observar que en la región oriental en todos los meses existen precipitaciones, con una ligera disminución en los meses de enero y febrero, pero no existe una época seca.

Radiación solar y heliofanía

La radiación solar es el flujo de energía que se 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 μm y 0,7 μm .

Las plantas realizan mayor fotosíntesis cuando están expuestas a todo el espectro visible que una parte del mismo (Figura 2.6), el espectro visible varía con altitud. Al nivel del mar las plantas están expuestas a todo el espectro visible por lo tanto su fotosíntesis es más intensa, si el resto de factores climáticos agua y temperatura no son limitantes, la vegetación es exuberante; mientras la altitud se incrementa, el espectro visible se dirige hacia la zona ultravioleta y esta tiene un efecto nocivo sobre la vida, incluyendo a las plantas; las plantas son más rústicas para adaptarse a estas condiciones (Bernal & Espinosa, 2003).

Figura 2.6
Longitud de onda y sus características físicas



Fuente: Inforadiofrecuencia, 2017

Heliofanía (fotoperiodismo) es el número de horas sol en un lugar determinado.

Gutiérrez (2016) recuerda que de acuerdo al número de horas de luz que necesita una planta, se clasifican como plantas de día largo las que necesitan más de 12 horas de luz al día y día corto menos de 12 horas de luz. Algunas especies de plantas requieren una mayor cantidad de horas para completar su ciclo vegetativo y producir semilla.

Las plantas requieren de energía solar para utilizar el carbono atmosférico mediante la fotosíntesis, por lo tanto, la producción de las pasturas y cultivos está relacionada fundamentalmente con la energía lumínica; una alta radiación solar y una adecuada heliofanía generarán mayores rendimientos, la nubosidad

es en cambio un limitante de producción. Existen pastos que tienen plasticidad de hábito y que adaptan tanto a clima soleado y seco, como a clima húmedo y brumoso. En pasturas la energía lumínica puede ser aprovechada al máximo implementando sistemas silvopastoriles (diferentes estratos o pisos vegetales).

En la llanura litoral hasta una altura de 500 m en la ladera de la cordillera Occidental, el promedio anual de horas de brillo solar fluctúa entre las 600 y 1 700 horas, siendo las zonas secas las más soleadas.

En la región interandina la insolación fluctúa entre las 1 200 y 2 000 horas anuales, siendo los valles bajos interandinos los que reciben más luminosidad.

En la región amazónica la insolación se ubica entre las 1 000 y 1 400 horas anuales.

En el Archipiélago de Colón el promedio anual de insolación se ubica alrededor de las 2 000 horas anuales (Información tomada de INAMHI, 2018).

La distribución de la luminosidad varía con la latitud; en el Ecuador no hay diferencia de duración entre el día y la noche y las estaciones no son marcadas; en las latitudes medias y altas (norte y sur del globo terrestre) las estaciones son bien marcadas y las diferencias de duración del día y la noche son extremas (16 horas sol en verano, 7 horas sol en invierno).

Principales climas del Ecuador

Como ya se ha explicado, las lluvias principalmente y en menor proporción la temperatura son las variables más importantes que caracterizan el clima, y la adaptación de las especies forrajeras.

Los principales climas del Ecuador son:

Tabla 2.2
Clasificación de los subclimas de acuerdo con la precipitación

Clima	Precipitación
Árido	< de 300 mm
Semi árido	350-500 mm
Seco	500-1 000 mm
Semi húmedo	1 000-2 000 mm
Húmedo	2 000-3 000 mm
Lluvioso	3 000-6 000 mm

Fuente: León, R. 2018

Clima cálido, tropical o megatérmico

Comprende el litoral y el oriente, altitud de 0 a 600 msnm, temperaturas promedio de alrededor 25 °C. En el litoral o zona baja costanera, la topografía es plana o ligeramente ondulada. En todo el litoral las lluvias se presentan desde enero a abril pudiéndose extenderse desde fines de diciembre hasta inicios de mayo (5 meses) y el resto del año es seco. Este régimen de un pico anual de lluvias se denomina tropical, unimodal o monomodal (Figura 2.9).

Existen una serie de subclimas sobre la base de la cantidad de lluvias.

CLIMA MEGATÉRMICO SEMI-ÁRIDO

Con precipitaciones menores de 500 mm, este clima está limitado a la Península de Santa Elena, los alrededores de Manta, la costa sur límite con el Perú y la faja litoral de Galápagos (Figura 2.7). Donde se dispone de agua de riego, se puede producir forrajeras de corte perenne (bancos de biomasa), cultivar maíz o sorgo para cortar, picar y ensilar, y desarrollar sistemas de producción animal en confinamiento (Figura 2.8).

Figura 2.7
Clima semiárido sin riego



Fuente: León, R. 2017

Figura 2.8
Clima semiárido con riego



Fuente: León, R. 2017

CLIMA MEGATÉRMICO SECO

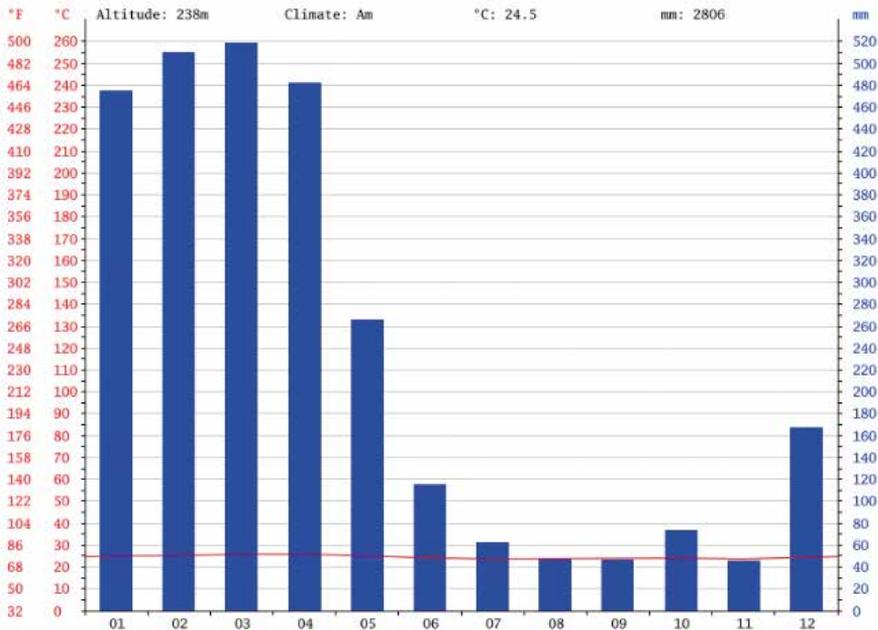
Pluviometría anual entre 500-1 000 mm a lo largo de Manabí, Guayas y El Oro, a excepción de las zonas semiáridas. Sistemas de producción animal semejante al clima semi-árido. Para pastoreo podrían probarse pastos como el llanero (*Adropogon gayanus*), pasto puntero (*Hyparrhenia rufa*), bermuda de costa (*Cynodon dactylon*), buffel (*Cenchrus ciliaris*), maní forrajero (*Arachis glabrata*), etc.

CLIMA MEGATÉRMICO SEMIHÚMEDO

Con lluvias entre 1 000-2 000 mm conformado por una faja de aproximadamente 80 km que parte de la costa norte (El Carmen, Quevedo), para desaparecer a nivel del golfo de Guayaquil.

En estos climas los principales recursos forrajeros son guinea, estrella, gordura, árboles leguminosos como los algarrobos (*Prosopis* sp.), acacia forrajera (*Leucaena glauca*) y cascol (*Libidibia corymbosa*).

Figura 2.9
Precipitación en El Carmen - Manabí



Fuente: CLIMATE-DATA.ORG, 2016

CLIMA MEGATÉRMICO HÚMEDO

Abarca las vertientes exteriores de la cordillera en el litoral norte, precipitaciones de 2 000-3 000 mm y más (Santo Domingo, La Concordia, Quinindé y Esmeraldas).

En la costa norte las lluvias se manifiestan todo el año, por lo que en esta zona está garantizado el crecimiento de pasto durante todo el año.

En este clima se puede encontrar pastos como el micay, gramalote blanco y morado, janeiro, elefante, guinea, estrella, brachiarias, kutzú, centrosema, maní forrajero, etc.

CLIMA MEGATÉRMICO LLUVIOSO

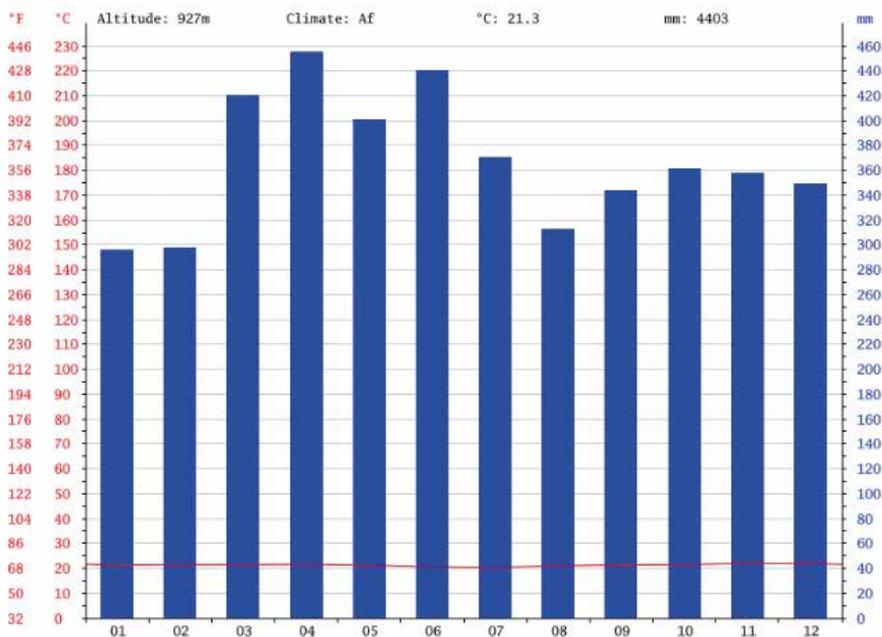
En la región Oriental, las precipitaciones van de 3 000 a 5 000 mm de lluvia y a veces 6 000 mm. Las lluvias se manifiestan durante todo el año, a ex-

cepción de una débil recesión entre diciembre y febrero, la humedad relativa es muy alta del orden del 90%. La nubosidad es casi permanente, especialmente en la parte norte. Debido al exceso de precipitación, los mejores rendimientos de pasto y producción animal se obtienen cuando disminuyen las lluvias.

La zona oriental se divide en dos zonas climáticas: 1) Clima amazónico húmedo, en las estribaciones de la cordillera oriental y 2) Clima amazónico semi-húmedo, al interior, en la planicie de la amazónica.

En este clima los recursos forrajeros más comunes son el gramalote morado (*Axonopus scoparius*), signal (*Brachiaria decumbens*), pasto alemán (*Echinochloa polystachya*), elefante (*Pennisetum purpureum*), dallis (*Paspalum dilatatum*).

Figura 2.10
Precipitación en El Puyo - Pastaza



Fuente: CLIMATE-DATA.ORG, 2016

Clima medio, subtropical o mesotérmico

Comprende dos zonas, las Estribaciones Exteriores de la Cordilleras y los Valles Interandinos.

Clima mesotérmico húmedo

En los declives exteriores de las cordilleras, de 600-2 000 msnm, la topografía es accidentada, zona con alta pluviosidad (2 000-3 000 mm) y humedad durante el año, sobre todo en la parte norte del país. En esta zona la vegetación natural predominante es el bosque, que incluso llega a tomar contacto a través de las quebradas con el páramo, desde luego perdiendo porte y cambiando las especies dominantes, que pasan a ser arbustivas.

En esta zona se pueden cultivar pastos de clima cálido como pasto miel (*Setaria anceps*), *Brachiaria* sp., gordura (*Melinis minutiflora*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*), maní forrajero (*Arachis pintoii*), aunque sus rendimientos son inferiores a los de la región específica. Hacia el oriente en la zona de Baeza el principal pasto es el kikuyo en asociación con el loto; también hay experiencias hechas por la planta Nestlé, en las que se introdujeron raigrás Kingston y Horizon con Tonic (llantén forrajero, *Plantago* sp.), dando muy buenos resultados, lo que permitió aumentar la carga animal (Gallardo, 2003). La producción de pastos y la producción animal (leche) es mayor en la época de menor precipitación (al contrario de la costa y sierra), pues en la plenitud de las lluvias el exceso de humedad perjudica a los pastos y a los animales.

CLIMA MESOTÉRMICO SECO

Al interior de la región interandina, los valles bajos abrigados, conformados por las riveras de los ríos que van hacia la costa (Chota, Guayllabamba, Pallatanga, Yunguilla) o hacia el oriente (Pelileo, Patate, Paute, Gualaceo), con cielo generalmente despejado, altitudes de 700 a 2 400 msnm y temperaturas entre 17 y 25 °C con 350-760 mm de precipitación; la vegetación natural es escasa y está compuesta de plantas xerofíticas como el sigse (*Cortaderia nitida*), penco (*Agave americano*), cabuyo (*Agave* sp.), tuna (*Opuntia vulgaris*), cactus (*Cereus* sp.), y arbustos o árboles leguminosos de talla reducida y espinosos como el algarrobo (*Acacia pellacantha*), guarango (*Caesalpinea tictoria*), algarrobo pequeño (*Mimosa quitensis*); leguminosas herbáceas como el trébol de olor blanco (*Meliloto albus*), trébol de olor amarillo (*Melilotus indicus*), uña de gato (*Mimosa sensitiva*), y pega-pega (*Desmodium* sp.); y, gramíneas como la pajilla (*Stipa eminis*), cabestrillo (*Cynodon dactylon*), y grama (*Paspalum* sp.). En esta zona el principal cultivo forrajero es la alfalfa, pudiendo obtenerse hasta 10 cortes al año (Salinas-Imbabura); puede encontrarse también kikuyo, raigrás y tréboles en las zonas fértiles y con riego. En ciertas zonas se cultiva con éxito el king grass (*Saccharum sinense*) o mar alfalfa (*Pennisetum* sp.).

Clima templado, temperado-frío

De los Valles Interandinos dentro de las denominadas “hoyas” limitados por los nudos montañosos transversales de los Andes. Altitudes límites 2 500-2 900 msnm, temperaturas de 12 a 17 °C., precipitaciones comprendidas entre 800-2 000 mm y la humedad relativa entre 65% en verano a 85% en invierno. Los períodos de lluvia van de fines de septiembre a mediados de diciembre; seguido del “veranillo del Niño” que inicia a fines de diciembre y se extiende hasta inicios de enero, las lluvias máximas ocurren en marzo y abril y mayo; el período seco principal es en junio, julio agosto y septiembre. Este patrón de dos picos de lluvias se denomina ecuatorial o bimodal (Figura 2.11.).¹

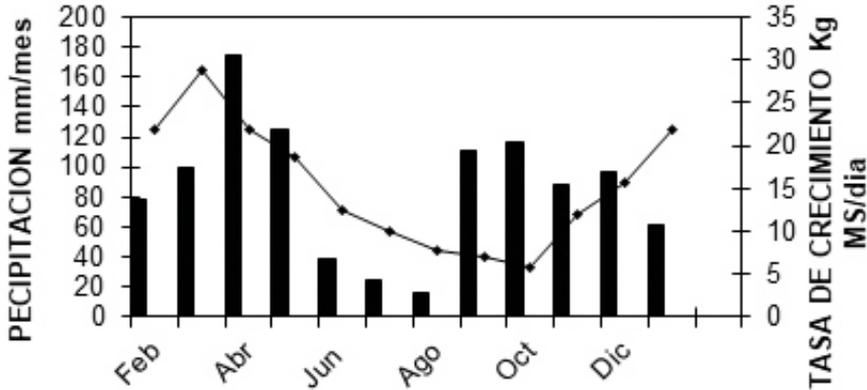
En esta zona crecen en forma espontánea el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), poa (*Poa annua*), holco (*Holcus lanatus*), milín (*Bromus catharticus*), rabo de gallo (*Polipogon elongatus*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol de carretilla (*Medicago hispida*), lupulina (*Medicago lupulina*) llantén (*Plantago lanceolata*), taraxaco (*Taraxacum officinale*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), nabo (*Brassica campestris*) y malva (*Malva silvestris*), entre otras.

Es la zona de la sierra de mayor actividad agrícola. Las pasturas mejoradas son mixtas (gramíneas y leguminosas), se cultiva alfalfa, raigrás, pasto azul, kikuyo, avena, maíz, centeno, trébol blanco, trébol rojo, loto y vicia. El kikuyo es el pasto predominante, considerado como maleza en los pastizales mejorados, aun cuando es susceptible de ser manejado y constituirse en especie productiva. La topografía es muy heterogénea, existen áreas relativamente planas, pero también áreas con pendientes pronunciadas. Zona de producción lechera especializada.

En esta zona no se han probado aún las alternativas silvopastoriles que deberían tener muy buen resultado, ya que a estas alturas se consigue un buen crecimiento de especies forestales foráneas (eucalipto, pino y ciprés) y nativas (aliso, quishuar, yagual, arrayán), etc. Se podría implementar sistemas silvopastoriles técnicamente compatibles con las características del ecosistema (Arce, & Paladines, 1997).

1 Nota: en vista que la Figura 2.8 es del año 1992, y que la revisión de este libro se la hace en el año 2016, se han revisado los diagramas ombrométricos de la región norte de la región interandina con información publicada por el Instituto Nacional de meteorología e Hidrología (INAMHI), y se confirma que la tendencia en cuanto a distribución de lluvias en la región no ha variado.

Figura 2.11
Relación entre el crecimiento del kikuyo sin fertilización
y la precipitación mensual de lluvia. E.E.S.C. Programa de Ganadería. 1992.



Fuente: Grijalva, J. y colaboradores. INIAP, 1995

Clima ecuatorial de alta montaña, páramo andino o microtérnico

Comprende de 3 000 a 4 000 msnm tiene temperaturas entre 6 y 11 grados C., el clima es frío y húmedo, pluviometría variable de 1 000-2 000 mm, variable en función de la altura y la exposición de las vertientes; los páramos del norte del país son más húmedos que los del sur. El régimen de lluvias es igual que en los valles interandinos, en el verano las “garúas” y neblinas atenúan la sequía. La nubosidad es una característica de esta zona, un 25% de los días del año son nublados, limitándose la luminosidad la actividad fotosintética disminuye.

En la parte baja del páramo (3 000-3 500 msnm) se pueden cultivar especies de clima frío como raigrás, pasto azul, trébol blanco, trébol rojo, avena forrajera y vicia, el crecimiento es más lento por lo que el rendimiento acumulado anual es menor que en los valles interandinos; los pastos naturales más comunes son el holco (*Holcus lanatus*) y el pasto oloroso (*Anthoxanthum odoratum*), ambos son benéficos para la conservación de suelos, pero producen poco forraje y no responden en forma positiva a los fertilizantes.

En la parte alta (3 600-4 000 msnm) esta zona constituye reserva ecológica nacional, se produce muy bien el pasto brasileño (*Phalaris* sp.), por ejemplo en los páramos del Illiniza, en el Pedregal en Machachi, en Salinas de Guaranda, en el Ángel, etc.; en forma natural existen extensos pajonales formados por paja de páramo (*Stipa ichu*), festuca (*Festuca* sp.), poa (*Poa* sp.), milín (*Bromus* sp.), hol-

co (*Holcus lanatus*), *Paspalum*, *Agrostis* y *Calamagrostis*, orejuela (*Alchemilia orbiculata*), achicoria blanca (*Achyrophorus quitensis*), y llantén (*Plantago rigida*), en asociación con árboles y arbustos como romerillo (*Hipericum laricifolium*), mortiño (*Vaccinium mortinia*), sacha chocho (*Lupinus alopecuroides*), chuquiragua (*Chuquiragua insignis*), valeriana (*Valeriana* sp), quishuar (*Buddleja incana* R&P.), yagual (*Polylepis racemosa* H.B.K), colle (*Buddleja coriácea* H.B.K.), tilo (*Sambucus nigra* L.), chilca (*Baccharis latifolia* R&P.)

Suelo

El suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas.

El suelo es soporte, fuente de alimento y agua de las plantas, así como refugio de algunas plagas y sus predadores, por lo tanto, debe intentarse una optimización de todos estos factores.

Propiedades físicas del suelo

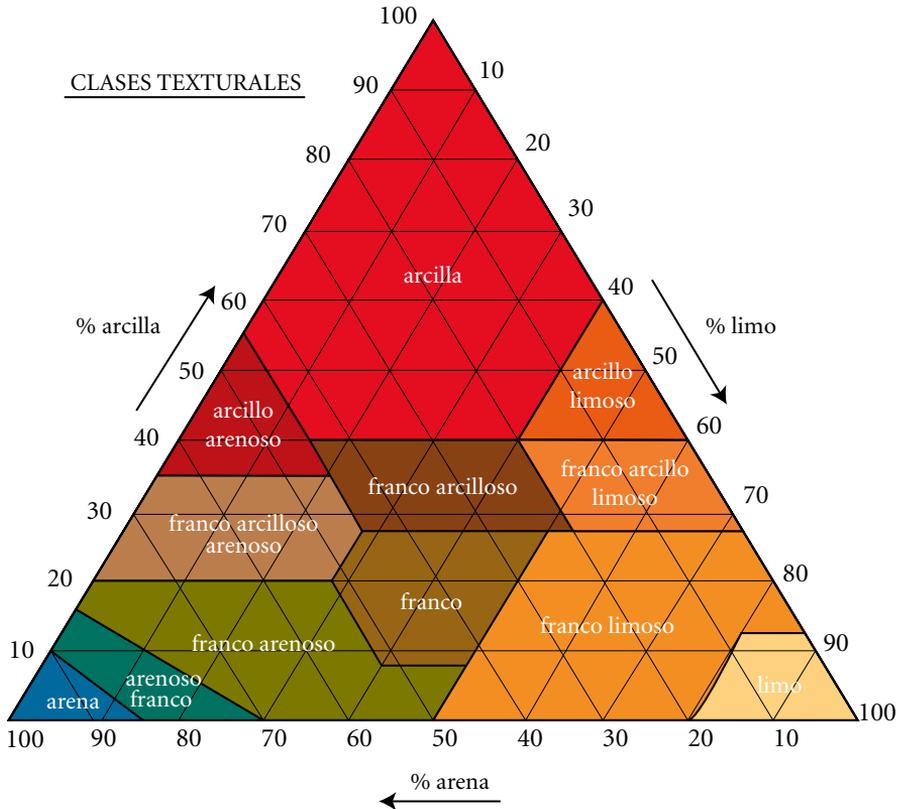
Delorenzo (2104) menciona que el suelo es un sistema trifásico que contiene un limitado número de componentes que se distribuyen al azar en su perfil. Los componentes se agrupan en una fase sólida, una fase líquida y una fase gaseosa. Según las relaciones que se den entre ellas, la estructura resultante tendrá propiedades particulares, que se reflejarán en la forma y capacidad para conducir y contener el agua y el aire en el suelo, para soportar determinadas cargas sin llegar a compactarse y facilitar la exploración radicular, entre otras cosas. De esta forma la expresión del potencial productivo de un cultivo está supraditado a las características del suelo donde se desarrolle, la magnitud de la influencia de estas características varía por acción del clima, del manejo y del uso del suelo.

La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color.

TEXTURA

La textura se refiere al tamaño de las partículas del suelo y la proporción entre estas determina la textura del suelo, esto se realiza utilizando el Triángulo de texturas (Figura 2.12). Los mejores suelos son los francos y están compuestos por arcilla 20-30%, limo 20%, arena 50%.

Figura 2.12
Triángulo de texturas



Fuente: Edafologia.net, 2016

Los suelos de textura fina (arcillosos) tienen mayor capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes que los suelos de textura gruesa (arenosos). Bertrán (s.f.) indica que una tierra franca, equilibrada, perfectamente adaptada al cultivo debe poseer también: caliza 6-12% y humus 4-8%. Los suelos con alto contenido de materia orgánica tienen elevada fertilidad y una alta capacidad de retención de agua. Unos pastos prefieren determinados suelos (arenosos, arcillosos, francos), otros son más o menos indiferentes a la composición física.

La textura se puede determinar en laboratorio por varios métodos, siendo el más conocido el Hidrómetro de Bouyoucos.

Figura 2.13
Determinando la textura en el campo



Fuente: León, R. 2012

En el campo la textura se aprecia tomando una pequeña cantidad de suelo, luego se añade un poco de agua y se elaboran bolas amasando con la mano:

- Si el suelo seco es duro y con la humedad las bolas adquieren plasticidad, son resbalosas y se pueden hacer cintas, el suelo es arcilloso.
- Si se hacen bolas, pero con la presión se desmoronan y las cintas se rompen, el suelo es franco.
- Si el suelo seco fluye entre los dedos, la bola húmeda es débil se rompe fácilmente, hay poca cohesión y no se puede elaborar cintas porque éstas se rompen, el suelo es arenoso.

ESTRUCTURA

La estructura refleja la manera cómo se acomodan las diferentes partículas del suelo. Es la propiedad más importante del suelo debido a que afecta al crecimiento de las raíces. Los suelos pueden tener estructura:

- Granular y migajosa (granos pequeños de arena, limo y arcilla), permiten la circulación fácil del agua.
- En bloques (las partículas del suelo se agrupan en bloques) resisten a la penetración y circulación del agua.
- Prismática y columnares (las partículas del suelo se agrupan en columnas o pilares) el agua circula con mayor dificultad y el drenaje es deficiente.
- Laminar (las partículas del suelo se encuentran agregadas en láminas horizontales que se traslapan) dificultan notoriamente la circulación del agua.

La estructura se puede mejorar mediante el uso de la materia orgánica o haciendo enmiendas.

Dentro de las características del suelo que influyen en la formación de estructura, están la textura y la mineralogía de las arcillas, la materia orgánica, materiales inorgánicos no cristalinos, solutos adsorbidos o de intercambio presentes en el sistema poroso, plantas y microorganismos del suelo y la profundidad del perfil, así como los cambios en el contenido de agua del suelo. La magnitud de la influencia de estas características varía por acción del clima y del manejo y uso del suelo.

Las propiedades del suelo dadas por la estructura son de vital importancia para el desarrollo de las plantas, ya que determinan la capacidad de enraizamiento, controlan la disponibilidad de oxígeno, de agua y la resistencia a la penetración de las raíces.

CONSISTENCIA

Se refiere a la resistencia para la deformación o ruptura. Según la resistencia el suelo puede ser suelto, suave, duro, muy duro, etc. Esta característica tiene relación con la labranza del suelo y los instrumentos a usarse. A mayor dureza será mayor la energía (animal, humana o de maquinaria) a usarse para la labranza.

DENSIDAD

Se refiere al peso por volumen del suelo y está en relación a la porosidad. Un suelo denso tendrá poca porosidad, mientras que un suelo poco denso tendrá más porosidad. A mayor contenido de materia orgánica, el suelo será más poroso y menos denso.

AIREACIÓN

Se refiere al contenido de aire del suelo y es importante para el abastecimiento de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en el suelo. La aireación es crítica en los suelos anegados. La aireación se mejora con la labranza, la rotación de cultivos, el drenaje, y la incorporación de materia orgánica.

TEMPERATURA DEL SUELO

Es importante porque determina la distribución de las plantas e influye en el metabolismo de las mismas. Cada planta tiene sus requerimientos especiales, por ejemplo 5° C es la temperatura mínima para la germinación de plantas de clima frío.

COLOR

El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. La arena tiene un color grisáceo o café claro. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican materia orgánica. Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica.

Propiedades químicas

Dentro de las propiedades químicas, interesa conocer: fertilidad, pH y capacidad de intercambio catiónico.

FERTILIDAD

Después del clima, el nivel de fertilidad del suelo es el factor más importante que rige la productividad de los pastos. Existen pastos exigentes en fertilidad, otros que se adaptan a cualquier clase de suelos incluyendo los pobres.

Los elementos químicos (nutrientes minerales) que componen un suelo, según la edafología provienen principalmente de la descomposición de las rocas que forman el suelo y de las que están disueltas en las aguas de riego.

Delorenzo (2014) señala que la fertilidad es un todo dividido entre física y química, pero involucra todas las acciones y condiciones que la generan, y es un estado y puede medirse y puede cambiarse con manejo y uso, es decir la fertilidad como un estado del perfil de suelo que puede o no modificarse en

el tiempo por medio de acciones antrópica y/o por medio de eventos como volcanismos, inundaciones, entre otras.

La parte química del suelo comprende: química capital y química operacional.

- Química Capital: Se refiere a aquellos factores y elementos que se mantienen en forma de stock o capital en el perfil de suelo, hablamos del P, K, Mg y la mayoría de los microelementos.
- Química Operacional: Se refiere a aquellos factores y elementos que pueden ser agregados durante la estación de crecimiento, pero son fácilmente perdibles por diferentes vías, volatilización, lixiviación, de nitrificación entre otros, son el N, S, Ca y Na.

pH

Se trata de la medición del potencial (concentración) de hidrógenos, es decir de la acidez o la alcalinidad y se expresa en términos logarítmicos. La acumulación de iones H⁺ se da tanto por adición de dichos iones o por pérdida de bases en la solución del suelo. La significación práctica de esta relación logarítmica es que cada unidad de cambio en el pH del suelo significa un aumento de diez veces en la cantidad de acidez o basicidad (Tabla 2.3); es decir, un suelo con un pH de 6,0 tiene 10 veces más H⁺ activos que un suelo con un pH de 7,0, y un pH de 5,0 es 100 veces (10¹⁰) más ácido que un pH 7,0, esto significa que la necesidad de encalar aumenta en forma muy rápida a medida que el pH baja (Bernal, 2003).

Tabla 2.3
Clasificación del pH del suelo

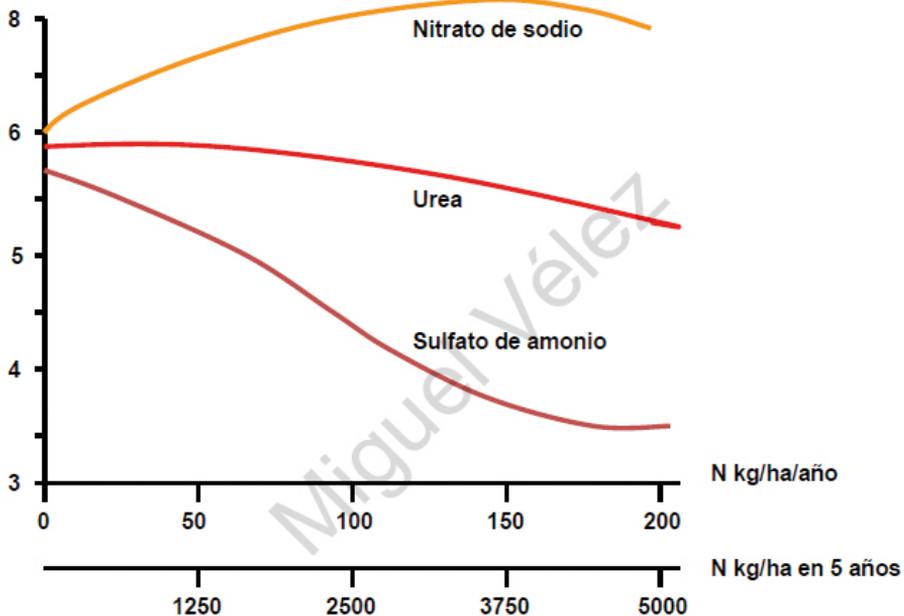
Interpretación	Valores de pH
Muy ácido	<5.4
Ácido	5.5 - 6.1
Ligeramente ácido	6.2 - 6.9
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.1 - 7.4
Alcalino	7.5 - 8.4
Muy alcalino	> 8.5

Fuente: Espinosa, Sosa, & Rivera, 2015

Bernal (2008) indica que las causas de acidificación de los suelos son variadas y complejas:

- Las raíces de las plantas al absorber los nutrientes liberan H^+ para mantener el equilibrio osmótico.
- Extracción de bases (Ca, Mg, Na, K) por los cultivos.
- Lavado de las bases de intercambio por la lluvia, su lugar en el complejo coloidal es ocupado por H^+ .
- Formación de ácido carbónico cuando el agua entra en el suelo: $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 + H^+$
- La materia orgánica del suelo se descompone con la ayuda de microorganismos produciendo un constante aporte de CO_2 que fácilmente se transforma en bicarbonato (HCO_3^-). Esta reacción aporta H^+ y bicarbonato (HCO_3^-) que se combina fácilmente con los cationes básicos lavándolos del perfil.
- La materia orgánica del suelo también contiene grupos carboxílicos ($R-COOH$) y fenólicos (C_6H_5OH) activos que al descomponerse se disocian liberando iones H^+ .

Figura 2.14
Efecto de la aplicación de diferentes
fuentes nitrogenadas en el pH del suelo



Fuente: Vélez, 2014

- Carácter acidificante de algunas sustancias orgánicas presentes en el suelo, ej: restos orgánicos con alta relación C/N, sustancias húmicas precursoras, ácidos fúlvicos.
- Los fertilizantes nitrogenados que contienen o forman amonio (NH_4^+) como el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y el NH_4NO_3 aplicados al suelo se disocian liberando amonio (NH_4^+), este se convierte en nitrato (NO_3^-) a través de una oxidación biológica que produce un exceso de H^+ .
- La urea al ser aplicada en el suelo es atacada por la ureasa y produce un compuesto inestable llamado carbamato de amonio, este se descompone en amoníaco (NH_3), y CO_2 . El NH_3 en contacto con la humedad produce NH_4^+ , que sigue los procesos ya mencionados.
- Nitrificación: transformación del amonio (NH_4^+) de fertilizantes, orina y heces del ganado a ácido nítrico por oxidación: $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$
- Oxidación de sulfuros.
- Deposición atmosférica de compuestos químicos ácidos como el ácido sulfúrico (H_2SO_4), dióxido de azufre (SO_2), ácido nítrico (HNO_3), óxidos de nitrógeno (NO_3) y amoníaco (NH_3). El origen de este proceso es natural, debido a las emisiones volcánicas o al spray marino y sobretodo antrópico, debido a las emisiones humanas generadas en la quema de combustibles fósiles.
- Presencia de aluminio intercambiable Al^{3+} , como se ve en las siguientes reacciones:

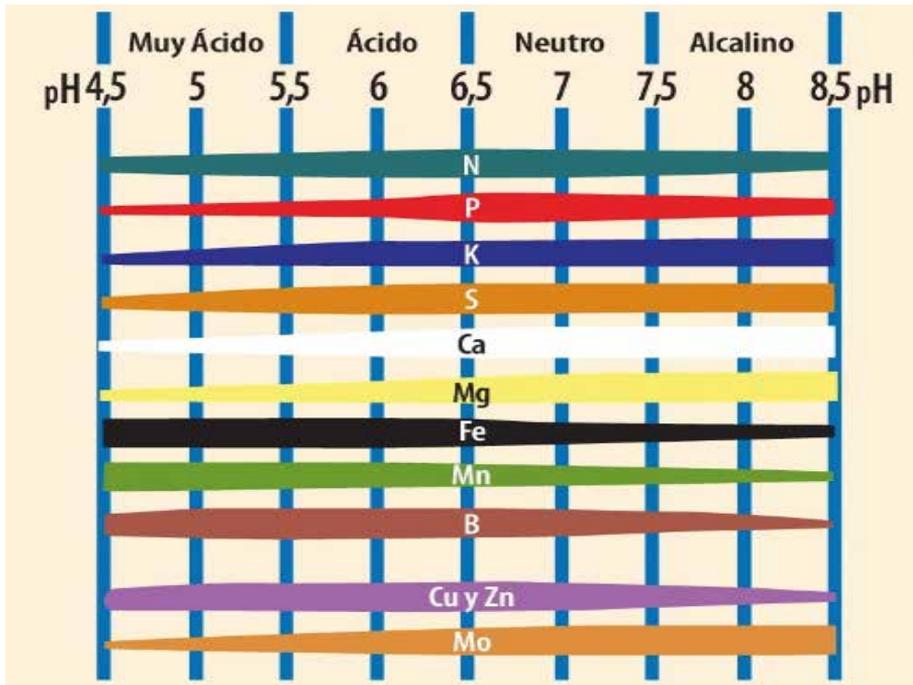


Cada una de estas reacciones libera H^+ y contribuye a la acidez del suelo. Este incremento en acidez promueve la presencia de más Al^{3+} listo para reaccionar nuevamente.

- Desilificación, a medida que los suelos se meteorizan pierden silicio soluble de acuerdo con la siguiente reacción:



Figura. 2.15
Disponibilidad de nutrientes
en función del pH del suelo



Fuente: Técnicoagrícola, 2013

En esta forma es tomado por la planta o se pierde en solución, mientras más silicio pierde el suelo mayor es su grado de acidez.

El pH afecta a la disponibilidad de nutrientes y a la actividad de microorganismos; en términos generales las gramíneas crecen bien en pH 5,6 - 6,5; las leguminosas en pH 6,5-7,0.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Las partículas de arcilla y materia orgánica tienen carga negativa y por medio de atracción magnética atraen, retienen y liberan a los cationes (nutrientes) que tienen carga positiva (H^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y Al^{3+}). La Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) no depende solamente de la naturaleza de la arcilla, del contenido de materia orgánica, sino también del pH del suelo.

Los suelos arcillosos o con niveles de materia orgánica altos pueden retener gran cantidad de agua y cationes y prevenir la pérdida por lixiviación, de allí su fertilidad. Las partículas de arena no tienen carga y no reaccionan, de allí que los suelos arenosos tienen baja CIC, y retienen cantidades pequeñas de agua y cationes.

No existe un mecanismo exacto para retención de aniones (-) en el suelo, por ejemplo, el nitrato (NO_3^-) es completamente móvil y se desplaza libremente en el suelo; cuando llueve se mueve hacia abajo y en condiciones secas se mueve hacia arriba con el agua. El ión sulfato (SO_4^{2-}) puede ser retenido con poca fuerza y a pH bajo se pueden desarrollar cargas positivas en los extremos rotos de algunas arcillas. La materia orgánica puede también desarrollar cargas positivas que atraen sulfatos.

La CIC también debe relacionarse con la época y las dosis de aplicación de los fertilizantes: por ejemplo, en suelos arenosos no es aconsejable aplicar K o N cuando las precipitaciones son intensas, las aplicaciones deben fraccionarse para evitar pérdidas por lixiviación y erosión.

Valores de 1-10 indican baja CIC, 11-50 buena CIC. Este valor es importante porque da la idea de la disponibilidad que tienen las plantas para absorber sus nutrientes (Tabla 2.4).

En relación al total presente en la solución del suelo, las bases que actúan como nutrientes directos a la pradera deben estar en las siguientes proporciones:

Ca	70-75%
Na	1-3 %
Mg	12-15 %
K	3-5 %

La relación entre ellas debe mantener un equilibrio para que la nutrición de los vegetales también sea equilibrada:

Ca / Mg	3-7
(Ca + Mg) / K	< 22
K / Mg	0,4

Tabla 2.4
Capacidades típicas de intercambio
catiónico según los tipos de suelo

Textura del suelo	CIC (meq/100g)
Arena	1-5
Franco Arenoso	5-10
Franco	5-15
Franco Arcilloso	15-30
Arcilloso	>30

Fuente: AGRO-ICA, 2016

Otras características importantes del suelo

PROFUNDIDAD

Tabla 2.5
Escala de calificación de la profundidad de un suelo

Profundidad del suelo	Rango (cm)
Extremadamente superficial	<10
Muy superficial	10-25
Superficial	25-50
Moderadamente profundo	50-100
Profundo	100-150
Muy profundo	150

Fuente: Martínez, 2006

Los pastos necesitan suficiente profundidad para que las raíces crezcan y aseguren nutrientes y agua. Por ejemplo la alfalfa y la achicoria debido al tipo de sistema radicular necesitan suelos bien drenados y profundos. Las gramíneas en cambio pueden crecer en suelos menos profundos y con distintas limitaciones en fertilidad dependiendo de cada especie.

La “profundidad efectiva radicular”, puede estar limitada por presencia de capas de grava, capas endurecidas de suelo (cangahua), capa compactada por pie de arado, o un nivel freático alto que impida el desarrollo radicular.

RELIEVE Y PENDIENTE

Figura 2.16
Relieve de la zona de Lloa, provincia de Pichincha



Fuente: León, R. 2017

El relieve de la hacienda tiene una relación directa sobre la cantidad de pasto que puede producir. La finca ideal es la que es razonablemente llana y situada en laderas con pendientes entre el 5 y 15 % con buena exposición al sol (Tabla 2.6). En general el suelo de las laderas tiende a ser de menor espesor y de inferior fertilidad natural, los lugares bajos y planos son más profundos y fértiles. La distribución uniforme de fertilizantes no es fácil, también es difícil utilizar el animal como factor de aumento de fertilidad, debido al hábito de los animales de acampar en los lugares planos (bajos) de las colinas, con el consiguiente traslado de fertilidad. Las fincas planas y de clima semi húmedo y húmedo, en general tienen problemas de encharcamiento por lo que necesitan drenajes.

Tabla 2.6
Clasificación de la pendiente

Rango en %	Descripción
0-3	Plano
3-7	Ligeramente inclinado
7-12	Moderadamente inclinado
12-25	Fuertemente inclinado
25-50	Fuertemente quebrado
50-75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

Fuente: Hernández, Peña Barbosa, & Narváz García, 2010

TOPOGRAFÍA

En suelos con pendiente pronunciada, es aconsejado formar bordos de contención siguiendo las curvas de nivel (Figura 2.17), para esto se deben sembrar franjas de festuca o de falaris de un metro de ancho, cada 10 metros de distancia. Posteriormente, es decir cuando el potrero esté establecido, en la parte superior se construirá un canal para riego y en la parte inferior otro canal para recoger las escorrentías del riego y de la lluvia; los canales deben tener 1% de inclinación. En estos potreros con topografía pronunciada, es conveniente prever sitios donde el ganado pueda echarse a rumiar.

Figura 2.17
Pasturas con curvas de nivel



Fuente: León, R. 2016

En suelos fuertemente inclinados hay riesgo de erosión, el manejo de estos suelos se debe considerar especies de pastos que tienen la cualidad de

ser fijadores y mejoradores de suelos erosionados, como el *Elymus*, *Festuca*, *Dactylis*, *Pennisetum clandestinum*, *Chrysopogon zizanooides* (pasto Vetiver); *Brachiaria*, *Cynodon*, *Digitaria* en clima tropical.

Delorenzo (2014) hace notar que, bajo ciertas condiciones físicas, (tipo y cantidad de arcilla, o relieve y topografías muy inclinadas) el riego gravitacional no es una buena práctica y debe considerarse un regadío mecanizado con pluviometría controlada (aspersores, pivotes u otro).

La topografía tiene también relación con la humedad del suelo, así por ejemplo, si en una región llueve 1 000 mm al año y si esta precipitación cae sobre lomas o suelos inclinados, posiblemente penetren en el suelo solamente 600 mm y los 400 mm restantes se escurrirán hacia lugares bajos; los terrenos que estén al pie recibirán los 1 000 mm de precipitación más 400 mm de escorrentía, en total 1 400 mm; entonces hay que considerar que en las partes altas hay menos humedad y en los lugares bajos puede haber suficiente humedad o inclusive exceso (Figura 2.18). En verano, el problema de las partes altas puede agravarse si no tienen agua de riego. Todo esto redundaría en que en las partes altas habrá que sembrar pastos tolerantes a la sequía y en las partes bajas se puede sembrar pastos que requieran más humedad.

Figura 2.18
Pasturas con diferente topografía



Fuente: León, R. 2016

DRENAJE

El drenaje debe también tenerse en cuenta, muchas veces es necesario efectuar obras de saneamiento para evitar encharcamientos o anegamientos que dificultan el desarrollo de pastos mejorados y propician el desarrollo de parásitos para el ganado. Cuando no es posible efectuar drenajes, se debe buscar pastos que se adapten a estas condiciones.

Delorenzo (2014) indica que en Chile hay ejemplos de suelos que son poco profundos, con altos tenores de materia orgánica y con una capa pedregosa a escasa profundidad, fueron formados por acción volcánica y son jóvenes y frágiles. Hoy se sabe que, al drenarlos lo que se hizo fue incorporar O₂ generando un “quemado” u oxidación violenta de la materia orgánica y una pérdida final de volumen total de suelo. Hoy pensamos que, al drenar este tipo de suelo, es necesario hacer exclusas y controlar la salida del agua hasta el punto que no se deshidrate en su totalidad, de manera de mantener ciertas condiciones formacionales de ese tipo de suelos.

Especie forrajera

La producción depende de las características intrínsecas de la especie y/o variedad de pasto.

Una buena planta forrajera, debe tener las siguientes características:

- Adaptación al piso climático.
- Elevada y uniforme producción de forraje durante todo el año (sostener una carga animal óptima de 3 UB/ha).
- Tolerancia a plagas y enfermedades.
- Alto valor nutritivo, buena digestibilidad y palatabilidad.
- Soportar el pisoteo del ganado.
- Facilidad de propagación.
- Carencia de principios tóxicos.
- Precocidad. Cuanto más rápido sea el crecimiento de la forrajera, producirá más número de cortes al año y la productividad será mayor.
- Competitividad de crecimiento, para poder sostenerse en la lucha por la vida. No debe confundirse con carácter invasor, como es el caso del kikuyo o el pasto bermuda.
- Alta relación hojas-tallos. Debe producir más sustancias tiernas que duras, sin presentar elementos filosos o cortantes.

En clima tropical, se hace énfasis en:

- Adaptación a suelos con pH muy ácido, niveles tóxicos Al, Fe y Mn y, pobres en calcio y fósforo.
- Tolerancia a plagas y enfermedades.
- Persistencia en condiciones adversas, por ejemplo excesiva humedad en un parte del año y extremada sequía en otra.
- Buena competitividad con las malezas.

Factores bióticos

Factores bióticos refiere a todos los seres que disponen de vida: microorganismos benéficos, microorganismos perjudiciales, microfauna, plagas, enfermedades, adventicias y los animales; Delorenzo (2014) recuerda que el principal factor biótico es el hombre con sus decisiones.

Microorganismos benéficos

- Bacterias y hongos. Transforman la materia orgánica del suelo produciendo en una primera etapa mineralización, pero al continuar el proceso, la acción continuada de los microorganismos produce humus.
- Bacterias (*Rhizobium* y *Bradyrhizobium*) fijadoras de nitrógeno. La gran mayoría de leguminosas viven en simbiosis (asociación de organismos diferentes en la que los dos sacan provecho) con bacterias fijadoras de nitrógeno conocidas como rizobios (del idioma griego riza = raíz y bios = vida). El simbiote guiado por una glicoproteína, penetra a través de las células epidérmicas y corticales y se aloja en los tejidos vasculares de la raíz, dando lugar a la formación de pequeños tumores o “nódulos”. Según Sierra (2002), este género se subdivide en dos grupos, dependiendo de la tasa de crecimiento, la producción de acidez o alcalinidad en medio de cultivo levadura-manito, la disposición de los flagelos, la composición de la base del ADN y los géneros de plantas hospedantes con las cuales establecen simbiosis.
 - *Rhizobium* bacterias de crecimiento rápido, que producen acidez en el medio de cultivo.
 - *Bradyrhizobium* bacterias de crecimiento lento, que producen alcalinidad en el medio de cultivo.

Los rizobios se alimentan de las sustancias azucaradas que la leguminosa produce en abundancia por fotosíntesis y son capaces de fijar por quimosín-

tesis el N_2 libre del aire del suelo, formando sustancias proteicas diversas que aprovecha también la planta, la enzima nitrogenasa que cataliza la reducción de N_2 a NH_3 , se localiza en el interior de los rizobios; ambos organismos se benefician, la leguminosa puede prescindir del nitrógeno combinado del suelo ya que recibe de la bacteria y, la bacteria en cambio recibe abundantes hidratos de carbono rápidamente asimilables que, viviendo libremente en el suelo no tendrían a disposición por la competencia de otros numerosos microorganismos saprofitos. Viviendo en simbiosis, ambos organismos se multiplican abundantemente, aún en lugares estériles, en suelos pobres en nitrógeno y en materia orgánica, donde otros vegetales mal pueden competir con ellos y donde separadamente, cada uno llevaría una vida difícil o morirían.

El nitrógeno fijado es empleado por la leguminosa para su propio crecimiento y posteriormente enriquece el suelo por medio de la incorporación de material vegetal residuo de la defoliación y del pisoteo durante el pastoreo. Al morir y descomponerse los nódulos, se libera el nitrógeno retenido que queda disponible para la gramínea. Como la vida de los nódulos es limitada a algunas semanas, hay un proceso continuo de aporte de nitrógeno al suelo. En zonas tropicales, la degradación de los nódulos luego de 8-12 semanas de su formación. En condiciones de la región interandina, se ha podido observar que las leguminosas comienzan a fijar nitrógeno a partir del tercer corte o pastoreo, es decir, aproximadamente a los cinco meses de la siembra del potrero.

- Micorrizas. Se considera que el 90% de especies vegetales entre los que se encuentran cultivos agrícolas, frutales, plantas ornamentales, pastos y árboles (acacias, casuarinas, aliso, eucalipto, cedro, nogal, pino, tilo, etc.) viven en simbiosis con una gran cantidad hongos del suelo. Las hifas de los hongos y las raíces forman una red que se extiende por el suelo y ayudan a la planta a:
 - Fijar nitrógeno.
 - Explorar los nutrientes del suelo que se hallan fuera de su alcance.
 - Mejorar la absorción de elementos pocos móviles como fósforo (solubilizándolo), potasio, calcio, cobre, zinc.
 - Reducir (por antagonismo o competencia) muchos patógenos de las raíces.
 - Dar mayor resistencia a la sequía.
 - Contribuir a la formación de la estructura del suelo.
 - Producir reguladores del crecimiento de las plantas (auxinas, citoquininas y giberelinas) que contribuyen a incrementar el crecimiento de la raíz.

El hongo por su parte, recibe de la planta carbohidratos provenientes de la fotosíntesis, básicamente almidón. Actualmente es posible inocular hongos micorrícicos, los pastos y los cultivos forrajeros pueden beneficiarse de esta asociación contribuyendo a la producción sostenible.

- *Trichoderma harzianum*. Protegen a las raíces de hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium*, optimizan el crecimiento radicular aumentando la capacidad de captura de nutrientes y agua e incrementan el rendimiento del cultivo y ayudan a mineralizar ciertos nutrientes y lo ponen disponibles para la planta.
- *Pseudomonas fluorescens*. Estos bacilos inhiben los hongos patógenos, tienen capacidad solubilizadora del fósforo orgánico e inorgánico del suelo y producen fitohormonas que inducen a un gran desarrollo radicular. Esta alta capacidad solubilizadora es llevada adelante a través de diferentes estrategias según se trate del fósforo orgánico o del fósforo inorgánico del suelo. En el primer caso (fósforo orgánico) las bacterias generan enzimas del tipo fosfatasa que hidrolizan los enlaces orgánicos fosfatados liberando aniones fosfato a la solución del suelo de donde los microorganismos y las raíces de las plantas se nutren. En el caso del fósforo inorgánico su solubilización es lograda por las bacterias a través de la producción de ácidos orgánicos como el ácido glucónico que libera fosfatos y cationes de Ca^{++} , Fe^{++} y Al^{++} a la solución del suelo (González, 2008).
- Hongos endófitos (*Neotyphodium*). Gundel (2008) indica que las gramíneas forrajeras (*Lolium*, *Festuca* y *Brachiaria*) se asocian simbióticamente con hongos endófitos del género *Neotyphodium*. Los hongos endófitos crecen en los espacios intercelulares de la parte aérea de los tejidos vivos de las plantas, produciendo infección sistémica y asintomática (no provoca daños), y solo se transmiten a través de los macollos y de las semillas. Los hongos se nutren de sustancias que liberan las células de las plantas, como contrapartida, las plantas obtienen resistencia, por ejemplo al ataque de insectos a través de insecticidas naturales (alcaloide peramina) elaboradas por los endófitos. Además las plantas infectadas presentan una mayor tasa de crecimiento y mayor persistencia, a causa de ser más tolerantes al estrés ambiental en general. Las plantas infectadas producen 55% más de macollos y 21% más de semillas, las semillas infectadas muestran 80% más de viabilidad respecto a las no-infectadas; y en condiciones naturales, las infectadas son menos degradadas, la implantación puede ser mejorada en un 20% ya que aumenta la tolerancia a la sequía, metales pesados, plagas y pastoreo.

Existe el endófito *Endosafe* que es un tipo de hongo que no tiene alcaloides que afecten la productividad animal, pero que protege a los pastos de las plagas y permiten una mejor tolerancia a la sequía (Demagnet, 2005).

Microorganismos perjudiciales

Los hongos *Pythium*, *Rhizoctonia*, y *Fusarium*, causan enfermedades como el “damping-off” de pre y pos-emergencia. El damping-off de preemergencia se caracteriza por la pudrición de las semillas, las cuales se ablandan, se cargan de agua y por lo tanto las raíces no llegan a emerger, en la post-emergencia el patógeno ataca a los tallos jóvenes ocasionando la caída y muerte de la planta.

Los raigrases pueden ser atacados por el hongo *Gleotonia temulenta* causando la enfermedad llamada “semilla ciega”.

Microfauna

Las lombrices y escarabajos del suelo ayudan a la transformación de la materia orgánica y mejoran la circulación de aire y agua en el suelo. Las larvas de los escarabajos, cuando su población es muy abundante se comen las raíces de los pastos, transformándose en plaga.

Adventicias

Cuando en el suelo existen semillas de adventicias útiles, pero también de malezas, éstas germinarán junto o más pronto que los pastos, por ello es necesario establecer potreros en terrenos lo más “limpios” posibles.

Animales

Los animales de pastoreo (con su manera de tomar el alimento, forma de las pezuñas, peso corporal y forma de eliminar las excretas) constituyen un importante factor biótico relacionado con la producción y vida útil del potrero. Este tema se analiza de manera extensa, en el Capítulo Manejo del Pastoreo.

Factores de manejo

Bernal (2008) señala que manejo en términos amplios, es el conjunto de todas aquellas prácticas que se realizan en un cultivo de pastos para obtener una mayor producción de forraje de superior calidad y consecuentemente una más alta producción animal. Pero manejo también comprende el tipo

de pastoreo, la forma de utilización del forraje, etc. En otras palabras manejo comprende tanto el componente agronómico (Manejo de pasturas) como el componente animal (Manejo del pastoreo). Estas temáticas, se discuten ampliamente en este texto, en los capítulos que llevan el mismo nombre.

Factores culturales

Es evidente que nuestro país tiene falencias en capacitación a todo nivel (nivel directivo y operativo): propietarios, técnicos, administradores y trabajadores (operadores) de los sistemas de producción. También existen fallas en los procesos de investigación y transferencia de tecnología. Todo esto limita el desarrollo del sector pecuario, por lo tanto, es urgente formar talento humano en todos los niveles, con la finalidad de conseguir una mayor eficiencia con menor costo operativo.

Al analizar los resultados del III Censo Nacional Agropecuario (INEC, 2000), podemos ver que la falta de resultados productivos en el sector agropecuario se explican por:

- La educación de los productores: el 22,5% no tiene ningún nivel de educación aprobado; el 65,3% tiene sólo educación primaria; y, apenas el 12,2% tiene un nivel de educación de segundo y tercer nivel (no necesariamente en el área agrícola).
- Apoyo técnico: el 93,2% de los productores (sobre todo el pequeño productor) no cuentan con apoyo técnico, por lo que su producción se destina al mercado interno o al autoconsumo.

Comparando la realidad nacional en cuanto a la situación del sector agropecuario de los años 80 (Benítez, 1980) con el panorama del año 2002 y la situación del 2018, observamos que los cambios son mínimos.

Factores económicos

La falta de políticas gubernamentales de apoyo al sector agropecuario y de facilidades crediticias (como existen en países desarrollados) son limitantes poderosas para el mejoramiento tecnológico del sector pecuario, en nuestro caso específico, para el mejoramiento de pastizales y de la ganadería en general.

CAPÍTULO III

Establecimiento de pasturas

El establecimiento de las pasturas debe planificarse con suficiente anticipación, de esta manera se podrán desarrollar las diversas actividades en forma secuencial, ordenada y a tiempo, reduciendo riesgos y asegurando el éxito de cada parte y así de todo el proceso de siembra y manejo. Esta planificación es necesaria no solamente por razones técnicas y logísticas, sino porque es una actividad de costos elevados.

Por otra parte, las pasturas pueden establecerse mediante: labranza convencional, labranza mínima o labranza cero. Cualquiera de los sistemas tiene principios comunes y que son la clave del éxito.

Las principales actividades a tener en cuenta para el establecimiento de pasturas, son:

- Identificar el requerimiento
- Reconocimiento del terreno
- Análisis de suelo
- Selección de la especie forrajera
 - Calidad de la semilla
 - Manejo de las semillas de leguminosas
- Preparación del suelo
- Aplicación de enmiendas y fertilización
- Siembra
 - Siembra con semilla sexual
 - Siembra con material vegetativo
 - Siembra asociada
 - Mezclas forrajeras
- Riego
- Primeros pastoreos

Es necesario aclarar que hay diferencias en el establecimiento de pasturas en la sierra y en el trópico ecuatoriano: en la sierra las siembras, rehabilitaciones y renovaciones, se realizan con más frecuencia por la menor persistencia de las especies, para la siembra se utiliza semilla sexual. En clima tropical los potreros duran muchos años (20 o más) y se establecen principalmente con material vegetativo, aun cuando también se utiliza semilla.

Identificar el requerimiento

Delorenzo (2014) menciona que una nueva pastura debe tener un fin, un objetivo específico y que debe estar acorde con la o las categorías de animales que requieren de este nuevo alimento. De esta manera es más fácil identificar el sitio que requiere ser intervenido en la finca.

Reconocimiento del terreno

Se debe constatar el entorno ecológico de la finca, determinar los recursos con que se cuenta y los limitantes de producción, analizar las posibilidades de uso y manejo del suelo, disponibilidad de agua de riego, observar las especies forrajeras existentes y las que se podrían introducir, tamaño del área a sembrar, etc. Con esta información planificar la ejecución de actividades específicas como diseño de los potreros ubicando en un plano o croquis los caminos, las fuentes de agua para el ganado, las puertas de los potreros, construcción de reservorios, sistemas de riego, drenaje, trazado de curvas de nivel, finalmente las técnicas de siembra, prever maquinaria agrícola, disponibilidad de semillas, fertilizantes y otros insumos, etc.

Es ideal hacer un ejercicio rápido de Planificación Estratégica para el tema de instalación de pasturas, pero también del negocio ganadero en general, determinando la Visión, la Misión, el FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de la empresa, a fin de tener claro la estrategia organizacional que dinamice e impulse la organización y se defina claramente las actividades que se deben priorizar.

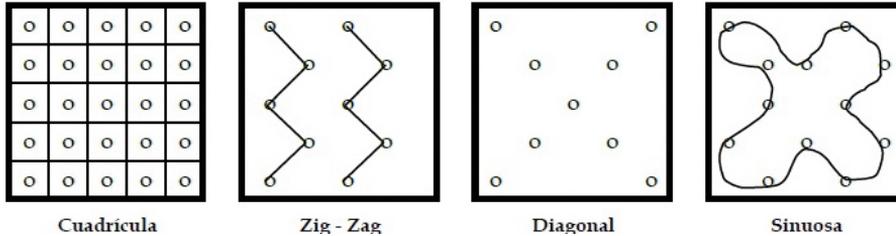
Análisis de suelo

El objetivo es conocer la capacidad del suelo para suministrar nutrientes a la planta y con base en una adecuada interpretación, se pueden diagnosticar las deficiencias y/o toxicidades; por lo tanto, se considera un paso esencial para la formulación de recomendaciones de manejo, tendientes a aplicar los niveles óptimos de correctivos y de nutrientes en la pastura.

La muestra de suelo enviada al laboratorio, debe ser representativa de las condiciones del terreno donde se va a sembrar, o de la pastura a fertilizar. Para obtener un buen diagnóstico de la fertilidad del terreno, se debe tener en cuenta:

- Dividir el predio en áreas homogéneas de acuerdo a la aptitud de uso del suelo (topografía del terreno, disponibilidad de riego, nivel de fertilidad, textura, tipo de pastos).
- Excluir áreas no representativas, como áreas cercanas a bebederos, saladeros, puerta de potreros, acequias, sitios donde se ha depositado residuos orgánicos, estiércol, cal o fertilizantes y en áreas pantanosas.
- No muestrear el suelo dentro de los tres meses de haber aplicado fertilizantes o correctores de pH.
- Época recomendada para el muestreo. El muestreo se debe hacer en la época seca, lo que permite la aplicación e incorporación de correctivos durante la época de lluvias.
- Frecuencia: se recomienda hacerlo cada 2 o 3 años.
- Materiales requeridos para recolectar las muestras. Una pala recta o un barreno, un balde plástico para recolectar y mezclar submuestras, bolsas plásticas para empacar las muestras, marcadores de tinta permanente o etiquetas para identificación de las muestras.
- Toma de la muestra. En general, para la siembra de la mayoría de las especies forrajeras se sugiere una profundidad de muestreo de 0-20 cm (en mantenimiento de potreros 0-7,5 cm).
- Con la pala se limpia la vegetación o residuos frescos de materia orgánica de la superficie del suelo y luego se cava un hueco en forma de “V” a la profundidad de muestreo sugerida y a continuación se corta una tajada de 2-3 cm de grueso en una de las paredes del hueco y se utiliza una faja de 3-5 cm de ancho en el centro de la tajada, descartando los extremos. Esta faja corresponde a una submuestra y se deposita en un balde plástico limpio.
- Representatividad de la muestra. En cada lote con características homogéneas se toman alrededor de 4-5 submuestras por hectárea, teniendo en cuenta que sean representativas del área en estudio. Para ello, las submuestras se deben tomar al azar, trazando líneas imaginarias en X o zigzag dentro del lote, sobre las cuales se muestrea a determinada distancia o número de pasos.
- Las submuestras se mezclan homogéneamente en el balde y se toma una porción de muestra compuesta (500 g) para su envío al laboratorio.

Figura 3.1
Tipos de muestreos de suelo



Fuente: Olivarum, 2018

Empaque e identificación de las muestras. Las muestras se empaquetan en bolsas plásticas nuevas y limpias. Las bolsas plásticas se marcan con el número del lote y el nombre de la propiedad. En formatos suministrados por el laboratorio o en una hoja adjunta se debe consignar la información anterior, al igual que el nombre del propietario, datos de la localidad, pasto o cultivo a sembrar, topografía y el tipo de análisis solicitado.

Solicitud de análisis. Existen varios tipos de análisis que pueden ser solicitados al laboratorio; sin embargo, desde el punto de vista práctico y para obtener información adecuada sobre el estado de fertilidad de un suelo para el establecimiento o para mantener la productividad de las praderas, se debe solicitar un análisis físico y químico básico de: textura (análisis físico) y pH, materia orgánica (nitrógeno), fósforo disponible, bases intercambiables (calcio, potasio, azufre, magnesio, sodio, hidrógeno), y capacidad de intercambio de cationes (CIC). Microelementos: boro, cobre, manganeso, zinc, hierro y selenio (análisis químico). Delorenzo (2014) aconseja que una vez en la vida de la finca se debe conocer el contenido de aluminio extractable del suelo.

En general, se recomienda contar con la asesoría de un especialista en la interpretación de los resultados del análisis de suelos y en la formulación de las recomendaciones de fertilización de las pasturas.

Selección de la especie forrajera

Lo fundamental es escoger correctamente, el pasto tomando en cuenta:

- Las características climáticas del lugar.
- Tipo de suelo.
- Topografía.
- Propósito productivo (uso del potrero y duración del mismo).
- Riesgo de provocar torzón.

Semilla

Existen dos tipos de semilla: semilla botánica y material vegetativo.

- Semilla botánica: en gramíneas es el fruto seco que contiene el óvulo fecundado y maduro. Las gramíneas forrajeras tropicales como *Panicum* y *Braquiarias* tienen semilla apomíctica es decir semilla asexual proveniente de la formación de embriones viables por división mitótica de la placenta de la célula madre, el polen es infértil por lo que no hay fecundación, al no haber cruce de gametos las plantas son idénticas a los progenitores.
- Material vegetativo: está compuesto por partes de planta (cepas, tallos, estolones) que contienen yemas y al ser colocadas en el suelo dan origen a una nueva planta igual a la planta madre. Muy utilizada en algunos pastos tropicales (king grass, elefante, mar alfalfa, miel, etc.).

CALIDAD DE LA SEMILLA

Es de importancia primordial; las buenas semillas tienen un precio más alto por kilogramo, que las comunes, pero es más económico por hectárea, si se tiene en cuenta los mejores resultados que se obtiene con las mismas. Son muy frecuentes las pérdidas de tiempo y dinero por la baja calidad de la semilla empleada en la siembra, por tal motivo se debe utilizar siempre semillas “certificadas”. La semilla certificada implica que un organismo gubernamental (en nuestro país o en el país de origen) controla y garantiza la pureza varietal y física, la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria de las semillas que se producen o importan al país, lo cual se reflejará en una elevada y vigorosa germinación e implantación en el terreno. Estas garantías con la fecha de la prueba o “test” constan en la etiqueta que viene adjunta (cosida) al envase de la semilla.

Al utilizar semilla certificada, usted se está asegurando que el material adquirido reúne las características por las cuales fue escogida. No existe otra forma de que el agricultor esté realmente seguro de sembrar el material que representa sus requerimientos, si no es a través de la certificación de las simientes. De manera que cada vez que la decisión es utilizar materiales de procedencia sin registros, se está atentando contra el principio básico del establecimiento de su nueva pastura (Delorenzo, 2014).

CANTIDAD DE SEMILLA

La cantidad de semilla a sembrar, está relacionada con el número de plantas por unidad de superficie, por ejemplo, en raigrás perenne la meta es

obtener 400 plantas/m². Como norma general hay que conocer cuántas semillas contiene un kilogramo y la cantidad aproximada de la misma a sembrar; los manuales de plantas forrajeras suelen indicar la cantidad de “semilla viable” hectárea. Para conocer la semilla viable es necesario conocer la pureza y el poder germinativo de la semilla, estos datos son parte del proceso antes mencionado de certificación de la semilla.

PUREZA

La pureza de las semillas certificadas es 99.9%. En semillas artesanales, la pureza generalmente es deficiente.

Hay dos clases de purezas:

- Pureza física, se refiere a que las semillas deben estar libres de sustancias inertes (paja, glumas vacías, semillas quebradas, arena, tierra, etc.
- Pureza varietal, las semillas no deben tener mezcla con semillas de otras variedades o malezas. Ciertas cantidades de semillas de malezas en simientes forrajeras pueden ser de pequeña importancia cuando se trata de especies anuales que no causan daños y que de todas maneras son comunes en el terreno, en cambio, cantidades muy limitadas de otras especies pueden ser peligrosas para los pastos a establecerse, como en el caso de las rizomatosas de difícil erradicación, por lo que hay que evitar su diseminación.

Uno de los tratamientos que reciben las semillas certificadas es la limpieza de todas las impurezas por medios mecánicos y utilizando la diferencia de tamaño (zarandas), peso (mesas densimétricas, aire), y color (sensor fotoeléctrico).

GERMINACIÓN

Para germinar una semilla necesita estar fisiológicamente madura y tal estado puede ser alcanzado antes o después de la madurez agrícola. Condición previa de la germinación es una absorción adecuada de agua que ocasione la dilatación de los coloides del plasma y por consiguiente de su facultad reactiva. Se requiere además, de cierta temperatura ambiental, luz y/o oscuridad y ventilación. La germinación está influida además por la sanidad de la semilla.

En la germinación, las sustancias de reserva de la semilla se desdoblan transformándose en productos solubles que alimentarán al nuevo ser. La absorción del agua induce al embrión a producir ácido giberélico y este a su vez a la formación de enzimas. La amilasa, las diastasas o enzimas similares con-

vierten el almidón, la celulosa y los hidratos de carbono en dextrina o glucosa. Las grasas y aceites se oxidan transformándose en ácidos grasos y glicerol y, las sustancias proteicas insolubles se convierten en aminoácidos. Por lo explicado, una buena germinación está respaldada por el peso de la semilla.

Normalmente, las semillas germinan en el primer año de su madurez, y durante dicho lapso su poder germinativo alcanza su valor óptimo. Sin embargo también existen semillas que germinan mejor después de algunos meses e incluso años de latencia. Una semilla latente es una semilla que está viva pero no germina bajo ciertas condiciones favorables para otras semillas.

Las causas más comunes de latencia en semillas forrajeras tropicales, son las siguientes:

- Cubiertas duras e impermeables al agua y al oxígeno. Esta causa de latencia se encuentra en casi todos los géneros de leguminosas tropicales como *Leucaena*, *Stylosanthes*, *Macroptilium*, *Pueraria* y en gramíneas como *Paspalum* y *Panicum*, es un mecanismo de supervivencia de las semillas, las que pueden permanecer en el suelo por largo tiempo sin deteriorarse, manteniendo prácticamente detenidos los procesos metabólicos, pueden germinar después de años, cuando el suelo es removido, o existen condiciones favorables para la germinación.
- Inmadurez del embrión. Se presenta en la mayoría de las gramíneas forrajeras tropicales especialmente en las especies *Brachiaria decumbens* y *Panicum maximum*.
- Presencia de inhibidores de la germinación que se originan en el núcleo y que pueden estar almacenadas en el tegumento. Muy común en semillas de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria dictyoneura*, y *B. brizantha* y *Panicum maximum*. Los principales inhibidores de la germinación son las blastocolinas, el ácido absísico y el etileno, y según Meyer, la cumarina y el ácido parasorbico. Álvarez-Racelis y Bagaloyos (1977) refieren también a los ácidos grasos y aniones metálicos.

A medida que se incrementa la germinación, el contenido de ácido giberélico, citocininas y otras sustancias que estimulan el crecimiento se van biosintetizando a nivel de la semilla, mientras que las sustancias inhibidoras disminuyen su presencia.

MÉTODOS DE RUPTURA DEL LETARGO DE LAS SEMILLAS

Los métodos empleados para interrumpir o por lo menos acortar el letargo de algunas semillas de pastos tropicales, son diversos dependiendo de su causa.

Métodos mecánicos: Escarificación por medios mecánicos. Siempre que el letargo esté relacionado con los tegumentos seminales. Se refiere a un lijado o abrasión mecánica, que cause el debilitamiento de los tegumentos de las semillas lo suficiente para hacerlas permeables al agua y acelerar la germinación. Es el caso de *Zornia*, *Desmodium*, *Stylosanthes*, *Leucaena* o *Centrosema*.

Métodos químicos: Escarificación química. En el caso de leguminosas tropicales, brachiarias y alfalfa pueden tratarse con ácido sulfúrico (H_2SO_4) comercial al 40% por 10 a 15 minutos. Podría utilizarse también ácido clorhídrico o ácido nítrico, se consigue digerir o modificar los tegumentos duros e impermeables al agua. El tratamiento con ácido sulfúrico es una exigencia fitosanitaria de algunos países ya que elimina el riesgo de propagación del virus de la fiebre aftosa. El contacto con ácido sulfúrico elimina las glumas y las lemas de las semillas, facilitando la absorción de oxígeno y agua, uniformando la germinación. Sobreviven a la escarificación las semillas vigorosas y bien formadas, son eliminadas las semillas inmaduras. El único inconveniente de las semillas escarificadas con ácido sulfúrico es una vida útil menor en relación a las no escarificadas.

- El nitrato de potasio (KNO_3) al 0,2% utilizado para humedecer el sustrato y como complemento al tratamiento con ácido sulfúrico, estimula la germinación de semillas de *Panicum maximun* y *Brachiaria sp.*
- Ácido giberélico (GA3). El GA3 en concentraciones de 100 y 200 ppm, promueve la acción enzimática que induce la ruptura del almidón y otras sustancias de reserva. Puede aplicarse en semillas intactas o previamente escarificadas. (Alvarez-Racelis, E. y A. Bagaloyos, 1977). También se puede utilizar GA3 al 0,05% para mojar el sustrato de germinación.

Métodos físicos: Calor húmedo. Inmersión de la semilla en agua caliente (75° - 80° C) y dejar la semilla en dicha agua hasta el día siguiente y luego un lavado final con agua fría. Este método da buenos resultados en *Pueraria*, *Leucaena*, *Stylosanthes*, *Centrosema* y *Macroptilium*. Calor seco. En semillas de *B. decumbens* y *B. dictyoneura*, se recomienda el calor seco entre 35 y 50°C por un tiempo de exposición no mayor a 30 minutos.

PRUEBA DE VIABILIDAD

Esta prueba es utilizada en laboratorio para evaluar el estado de lotes de semillas en los Bancos de Germoplasma, nos indica el porcentaje de semillas vivas de una muestra. La prueba consiste en colocar 100 semillas en tetrazolio al 5%, se incuba en cámara oscura a 28 °C durante 12 horas, luego a las semillas se les cortan el embrión longitudinalmente y se observa en un estereoscopio con aumento 10X, si el tetrazolio fue absorbido por las células del embrión las enzimas transforman el

producto incoloro (sal cloruro de 2,3,5-trifenil) a un color rojo, esto significa que el tejido está vivo; si no hay coloración el tejido está muerto. Esta prueba es considerada la más apta a nivel mundial y la que la refleja resultados con mayor rapidez.

Hay que recordar que no siempre las semillas viables germinan, ya que pueden estar en dormancia, situación muy común en pastos tropicales recién cosechados.

Prueba de germinación

El poder germinativo está dado por el porcentaje de semillas que germinan en determinado espacio de tiempo; como germinador normalmente se puede utilizar un plato o caja Petri en la cual se pone una capa de papel toalla, sobre esta toalla se ponen 50 o 100 semillas de una muestra representativa; la semilla se tapa con otra toalla húmeda, y finalmente se tapa con otro plato. Diariamente se debe controlar que el papel esté húmedo pero sin exceso, la temperatura ideal es 18° a 25 °C después de un lapso de tiempo que varía con la especie botánica (se indica más adelante) se cuentan las semillas brotadas y se establece el porcentaje.

También se puede sumergir las semillas en agua durante 8-12 horas, luego se las lava (para eliminar los inhibidores de crecimiento) y se pone en las bandejas en un lugar sin luz durante 24 horas para favorecer la germinación (técnica derivada del forraje hidropónico).

En todo caso, la mejor prueba de capacidad de emergencia, es realizar la prueba de germinación directamente en el campo, así se obtendrán datos reales. También se pueden emplear bandejas con un substrato de arena y suelo mezclados en relación de 2:1, se desinfecta el suelo y las semillas se siembran en surcos, tapándolas a una profundidad máxima equivalente a dos veces el diámetro de la semilla. El substrato debe permanecer húmedo mientras dure la prueba. Como medida de seguridad las bandejas deben estar bajo techo, para evitar daños por lluvia, aves, etc.

Para la mayoría de las semillas, los ensayos de germinación se dan por terminados entre los 7 y 10 días, la festuca a los 14 días, el pasto azul a los 21 días, pero ciertas semillas de forrajeras (poas) y de árboles deben prolongarse durante 20 a 28 días. La semilla de matarratón germina el 85% a los 8 días, la de leucaena el 95% en 10-12 días. En pastos tropicales, las pruebas de germinación se evalúan a los 7, 14, 21 y 28 días.

Un poder germinativo deficiente puede deberse a causas como la edad, almacenamiento inadecuado, enfermedades, latencia, semillas duras, etc.

Hay especies que pierden muy pronto el poder germinativo, entre ellas se encuentran el pasto azul, el timote, el trébol blanco, el trébol rojo, el dallis, entre otros. En el caso del aliso la semilla debe sembrarse al día siguiente de cosechada, pues en 8 días el porcentaje de germinación baja a cero.

Una manera de reconocer el estado de conservación de las semillas de leguminosas es su brillo y color; las semillas de trébol blanco son de coloraciones amarillas recién cosechadas, el trébol rojo verde aceituna y algunas de color violeta, la alfalfa verde oliva; conforme envejecen pierden brillo, cambian de color y se tornan café.

Por el contrario, otras semillas deben guardar un período de reposo antes de la siembra en el caso del gordura tres meses, del guinea cinco meses y de la braquiaria siete meses; como ya se explicó anteriormente, estas semillas tienen embrión inmaduro, una cubierta muy dura e impermeable al agua e inhibidores de germinación.

ENERGÍA GERMINATIVA

Se refiere al vigor con que las semillas germinan, va ligado al concepto tiempo, es decir la velocidad de germinación. La prueba de germinación (facultad germinativa) indica el total de semillas germinadas, pero en la práctica a nivel de campo las semillas que van a germinar y establecerse son las que tienen mayor vitalidad, poder o energía germinativa; este valor guarda proporcionalidad con el número de plantas establecidas. Las semillas que en laboratorio tengan una germinación lenta, probablemente a nivel de campo no llegarán a producir una planta.

Para medir la energía germinativa, se recurre al porcentaje de semillas germinadas en un plazo corto de tiempo constituido por los primeros días de la prueba de germinación, de esta manera si la prueba completa dura 21 días, la energía germinativa se determinaría a los primeros siete días (un tercio del tiempo). En el caso de cereales menores, la avena, cebada y maíz se evalúa a los tres días (72 horas), de trigo a los cuatro días y de alfalfa a los cinco días. El porcentaje de germinación a estos días, es un indicativo de la germinación que se tendrá en el campo.

También se puede ir registrando diariamente la germinación e ir graficando en coordenadas, de esta manera se observará la tendencia; en una buena semilla en los primeros días la germinación será rápida y la curva ascendente, luego la curva decaerá. La energía germinativa se refleja en la primera parte, este es el valor que tenemos que tomar en cuenta para valorar el estado de la semilla y su valor cultural que utilizaremos para ajustar la cantidad de semilla a sembrar.

La prueba de germinación debe hacerse no más de tres meses antes de la siembra. Para mayor seguridad, es aconsejable repetir poco antes de utilizar la simiente.

Todo este engorroso y delicado proceso es parte de lo que se denomina semilla certificada y por esta razón uno debe estar dispuesto a cancelar el justo valor de una simiente que está etiquetada y muestra con legalidad todos sus aspectos que le confieren su valor (Delorenzo, 2014).

INCRUSTACIÓN

Es el proceso el tratamiento de las semillas con fungicida e insecticida y revestimiento con polímero. Este tratamiento, facilita el manejo de la semilla y disminuye los riesgos al medio ambiente y a los trabajadores. Las semillas tratadas aumentan de peso 1,5 veces del peso original.

VALOR CULTURAL

“Valor cultural” (VC) o “valor real” (VR), es la cantidad de semillas puras en condiciones de germinar. Se conoce el “valor cultural” en base de los porcentajes de pureza y poder germinativo (energía germinativa), y es igual a:

$$VC = P \times G / 100$$

Así, por ejemplo, si un kilogramo de avena tiene el 80% de pureza y el 90% de poder germinativo, el valor cultural o real de la semilla será:

$$VC \text{ de la avena} = 80 \times 90 / 100 = 72\%$$

En una variedad certificada de raigrás los estándares mínimos, son (Delorenzo, 2014):

$$P = 99\%, G = 90 \%$$

$$VC \text{ del raigrás} = 98 \times 90 / 100 = 89 \%$$

Significa que de cada 100 kg de semilla de avena, 72 kg están en condiciones de germinar y, en el caso de raigrás 89 kg.

DENSIDAD DE SIEMBRA

Se conoce también como cantidad de semilla a sembrar. Si la recomendación para la avena es sembrar 120 kg / ha (para forraje), en la práctica se corrige a:

$$\text{Densidad de siembra} = \text{kg de semilla recomendados} / VC \times 100$$

Densidad de siembra de la avena = $120/72 \times 100 = 167$ kg de semilla/ha

En el ejemplo del raigrás perenne cuya recomendación de densidad de siembra es 30 kg/ha (en siembra al voleo):

Densidad de siembra corregida del raigrás = $30 \times 100/88 = 34$ kg de semilla/ha.

PLANTA ESTABLECIDA

Hay quienes utilizan el concepto de “planta establecida” es decir, realizar la prueba de germinación directamente en el terreno (una pequeña parcela o una caja con tierra) y determinar el número de plantas que se implantan definitivamente y en base a este porcentaje ajustar la cantidad de semilla a sembrar. Se considera planta establecida, lograda o implantada, cuando las plántulas de las gramíneas tienen dos hojas verdaderas y de las leguminosas una hoja verdadera (en trébol una hoja trifoliada) y raíces verdaderas. El establecimiento de una pastura se define cuando las plantas pasan de plántula a planta lograda.

Este concepto es útil también para evaluar la siembra, pues al realizar la inspección post siembra, lo ideal es:

- En la alfalfa, obtener a los 90 días de la siembra 300 plantas/m², de las cuales, lo ideal es llegar a tener establecidas al finalizar el primer año 150 plantas/m².
- En los raigrases tener inicialmente (a los 45 días) 400-500 plantas/m², luego en un potrero establecido 300 plantas/m².
- En avena, 180 plantas/m².
- En las *Brachiarias* sp. se considera suficiente, 6-8 plantas / m².

En todo caso, el objetivo de la siembra es conseguir un número adecuado de plantas que garanticen una adecuada cobertura del suelo.

Se debe aclarar que el éxito del establecimiento del potrero depende de múltiples factores: manejo y preparación del suelo, selección y comportamiento de la semilla, densidad, profundidad y tapado apropiado de siembra, temperatura y humedad durante el proceso de germinación, manejo de las enmiendas y abono a la siembra, patógenos del suelo (*dampig off*), presión de malezas durante la emergencia, problemas medioambientales, hormigas (en la costa y oriente), etc. por lo tanto el ganadero y el técnico deben manejar esta actividad sin descuidar ningún detalle, para promover la mejor emergencia posible.

Para Paladines (2011) los pastos tienen diferente facilidad de establecimiento, es decir que los pastos germinan y se establecen en una pradera con diferente velocidad como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 3.1
Facilidad de establecimiento

Especie	Facilidad de establecimiento Escala: Fácil=1, Difícil=5
Rye grass anual y perenne	1
Pasto azul	2
Festuca Alta	4
Bromo	3
Trébol Blanco	2 - 3
Alfalfa	3
Lotus	5

Fuente: Paladines, 2011

MANEJO DE LAS SEMILLAS DE LEGUMINOSAS

Como se explicó en el acápite de Germinación existen varias especies forrajeras, especialmente leguminosas tropicales como *Centrocema*, *Leucaena*, *Macroptilium*, *Pueraria* y *Stylosanthes*, que tienen semillas con cubiertas duras e impermeables al agua y al oxígeno, por lo que es necesario romper su latencia mediante la escarificación por medio mecánicos o el calor húmedo. Luego de este tratamiento, la siguiente práctica indispensable es la inoculación con el rizobio específico, tomando en cuenta ciertas particularidades.

Por otra parte, las leguminosas tropicales son tolerantes a pH ácidos como es el caso el *Stylosanthes guyanensis* (alfalfa tropical) produce nodulaciones en estas condiciones de suelo. Por otra parte la temperatura óptima para el desarrollo de los rizobios de leguminosas tropicales es alrededor de los 30°C. por estas razones, las leguminosas tropicales pueden ser tan eficientes como las de zona templada para fijar N de la atmósfera.

Del total de nitrógeno que contiene una leguminosa nodulada, las 2/3 partes provienen del aire que hay en los poros del suelo (fijación simbiótica) y el 1/3 restante de la propia mineralización del suelo. En la tabla 3.2, se detalla las cantidades de nitrógeno fijadas por distintas asociaciones de leguminosa-rizobio.

Tabla 3.2
Promedio de nitrógeno fijado

Especie	kg/ha/año
Trébol blanco	200
Pastura con 30-40% de trébol blanco	180-200
Pastura con 20% de trébol blanco	106
Alfalfa	186
Trébol rojo	132
Meliloto blanco	125
Trébol de carretilla	107
Lenteja	103
Soya	101
Vicia	82
Arveja	69
Maní	42
Centrosema	280
Alfalfa tropical	84-290
Desmodio	264-300
Pega-pega	178
Leucaena	400-500

Fuente: Urzúa, 2007

La presencia de leghemoglobina (proteína responsable del color rojo de la sangre) en los nódulos es necesaria para la fijación de N. Los nódulos con pigmento rojizo (rosados) son efectivos, los blancos están en crecimiento y los verdes son indicio de que no fijan N o el tejido ha envejecido. Además de la coloración se debe fijarse en el número (abundancia) y la distribución de los nódulos.

Según Bernal (2003), no todas las leguminosas nodulan, así por ejemplo del 65% de las cesalpináceas no nodulan.

Por otra parte, hay que recordar que, como ya se comentó en Factores Bióticos (Capítulo II, Factores que Influyen en el Establecimiento y Manejo de Pasturas) en la naturaleza no solo los *Rhizobium* fijan nitrógeno, sino también los hongos micorríticos.

PREPARACIÓN DEL INOCULANTE

Los laboratorios de microbiología preparan el inoculante de la siguiente manera: aíslan rizobios de los nódulos y los cultivan en medios líquidos (caldo

nutriente); el caldo bacteriano puro se inyecta en turba estéril (50 mL en 100 g) y este material se incuba a 28 °C durante una semana. Este inoculante se envasa en recipientes que mantienen la humedad y protegen a las bacterias de la luz.

No es posible obtener nódulos con bacterias de cualquier procedencia, por ejemplo, no se puede inocular eficazmente chocho con el organismo de la arveja y viceversa; llegándose a reconocer la existencia de razas fisiológicas dentro del género *Rhizobium*, especializadas en “grupos de huéspedes” de posición sistemática generalmente vecinas. Las bacterias que viven en el representante del grupo, pueden vivir igualmente bien o casi bien sobre todos los demás del mismo grupo, pero no sobre los del otro. Excepción a esta característica es el siratro, especie que nodula con casi todos los rizobios (Tabla 3.3).

Tabla 3.3.
Grupos de huéspedes

Grupo	Especie	Hospedantes
Crecimiento rápido	<i>Rhizobium meliloti</i>	<i>Medicago, Melilotus, Trigonella.</i>
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	
	Biovariedad trifolii	<i>Trifolium.</i>
	Biovariedad phaseoli	<i>Phaseolus</i>
	Biovariedad viceae	<i>Pisum, Lathyrus, Lens, Vicia,</i>
	<i>Rhizobium loti</i>	<i>Lupinus, Lotus, Anthyllis, Ornithopus, Leucaena.</i>
Crecimiento lento	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	<i>Glycine max</i>
	<i>Bradyrhizobium</i> sp. (<i>Vigna</i>)	<i>Vigna</i>
	<i>Bradyrhizobium</i> sp. (<i>Lupinus</i>)	<i>Lupinus, Lotus pedunculatus</i>

Fuente: Posada, 2005

INOCULACIÓN DE LA SEMILLA

Inocular es introducir un microorganismo en un medio para favorecer su desarrollo. En este caso, los rizobios a la leguminosa.

El procedimiento de inoculación es el siguiente: momentos antes de la siembra, se moja ligeramente la semilla con leche, suero, o agua azucarada al 20% como medios de adherencia, a continuación se esparce el inoculante en polvo, aproximadamente 50 g/kg de semilla; otra modalidad es mojar las semillas con un caldo de 180 g de gelatina más 4-5 litros de agua, donde se haya mezclado el inoculante, luego se mezcla bien con la semilla y se deja secar a la sombra. Esta semilla inoculada debe usarse inmediatamente ya que los rayos del sol matan a las bacterias pero puede ser guardada en un lugar fresco y oscuro como máximo 24 horas.

Para preparar la suspensión debe usarse agua limpia y sin residuos de pesticidas (destilada) y definitivamente evitar el agua químicamente tratada (agua clorada).

No es necesario poner inoculante cuando la leguminosa que se quiere sembrar ya estaba en el campo en un período de cinco años, antes de la siembra. Se debe tener en cuenta que cuando se siembra con semilla inoculada, esta labor debe efectuarse sobre suelo parcialmente húmedo y en días sombreados; si se siembra al voleo, la semilla debe taparse inmediatamente, caso contrario, cuando se siembra sobre suelo seco y con soles intensos, las bacterias mueren “calcinadas”.

También se acostumbra esparcir tierra de viejos cultivos que contienen las bacterias específicas, en el campo o terreno nuevo que se desea cultivar.

La mayoría de los rizobios de clima frío necesitan un pH del suelo entre 6,5 a 7,5 (a pH 4,5 la nodulación se detiene) y la temperatura óptima para el desarrollo de los rizobios de leguminosas templadas está entre los 18 y 25 °C, igualmente a medida que aumenta la luminosidad, la actividad de las bacterias es más eficaz.

El autor peruano Jorge Bernal (2010) recomienda utilizar productos comerciales ya que en estos están constituidos por cepas seleccionadas de suelos de todo el mundo por su alta eficiencia en la actividad simbiótica. En el país no se acostumbra la inoculación debido a la falta de inoculantes en el comercio local, esto posiblemente se deba a que se trata de un producto biológico de poca duración para el transporte. Según Paladines, la Estación Santa Catalina del INIAP y el Programa de Biotecnología de la ESPOCH, pueden preparar inoculantes, bajo pedido.

La micorrización puede favorecerse, distribuyendo suelo de páramo sobre pasturas empobrecidas. También pueden micorrizarse las plántulas de los árboles en invernadero o las semillas de las especies que se quiere promover esta asociación (gramíneas).

PELETIZACIÓN

El peletizado, pildorado o recubrimiento de la semilla inoculada tiene por finalidad proteger a las bacterias inoculadas de la luz, el calor y la acidez del suelo, consiste en inocular la semilla empleando un medio adherente más fuerte como goma arábica al 40%, a continuación de la inoculación y aprovechando el efecto pegante de la goma se espolvorea carbonato de calcio finamente molido para *Rhizobium* que produce reacción ácida y roca fosfórica para *Bradyrhizobium* que produce reacción alcalina, luego se deja secar a la sombra. En la peletización se pueden también añadir otras sustancias que ayuden a una rápida germinación como hormonas (ácido giberélico), molibdeno, vitaminas, etc., algunas semillas de alfalfa importadas vienen ya inoculadas y peletizadas.

Las semillas peletizadas tienen mayor su peso por lo que hay menos semillas por kilogramo, por lo tanto, la cantidad semilla de siembra deben ser incrementada. En general se recomienda incrementar un 40-50% del peso normalmente considerado, con lo cual se garantizará mantener el número de plantas por hectárea.

Preparación del suelo

Las labores de preparación del terreno para la siembra están encaminadas a lograr: 1) Una cama de raíces profunda y porosa que permita almacenar el máximo de agua útil además de mantener aireadas las raíces. 2) Una cama de semilla, firme y mullida que permita colocar fácilmente las semillas a la misma profundidad, puedan ser tapadas correctamente y se mantenga una humedad apropiada para que complete su proceso de germinación (Delorenzo, 2014).

El tipo de labores (aplicación de herbicida, arado, rastra, rotavator, rodillo) y el número de éstas depende del cultivo anterior, así como del clima y el suelo de la localidad.

Para el cultivo de potreros es necesario utilizar terrenos con la menor cantidad de malezas posible. El kikuyo, las gramas, pajilla en la sierra o el gramalote en la costa u otras malezas, se eliminan con el siguiente procedimiento químico-mecánico-cultural:

- Aplicación de glifosato (Glic, Roundup, Ranger, etc.) en la dosis de 1,8 kg/i.a./ha (1 galón de producto comercial al 48%/ha) sobre el potrero que se quiere renovar, mejor si se lo hace sobre kikuyo joven en fase de rebrote ya que el glifosato es herbicida sistémico. Para mejorar la acción del glifosato es necesario poner en el agua de aspersión coadyuvantes con acción correctora de pH del agua, tensoactiva, humectante y adherente. Una buena elección es utilizar sulfato de amonio en la dosis de 1,25 kg/ha; el sulfato de amonio potencia el efecto del glifosato. La dilución del sulfato de amonio en agua produce iones amonio (NH_4^+) y sulfato (SO_4^-), el sulfato captura e inmoviliza los cationes Ca^{++} y Mg^{++} que inhiben la acción del glifosato y, a su vez, el ion amonio induce a la formación de compuestos glifosato - NH_4^+ , los cuales facilitan la penetración en las plantas que se quieren eliminar y acelera el secado de las malezas; a los 7-10 días las malezas comienzan a amarillarse y se hace una segunda aplicación en los sitios donde quedaron fallas. En el caso de que se quiera acelerar el proceso, 5 días después de la aplicación del glifosato, se aplica un desecante (Diquat o Paraquat), y cinco días más tarde se puede iniciar la preparación del suelo para la siembra.

- Siembra de avena-vicia, 21 días después de la última aplicación del producto, para evitar el efecto residual del herbicida.
- Cosecha de la avena-vicia, 75-90 días de la siembra.
- Luego de la recolección de la avena es necesario aplicar nuevamente el herbicida y se vuelve a repetir el proceso, sembrando nuevamente avena-vicia o *brassicas*, una o dos veces más, luego de esta siembra se aplica nuevamente herbicida, así se elimina el kikuyo o las plántulas del mismo kikuyo provenientes de semillas que nacen posteriormente.
- Siembra de la pastura perenne.

En vez de cultivos forrajeros, una buena opción es realizar cultivos de escarda (papa, brócoli u hortalizas en general), luego de la rotación se habrá eliminado por completo el kikuyo y se puede volver a los pastos; de esta manera no solamente se controlan las malezas sino que la pastura aprovecha el laboreo del suelo y la fertilización remanente del último cultivo; los costos de establecimiento no solamente que son inferiores sino que el ganadero puede obtener ingresos extras de la agricultura.

En todo caso, para la siembra es importante destruir con una rastra de dientes, rastra de discos y/o rotavator los terrones grandes que quedan después de efectuar las aradas, hasta que el suelo quede bien mullido. El fertilizante se aplica antes de la última mano de rastra, de esta manera el abono quedará al alcance de las raíces de los pastos.

En suelos sueltos, antes de la siembra es aconsejable pasar un rodillo apisonador tipo “Cambridge”, de modo que la superficie del suelo quede suficientemente compacta, sin bolsas de aire y sin piedrecillas, las mismas que son empujadas hacia abajo por el rodillo. Si el suelo está muy suelto las semillas se ahogarán y será necesario aumentar la dosis de siembra.

Una manera práctica de comprobar el estado de preparación del suelo, es caminar por el terreno preparado y si los zapatos se hunden el grosor de la suela, quiere decir que el terreno está bien preparado; si se hunde demasiado, falta compactación y se debe pasar el rodillo y, por el contrario, si no se hunde la suela del zapato, el suelo está muy compacto. Si se siembra sobre suelo adecuadamente compactado, se podrá pastorear antes sin el riesgo de que el suelo se hunda con la pezuña de las vacas o las plantas de pasto se salgan del suelo.

Si los potreros se van a establecer en rastrojos de bananeras, las labores consisten en cortar con machete los pseudotallos, y socolar la vegetación de las calles; para no socolar se pueden introducir animales para que consuman

las hojas de los rebrotes y la vegetación existente. Para eliminar los brotes del banano, se aplica Combatrán, Tordón o Combo.

Aplicación de enmiendas y fertilización

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo, es necesario aplicar las enmiendas y la fertilización. Este tema se analiza con detalle en el Capítulo VI de Fertilización.

Aquí lo que se debe indicar es que si es necesario emplear enmiendas (cal, yeso) estas deben aplicarse antes de las labores de arado y rastra, para que se mezclen bien con el suelo y por lo menos un mes antes de la siembra; y en cuanto a la fertilización esta debe realizarse luego del penúltimo rastrado, para que el fertilizante quede en la capa superficial del suelo, al alcance de las raíces de las plántulas. En cuanto a la fertilización nitrogenada recordar que el sulfato de amonio afecta a la germinación de los pastos.

Siembra

Siembra con semilla botánica

El orden de las labores agrícolas de siembra es:

- Aplicación de las enmiendas antes de la preparación del suelo.
- Fertilizar después de la penúltima rastra y tapar.
- Pase del rodillo.
- Siembra, distribución de la semilla y tapado de la misma.

La siembra debe realizarse con un tiempo favorable, esto es, con suficiente lluvia y una buena temperatura, pues las semillas para una buena germinación necesitan sobre todo calor y humedad, sin embargo, hay que tener el cuidado de no realizar la siembra en tiempo de grandes aguaceros, debido al peligro de arrastre de las semillas.

La profundidad de siembra de las pasturas es muy importante, ya que el tamaño de la semilla forrajera es muy pequeño (0,5 a 10 g/1000 semillas). Esto determina una profundidad de siembra no mayor a 1-2 cm. Como una recomendación general se dice que no puede ser mayor que 2,5 veces el tamaño de la semilla (Zarza, 2014).

Paladines (2010) comenta que hay una tendencia de las empresas proveedoras a recomendar el uso de dosis muy elevadas de semilla, esto se debe

principalmente a la inseguridad en el éxito de la siembra principalmente causada por la lluvia y la mala preparación del suelo.

Existen dos métodos de siembra: al voleo y en líneas.

Siembra al voleo

Figura 3.2
Siembra al voleo



Fuente: León, R. 2017

Se puede realizar manualmente o con una máquina “voleadora centrífuga” (Figura 3.2). Al voleo se corre el riesgo de que la distribución de la semilla sea mala, por lo tanto la germinación y el crecimiento de las plantas será desigual, cuando se utiliza este sistema de siembra hay que prever un aumento de la cantidad de semillas de por lo menos 20% para compensar las fallas de germinación. Primero se siembra la gramínea (el pasto) y luego se pasa una rastra de ramas a fin de tapar ligeramente, al final se distribuyen los tréboles y llantén, las lluvias posteriores afirmarán definitivamente las semillas al suelo (Figura 3.3).

Este método es eficiente especialmente cuando las condiciones físicas y químicas del perfil de suelo son óptimas. De esta forma la distribución de las plántulas respecto a las raíces y la toma de nutrientes desde el suelo, y respecto a las hojas y la captación de la luz solar es muy eficiente.

Si el suelo es muy liviano (arenoso), como ya se indicó en siembra con semilla botánica, es necesario pasar un rodillo antes y después de la siembra, para afirmar las semillas superficialmente el suelo.

Figura 3.3
Tapado de la semilla con rastra de ramas



Fuente: León, R. 2017



Fuente: León, R. 2017

En caso de deficiencias químicas en el suelo, por ejemplo, bajo nivel de P, bajo pH, es preferible sembrar en línea y dosificar el P bajo las semillas asegurando una máxima absorción (Delorenzo, 2014).

Siembra en líneas

La mejor máquina es la sembradora “Brillon” de rodillos, que afirma el suelo, siembra y tapa en una sola operación. Esta sembradora está compuesta de dos rodillos dentados, el delantero desmenuza los terrones y acondiciona el suelo, en el medio existe una tolva con mecanismos de precisión que dosifican la semilla y la dejan caer al fondo de los minisurcos o canales formados por rodillo delantero, luego el rodillo trasero parte en dos los lomos, tapan la semilla y afirman la tierra suavemente. Todas las semillas quedan plantadas a una profundidad no mayor que el largo de la uña de un dedo, obteniéndose así una óptima y pronta germinación. Con esta sembradora se ahorra hasta un 50% de semilla.

Figura 3.4
Sembradora de rodillos Brillon



Fuente: León, R. 2017

Se deben considerar también otros factores exógenos que tienen relación con la cantidad de semilla a sembrar, por ejemplo la acidez del suelo afecta a las leguminosas y obliga (en el caso de suelos tropicales muy ácidos) a “compensar” las fallas de implantación incrementando la cantidad de semilla de leguminosa, en esos casos se llega a utilizar relaciones gramínea-leguminosa de 1:1.

En praderas de clima tropical, se recomienda separar la siembra de las leguminosas de la gramínea, en razón del lento establecimiento de la leguminosa. Primero se debe sembrar la leguminosa y posteriormente la gramínea. La semilla de la leguminosa se puede mezclar con el fertilizante y aplicarla al voleo, en forma manual o con voleadora mecánica.

Microorganismos, enfermedades y plagas

El proceso de germinación y establecimiento de los pastos es afectado por la presencia de los microorganismos patógenos que producen enfermedades, los insectos, parásitos, plagas y las malezas.

Estas situaciones obligan a incrementar la cantidad de semilla a sembrar, debiéndose en la práctica inclusive duplicar la cantidad, por lo cual es preferible desinfectar la semilla. La desinfección elimina los gérmenes patógenos que están adheridos a la superficie de las semillas y protegen de los hongos del suelo a la semilla durante la germinación y a la plántula germinada hasta treinta días. Se puede desinfectar en seco o en húmedo, la metodología es la siguiente:

- En seco, consiste en introducir la semilla en un saco o un tambor hermético, se llena con semilla hasta la mitad, a continuación, se añade el desinfectante y se agita o se hace girar hasta que las semillas se impregnen con el producto.
- Para las gramíneas se recomienda carboxin + captan (Vitavax), captan, captafol (Difolatan), Thiram o Carbendazim que controlan hongos como *Cercospora*, *Fusarium*, *Pythium*, *Phomopsis* y *Colletotrichum*.
- Para las leguminosas y forrajeras brassicáceas se emplea benomil (Benlate), metalaxyl (Ridomil) o fosetyl Al (Aliette); estos productos no afectan a los *Rhizobium*. Puede también utilizarse oxiclورو de cobre (2,5 g/kg de semilla).
- En húmedo, utilizando productos genéricos como el sulfato de cobre (5-10 g/l de agua) o hipoclorito de calcio (10 g/140 mL de agua), en estos casos se sumergen las semillas pequeñas durante media hora y las grandes durante una hora; luego se pasan a una lechada de cal clara y se extienden para el secado y finalmente se siembran.
- Se ha comprobado la factibilidad de desarrollar un inoculante mixto para las leguminosas: *Rizobium* para el aporte de nitrógeno y *Pseudomonas* para inhibición de hongos patógenos (De la Fuente y otros, 2001).
- Como se explicó en el capítulo anterior, los hongos endófitos (*Neotyphodium*) que viven dentro de algunos pastos (raigrás, festuca, brachiarias), ayudan a una germinación más rápida de las semillas, mejoran la implantación y el crecimiento (mayor número de macollos y rebrote más rápido), mejoran la persistencia del pasto (mayor tolerancia a la sequía) y dan protección contra insectos y nematodos.
- En el trópico se recomienda combinar el fungicida con un insecticida, para controlar hongos, larvas y hormigas; como insecticida se recomienda malathión al 57%, 10 ml/l de agua y aplicar por aspersión o inmersión. También se puede utilizar Fipronil (fenilpirazol, insecticida garrapaticida de uso veterinario) que posee buena eficiencia para la hormiga común, comején, grillos, saltamonte, ciempiés hasta 30 días después de germinadas. Primero se hace el tratamiento con insecticida, luego se secan y posteriormente se desinfectan con el fungicida.

La hormiga arriera ataca principalmente al maní forrajero, su control es difícil, si no trabaja bien el Fipronil para proteger a las plántulas, se puede utilizar pastillas de fósforo de aluminio (gastoxin, phostoxin, etc.) que se introducen directamente en los nidos (cámaras) y se tapa; también se puede utilizar métodos orgánicos como distribuir hojas desmenuzadas de tomate de mesa en las entradas de los hormigueros, lo cual desorienta a las hormigas (esta labor debe hacerse con guantes para no impregnar el olor humano).

En la sierra, la plaga más común son las larvas de coleópteros o cutzos que se comen las raíces de los pastos, estos se controlan en la fase de preparación del suelo con la ayuda de aves de corral (gallinas) y pájaros; posteriormente, encalado y dispersión de heces.

En el suelo existe también fauna parásita como los nematodos de la raíz y el tallo que limitan la longevidad de la alfalfa; como los nematodos se transmiten por medio de la semilla, hay que utilizar semilla libre de este patógeno, además los abonos orgánicos contribuyen a mantener un equilibrio en la fauna del suelo y finalmente es conveniente la rotación de cultivos.

Causas de posibles fallas de siembra

A la germinación: tegumentos impermeables, siembra muy profunda o superficial, bajas temperaturas, humedad insuficiente

En el establecimiento: desecación del suelo, heladas, siembra superficial, formación de costra dura en la superficie del suelo.

Durante el crecimiento: sequía, mal drenaje, competencias con otras plantas, ataque de plagas, enfermedades, hormigas e insectos, falta de nutrientes, falta de cal, falta de inoculación.

Siembra con material vegetativo

En el caso de algunos pastos tropicales es difícil obtener semilla con suficiente poder germinativo porque esta es muy costosa; por lo tanto en la práctica se prefiere multiplicar en forma vegetativa. Para este propósito se debe seleccionar material maduro, sano y vigoroso. El crecimiento de los pastos luego de la siembra vegetativa es más precoz y en consecuencia compiten mejor con las malezas.

Los métodos de propagación vegetativa son:

- Tallos: cuando existe suficiente material se acostumbra acostar tallos de plantas maduras, enteros, despuntados y sin hojas, uno a continuación de otro en el fondo de surcos trazados para el efecto, y se tapa con tierra.
- Estacas o varetas: son pedazos de tallo de 3 nudos, deshojados, de preferencia de la parte central de la caña. El corte debe ser hecho con machete y en chaflán. Se planta enterrando 2 nudos bajo tierra y 1 nudo sobre el nivel de esta; en la parte aérea en el nudo se formará una nueva planta y en la interna raíces. Las distancias dependen de la especie y de si estas se siembran solas o en asociación con leguminosas. Este sistema se utiliza con el king grass, el pasto elefante, etc. (Fig. 5.42). En el caso del king grass, se aconseja cortar los tallos con 15 días de anticipación y dejar orear; las estacas se preparan el día de la siembra y se desinfectan con Vitavax.

Las malezas que se presentan durante la etapa de establecimiento de estos pastos, cuando se siembra en terreno preparado (arado, rastrado) se combaten con la aplicación de 3 L de Lazo + 1 kg de Afalón/200 L de agua; en ciertos casos especiales, si al momento de establecimiento ya han crecido malezas, puede añadirse también Paraquat. Si no se desea utilizar químicos, se puede sembrar maní forrajero como cobertura y así se controlarán las malezas en forma permanente.

También puede darse el caso de que se quiera establecer king grass sobre un potrero de kikuyo (ej: en Baeza), en este caso es suficiente matar al pasto anterior con glifosato y cuando el colchón esté seco, abrir un pequeño surco y en su interior acostar las cañas y dejar sin tapar, ya que el exceso de humedad podría podrir los tallos; esto es suficiente, el pasto prenderá normalmente.

También se utiliza el método de propagación por estacas, para formar cercas vivas con matarratón, leucaena, caraca, lechero, etc.

- Cepas, macollos: en el caso de gramíneas de crecimiento en macollas, como el pasto Guatemala, pasto saboya, pasto miel, falaris en la sierra, etc., se deben usar fragmentos basales de tallos con raíces que se obtienen mediante la división de matas.
- Rizomas: para la implantación de gramíneas cespitosas, como el pasto estrella, pangola, pasto bermuda, etc., lo más práctico es esparcir tallos, rizomas o estolones sobre el terreno preparado y luego tapar con una rastra; también se puede plantar manualmente, haciendo hoyos en el suelo e introduciendo fragmentos de tallo con nudos.

Siembra asociada

En el caso de tener mucha presión por contar con forraje en corto tiempo y en cantidad elevada, se puede añadir a la mezcla forrajera, avena 45 kg/ha (la mitad de lo utilizado normalmente), de esta manera se tendrá mayor biomasa en los pastoreos iniciales. La moderada densidad de avena no perjudicará al establecimiento de los pastos. En este caso el potrero debe pastorearse temprano (antes de que encañe la avena) para evitar la competencia excesiva a los pastos por luz y nutrientes. También se puede sembrar haba (agosto-septiembre) y luego de la primera deshierba sembrar pasto, al voleo; tres meses más tarde se cosecha el haba tierna y queda el potrero establecido. Desde una óptica de manejo estrictamente técnico, es preferible las siembras de mezclas forrajeras sin cultivos asociados, la producción inicial es menor, pero a la larga el potrero se consolida mejor.

En pastos tropicales se puede establecer pastos junto con un cultivo “nodriza” por ejemplo con arroz de secano o con maíz. En el caso del maíz, primero se siembra el cultivo luego se aplican herbicidas de preemergencia o post emergencia y a los treinta días de la siembra se fertiliza el cultivo con urea y a continuación se coloca el pasto entre las hileras del maíz, utilizando material vegetativo o semilla sexual; pudiendo sembrarse tres hileras de gramínea y una hilera de leguminosa.

Otra modalidad que da buenos resultados, sobre todo cuando se dispone de semilla suficiente es distribuir la semilla de los pastos al voleo y luego sembrar a máquina el arroz o el maíz, es aconsejable acoplar a la sembradora una rastra de cadenas o ramas para tapar la semilla de pasto.

También puede haber una modalidad intermedia adecuada para regiones húmedas (amazonía): sembrar semilla de leguminosa (kutzú) al voleo, luego sembrar el maíz en líneas a mano y posteriormente, a los treinta días plantar el pasto con material vegetativo (estacas, esquejes, estolones, etc.) entre las hileras de maíz. Es necesario indicar que, con esta modalidad de siembra, el pasto se mantiene aletargado por la competencia del cultivo, luego de la cosecha del cultivo el crecimiento del pasto se dispara y en dos meses casi llega a semillar.

En Colombia se practica un sistema de establecimiento de potrero dividido en varias etapas: primero se cultiva sorgo o maíz, luego entre las hileras de sorgo se siembra la leucaena, se cosecha el sorgo y quedan establecidas las hileras de leucaena. En ciclo siguiente entre las hileras de leucaena se abren surcos y se “siembra” pasto estrella. El resultado es un potrero silvopastoril de pasto estrella con arbustos de leucaena.

Existen algunas ventajas de la siembra asociada:

- Protección al suelo contra la erosión.
- Optimización del aprovechamiento del espacio físico, de la preparación del suelo, la fertilización y del tiempo.
- Reducción de los costos de establecimiento.

Desventajas:

- Como ya se indicó la competencia por agua y nutrientes y
- Sombra para las especies de lento establecimiento.

Siembra con cultivo colonizador

Con el propósito de mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, reducir los costos de establecimiento de pastos, se contempla realizar un cultivo precursor antes de la siembra de pastos. En clima templado es común la siembra de un ciclo de cultivos papa-haba-zanahoria o maíz, hortalizas, o avena-vicia; en clima megatérmico se puede sembrar maíz o yuca, esto mejora las condiciones del suelo, permite aprovechar el fertilizante residual y con la venta del producto cosechado se puede cubrir los costos de establecimiento de la pastura.

Mezclas forrajeras

Para que un potrero tenga una mejor producción en calidad y cantidad, es necesario que esté conformado por mezclas de gramíneas, leguminosas y adventicias útiles, de esta manera se puede alcanzar la autosuficiencia alimentaria en las fincas ganaderas.

Las ventajas de sembrar juntas, gramíneas, leguminosas y adventicias son diversas, siendo las principales las siguientes:

- La diferente profundidad de las raíces y altitud a que llegan las especies permite que utilicen al máximo los elementos nutritivos del suelo y de la atmósfera.
- Los efectos de la sequía, del exceso de humedad, plagas, etc., son menos notorios porque si alguna especie se ve afectada por el factor que le sea particularmente desfavorable, siempre hay otra u otras en la mezcla que resisten mejor a aquellos factores negativos y compensan la producción de forraje.
- El forraje de las mezclas es más apetecido por el ganado que cuando se trata de una siembra pura.

- Una dieta variada, es mejor calidad alimenticia y mejor balanceada. Dumont *et al.* (1992; Gundel, 2008), han demostrado que potreros de raigrás aumentan el consumo y la producción de leche de vacas a pastoreo, cuando incluyen 20-25% de trébol blanco.
- Hay menor peligro de torzón. En el caso del loto, el llantén ayudan a prevenir los posibles problemas ocasionados por los tréboles y la alfalfa.
- Las leguminosas gracias a la “simbiosis”, suministran nitrógeno a las gramíneas. También el suelo se beneficia con el N de la simbiosis y la mayor cantidad de materia orgánica y humus incorporado, con lo cual se tiene producción sostenible sin contaminación ambiental.
- Se protege al suelo contra la erosión.
- Se controlan mejor las malas hierbas.
- Se disminuye el riesgo de plagas y enfermedades.

La composición botánica ideal, es:

- En la sierra, gramíneas 70-75%, leguminosas 25-30% y adventicias 2-3%. Un porcentaje más alto de leguminosas (tréboles) puede causar timpanismo, a excepción del loto que como sabemos no causa torzón debido a que contiene taninos. En zonas donde se produce bien la alfalfa, el aporte de esta leguminosa a la mezcla debe ser entre un 50 y un 60% de la materia seca (MS) total ofrecida, pero se puede llegar al 100%.
- En la costa, el porcentaje de leguminosas puede ser 40%. No existe restricción por riesgo de timpanismo, por cuanto las leguminosas tropicales tienen cantidades altas de fibra y taninos, mucha leguminosa más bien puede disminuir la digestibilidad y la palatabilidad de la dieta; salvo el caso del maní forrajero que tiene poca fibra y si el ganado lo ingiere en forma monofítica puede causar timpanismo.

Como la composición de la mezcla depende del clima, tipo de suelo, disponibilidad de agua de riego, drenaje, uso, duración del potrero, etc., situaciones que pueden variar incluso de potrero a potrero, no es posible hablar de fórmulas generales para una finca o hacienda, ni tampoco fijar cantidades a sembrar.

Las especies utilizadas deben tener características de adaptación complementarias (cambios climáticos estacionales), palatabilidad similar para evitar sobrepastoreo de esta manera se tendrán praderas más estables.

En la sierra, no debe mezclarse variedades anuales, bianuales y perennes, debido a que cuando desaparecen las especies de rotación corta quedan espacios vacíos y hay necesidad de resembrar; en todo caso al hacer este tipo de

mezclas, se debe buscar más densidad inicial con una proporción de especies 70% de perennes y 30% de anuales.

Tabla 3.4
Cantidad de semilla que debe sembrarse por hectárea,
de los principales pastos de clima frío, especies puras

Nombre científico	Nombre vulgar	Nº de semillas/kg	Cantidad de semilla kg/ha, siembra mecanizada-manual
Gramíneas			
<i>Avena sativa</i>	Avena blanca	29 000	120-150
<i>Bromus catharticus</i>	Cebadilla criolla	137 000	20-25
<i>Dactylis glomerata</i>	Pasto azul	1 445 000	8-12
<i>Festuca arundinacea</i>	Festuca alta	502 000	25-30
<i>Holcus lanatus</i>	Holco	3 368 000	15-25
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada forrajera	31 000	70-100
<i>Lolium multiflorum</i>	Raigrás anual	502 000	25-40
<i>Lolium perenne</i>	Raigrás perenne	502 000	25-30
<i>Phalaris arundinacea</i>	Falaris de los bañados	1 178 000	6-10
<i>Secale cereale</i>	Centeno	40 000	100-150
<i>Zea mays</i>	Maíz forrajero	2 500	40
Leguminosas			
<i>Lotus corniculatus</i>	Loto corniculado	829 000	6-9
<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa común	442 000	18-25
<i>Trifolium hybridum</i>	Trébol híbrido	1 547 000	7-9
<i>Trifolium pratense</i>	Trébol rojo	608 000	8-15 (4-6 en mezclas)
<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	1 768 000	3-6 (2-3 en mezcla)
<i>Vicia sativa</i>	Vicia común	15 500	80-90
<i>Vicia villosa</i>	Vicia velluda	44 000	50-55

Fuente: Hughes, 1966

Para ganado lechero se recomienda utilizar variedades tetraploides, más productivas y de mejor valor nutritivo teniendo en cuenta que son más exigentes en fertilidad, humedad. Para vacas secas, vaconas, caballos, ovejas, es suficiente variedades diploides, ya que interesa más adaptación y persistencia. Si no hay condiciones

ideales de producción, sobre todo humedad aún para ganado lechero, es preferible sembrar especies diploides a fin de contar con mayor estabilidad productiva.

Figura 3.5
Mezcla forrajera de la sierra



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 3.6
Mezcla forrajera en el trópico



Fuente: León, R. 2017

Es juicioso incluir en las mezclas forrajeras otro tipo de plantas nutritivas y/o estimulantes de la producción lechera, tal es el caso en clima templado, de la achicoria y del llantén por el elevado tenor de proteína además minerales y compuestos medicinales que mantienen saludables a los animales; ambas especies se comportan muy bien tanto en ovejas, corderos, vacas, vaconas y terneras.

Tabla 3.5
Principales mezclas forrajeras para la sierra

Uso	Clima	Suelo	Pasto	kg de semilla / ha		Observaciones
				Líneas	Voleo	
Siembra Pastoreo	Templado-frío y páramo andino, con suficiente humedad y/o riego.	Fértiles	Raigrás perenne	20	30	Son aconsejables mezclas de dos o tres variedades de raigrases, igual de trébol blanco, para mejorar cobertura, adaptación, persistencia y palatabilidad.
			Trébol blanco	3	6	
			Llantén	1	2	
			Achicoria	1	1,5	
	Clima templado-frío y páramo, con estación seca y poco riego.	Ácidos	Raigrás perenne	12	20	El raigrás puede reemplazarse con festulolium o con festuca alta (20 kg/ha).
			Pasto azul	6	10	
			Trébol blanco	2	3	
			Trébol rojo	6	8	
			Llantén	1	2	
			Achicoria	1	1,5	
	Templado-frío, con estación seca y poco riego.	Bien drenados, pH 6,5-7	Alfalfa	12	20	La presencia de la alfalfa en la mezcla deber ser un 50-60%.
			Pasto azul	6	10	Puede sustituirse por <i>Festulolium</i> o bromo 20 kg/ha.
			Llantén	1	2	Puede sembrarse sólo llantén 5 kg/ha
	Re siembra	Templado-frío y páramo andino, con riego.	Fértiles	Raigrás híbrido	Las cantidades y variedades dependen de las necesidades del potrero, puede tomarse como referencia las recomendaciones de la siembra y hacer los ajuste según el estado del potrero y la cobertura buscada.	
				Tréboles blanco y rojo		
Templado-frío y páramo andino sin riego			Festuca	Puede utilizarse <i>Festulolium</i> o bromo.		
			Trébol rojo			

Corte	Templado-frío y páramo andino.	Fértiles	Raigrás anual	30	40	Las variedades importadas son de mejor calidad y productividad, pero necesitan riego. El raigrás Pichincha tiene superior adaptación y persistencia, tolera la época seca.
			Trébol rojo	10	14	
	Templado-frío y páramo andino	Fértiles	Avena	70	90	Avena sola 120 kg. Puede rendir 3 cortes o pastoreos, si se corta en pre floración. Luego del corte aplicar N y riego.
			Vicia	35	45	
			<i>Brassicas</i>	2	4	
	Templado-frío con suficiente humedad	Drenados, pH 6,5-7	Alfalfa	20	25	Si no se dispone de riego en verano, reemplazar el raigrás con pasto azul 8 kg o con bromo 20 kg.
			Raigrás híbrido	20	25	
	Templado, humedad limitada	Drenados, pH 6,5-7	Alfalfa	20	40	Alternativa sembrar por planta 128 000 plantas/ha.
	Templado seco, máximo 3 000 msnm, sin heladas.	Sueltos	Maíz	35		También puede sembrarse centeno.

Nota: Las cantidades recomendadas son con semilla de una germinación mayor al 90%.
Elaboración: León, R. 2017

Tabla 3.6
Cantidad de semilla que debe sembrarse por hectárea
de los principales pastos de clima tropical, especies puras

Nombre científico	Nombre vulgar	Nº de semillas por kg	Cantidad de semilla kg/ha
Gramíneas			
<i>Axonopus scoparius</i>	Gramalote		Vegetativo
<i>Axonopus micay</i>	Micay		Vegetativo
<i>Axonopus compressus</i>	Pasto carpeta	2 700 000	10-15
<i>Brachiaria sp.</i>	Brachiaria	270 000	4-6
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto Bermuda	3 949 000	5-8
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Pasto estrella		Vegetativo
<i>Digitaria decumbens</i>	Pasto pangola		Vegetativo
<i>Echinochloa polystachya</i>	Pasto alemán		Vegetativo
<i>Eriochloa polystachya</i>	Pasto janeiro		Vegetativo
<i>Hyparrhenia rufa</i>	Yaragua	1 562 000	23-25
<i>Leersia hexandra</i>	Cegua		Vegetativo
<i>Melinis minutiflora</i>	Pasto gordura	11 000 000	10-20
<i>Panicum máximum</i>	Pasto guinea	2 444 000	10-30
<i>Panicum purpurascens</i>	Pasto pará	930 000	2-4
<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante		Vegetativo
<i>Setaria sphacelata</i>	Setaria	1 200 000	3-6
<i>Sorghum vulgare</i>	Sorgo común	62 000	15-25
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	Pasto San Agustín		Vegetativo
<i>Zoysia japónica</i>	Césped del Japón		Vegetativo
Leguminosas			
<i>Arachis pintoii</i>	Maní forrajero	2 000	7-8 y Vegetativo
<i>Cajanus indicus</i>	Guandúl	18 000	10-15
<i>Calopogonium muconoides</i>	Rabo de iguana	73 000	6-8
<i>Centrosema pubescens</i>	Centrosema peluda	40 000	7-8
<i>Desmodium uncinatum</i>	Pega pega	220 000	6-10
<i>Desmodium intortum</i>	Pega pega	755 000	3-6
<i>Dolichos lablab</i>	Poroto de Egipto	3 000	15-25
<i>Eritrina sp.</i>	Caraca		Vegetativo
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón		Vegetativo
<i>Glycine javanica</i>	Soya forrajera	154 000	10-15
<i>Indigofera hirsuta</i>	Añilera	647 000	9-12
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena		8-15 y Vegetativo

<i>Phaseolus atropurpureus</i>	Siratro	75 000	5-10
<i>Pueraria javanica</i>	Kudzú tropical	82 000	8-12
<i>Stizolobium deeringianum</i>	Poroto aterciopelado	2 200	35-40

El sistema más idóneo para establecer potreros asociados en la costa es sembrar tres hileras de gramínea y una de leguminosa.

Según Ledesma (INIAP, 1995), para establecer asociaciones forrajeras, conviene emplear tres leguminosas (centrosema, soya, siratro), esto se justifica para asegurar la persistencia y palatabilidad de leguminosas a lo largo del año. Se recomienda utilizar en total 12 kg de semilla de leguminosas/ha; con esto se consigue elevar la proteína cruda en 1%, e incrementar la materia seca en aproximadamente 3 000-4 000 kg/ha/año.

En clima tropical seco utiliza principalmente *Neonotonia* y *Phaseolus*.

En clima semi húmedo, *Centrocema* y *Desmodium*.

En climas tropicales húmedos las leguminosas más adecuadas son *Pueraria* y *Arachis*.

En el subtrópico, las más convenientes son *Desmodium* sp. si se trata de clima poco húmedo y *Arachis pintoii* si hay humedad suficiente.

Se recomienda que las semillas de leguminosas se mezclen con 50 kg. de superfosfato triple, y se proceda a la siembra. Esta mezcla se justifica por ser el fósforo el elemento más limitante para el establecimiento de leguminosas en el trópico; a la vez que se facilita la distribución de la semilla.

A las leguminosas se les debe permitir semillar por lo menos una vez cada dos años para asegurar su renovación natural.

En la práctica es bastante difícil manejar estas asociaciones, como lo menciona INPOFOS (2003) :

El mantenimiento de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales se dificulta más por aspectos como incompatibilidad entre las especies, diferentes velocidades de crecimiento, altura e intensidad del pastoreo, invasión de malezas (especialmente de hoja ancha), presencia de plagas y enfermedades y competencia por luz y humedad, que por aspectos nutricionales, aunque estos pueden ser importantes en muchos suelos del trópico.

Para superar estos inconvenientes, el Colectivo de autores de Cuba CENPALAB (2002), propone cultivar las leguminosas de enredadera en pedestales, como se indica en la siguiente Figura 3.7.

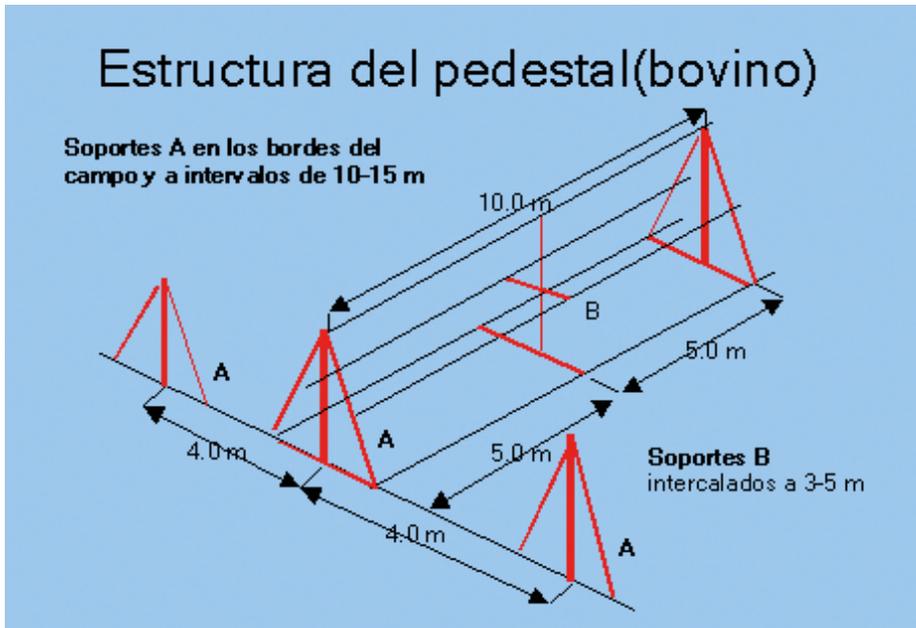
Tabla 3.7
Mezclas forrajeras para la costa y oriente

Uso	Clima	Suelo	Pasto	Modalidad		Observaciones
				Semilla kg/ha	Material vegetativo	
	Tropical-Lluvioso	Inundable	Alemán		Cepas Estacas	También pará o janeiro
Pastoreo	Tropical-Húmedo o Semi húmedo	Ácidos, pobres en nutrientes	Brachiarias	4-6 maq. 8-10 voleo		
			Maní forrajero	7 kg/ha	Planta	
	Tropical-Húmedo o Semi Húmedo	Fértiles	Guinea	10-12 kg/ha	Cepas, 15 m ³	
			Maní forrajero	7 kg/ha	Planta	También kutzú, centrosema, pega-pega.
Tropical Seco y Semi Árido			Buffel			También estrella, llanero o puntero.
			Leucaena			También otros árboles forrajeros como matorratón o <i>Prosopis sp.</i> y herbáceas como siratro, alfalfa tropical, soya forrajera.
	Tropical Seco y Semi Árido, inundable en invierno y con riego en el verano		Alemán		Esquejes y estacas	Supeditado a la rentabilidad de la inversión en riego. También pasto pará.

	Subtropical húmedo y Semi húmedo	Fértil	Miel	3-6 kg/ha en líneas y 8-10 kg/ha al voleo.	Esquejes enraizados	También estrella y braquiarias.
			Maní forrajero	7 kg/ha	Planta	
Corte	Tropical-Húmedo y Semi húmedo	Diversos tipos de suelo	King grass		Caña o estacas	También elefante, mar alfalfa, caña o maíz.
			Pueraria	8-12 kg/ha		En clima semi húmedo, mejor poroto aterciopelado.
	Tropical-Seco con riego		Elefante		Caña o estacas	También kinggrass, mar alfalfa, caña o maíz.
	Tropical Semi árido, con riego por goteo		Maíz	35		

Elaboración: León, 2017.

Figura 3.7
Estructura del pedestal bovino



Fuente: Batista et al., 2018

Con este sistema se evita el pisoteo de las leguminosas y se mantiene una oferta continua de proteína. En las calles se siembran pastos conocidos como estrella, saboya o brachiaria.

Otra buena alternativa para contar con leguminosas en los potreros es sembrar o plantar árboles leguminosos como *Gliricidia* y *Leucaena*. Se pueden plantar formando cercas vivas, en bloques dispersos dentro del potrero (cajeros de proteína) o en hileras dentro del potrero (bancos de proteína), los potreros arbolados (silvopastoreo) permiten intensificar la producción de leche y carne y, mejorar los indicadores reproductivos con un mínimo de insumos externos (menos costos).

Es aconsejable que el ganadero reconozca las leguminosas nativas, para que no las elimine en el momento del control de malezas.

En los capítulos IV y V, se hace una descripción detallada, tanto de los recursos forrajeros de clima frío como de clima tropical.

(Paladines, 2002) realiza las siguientes consideraciones finales sobre el establecimiento de pasturas en regiones tropicales de montaña (estribaciones de cordillera y amazonía):

- Se debe mantener un balance adecuado entre montaña sin intervenir y la pastura.
- Mantener una cubierta vegetal suficiente en forma permanente sobre el suelo.
- En suelos con pendiente, se deben establecer protecciones vivas en curvas de nivel dentro de los potreros, para evitar el movimiento superficial del suelo.
- Se debe mantener un número suficiente de árboles dentro de los potreros, alrededor de 80-100 por hectárea.

Riego

Durante el período de germinación de la semilla y el desarrollo de las plántulas, el suelo debe permanecer húmedo en superficie. Como la semilla se siembra superficialmente (entre 1,5 a 2,5 cm), se la expone a condiciones extremas. Si las condiciones de humedad y temperatura son favorables, la semilla de alfalfa absorbe el agua requerida para la germinación dentro de los 4 a 8 días. Luego comienza el crecimiento de las plántulas, que por su fase de desarrollo no toleran el estrés hídrico. Para evitar mortandad de plántulas durante este período, debe haber humedad suficiente. Si el suelo se seca, se detiene el desarrollo de las plántulas y puede ocurrir mortandad. Para evitar esto, la estrategia a utilizar es dar riegos rápidos, frecuentes y con poca cantidad de agua. Obviamente lo principal es sembrar a tiempo, al inicio de las precipitaciones (Delorenzo, 2014).

Para mejorar este factor hay dos condiciones básicas: 1) Excelente cama de semillas (mullida, compacta a 1,5-2 cm y firme). 2) Buena cama de raíces (profunda, porosa y muy húmeda). Esto evita la transpiración y pérdida de humedad superficial, además asegura que desde la profundidad, el suelo aporte humedad durante todo el proceso de germinación.

Los problemas más comunes que enfrentan los productores durante el establecimiento son:

- Las lluvias o los riegos de presiembra realizados para mojar el perfil del suelo favorecen el desarrollo y establecimiento del cultivo. Hay que llenar los primeros 15 a 20 cm del suelo, llevándolo hasta capaci-

dad de campo, antes de finalizar la preparación de la cama de siembra. Luego hay que mantener la humedad en los primeros 2,5 cm, evitando el encostramiento y que el suelo no se seque demasiado.

- Los riegos de pre o post siembra de pasturas, siempre deben ser por aspersión, nunca gravitacional para evitar que se corre la semilla, se encostre el suelo y la distribución humedad sea desigual.
- Los primeros riegos hay que darlos rápido, con poco agua para prevenir el encostramiento. Los riegos muy largos causan encharcamiento.
- Los riegos cortos y frecuentes mantienen húmeda el área de exploración de las raíces y reponen la humedad del suelo perdida por evaporación.
- Hay que mantener los cuidados hasta que las plantas tengan 3 ó 4 hojas trifoliadas y la raíz tenga 15 cm de profundidad.
- Si el suelo no está muy llano, la distribución del agua no será uniforme y por lo tanto la germinación será dispereja.
- No regar por inundación, ya el encostramiento de la capa superficial del suelo, que ocurre con mayor frecuencia en suelos más pesados.

Primeros pastoreos

Después de la siembra es necesario realizar inspecciones para observar si existen problemas en el establecimiento. Se debe verificar si se estableció la población (densidad) básica de plantas/m² que se indicó en “planta establecida”.

El objetivo fundamental en el manejo de un potrero permanente recién sembrado, no es obtener una alta producción inmediata de forraje sino lograr una pradera vigorosa, longeva y que su producción sea consistente año tras año, que nos recompense los cuidados que a ella le damos durante el manejo inicial.

Si posterior a la siembra aparecen muchas malezas (debido a “fallas” o aspectos que no se manejaron bien), el crecimiento de éstas puede controlarse mediante un corte mecánico con máquinas cosechadoras de forraje, dicho corte debe hacerse a una altura tal que solamente elimine la parte aérea de las malezas y en lo posible no toque a los pastos; de esta manera daremos luz a las plantas forrajeras que se encuentran debajo e impediremos la formación de semillas de malezas que más tarde infestarán la pastura.

Cuando el cultivo es monofítico, las malas hierbas se pueden eliminar mediante la aplicación de herbicidas selectivos.

El primer pastoreo es muy importante y la decisión de cuándo y cómo realizarlo, determina totalmente el comportamiento posterior de la pastura.

La época para iniciar el pastoreo depende de una serie de factores tales como: precocidad de las especies (Tabla 3.8), condiciones ambientales, tipo de suelo y humedad del mismo, pero aproximadamente puede ser a partir de los 75 días (dos meses y medio).

Tabla 3.8
Tasa de crecimiento de especies forrajeras (peso de 100 plantas en gr)

Cultivos	Días después de la siembra	
	36 días	51 días
Alfalfa	1.20	3.59
Trébol rojo	0.74	2.21
Loto	0.50	1.34
Trébol blanco	0.31	0.92
Rye grass anual	3.68	20.37
Rye grass perenne	1.88	10.61
Festuca	0.79	3.02
Dactylis	0.71	3.84
Falaris	0.37	1.30

Fuente: Carámbula, 1977.

El mejor aprovechamiento inicial del potrero es mediante corte, teniendo el cuidado de no dejar restos vegetales que tapen a las plantas tiernas. De Lorenzo (2014) señala que para el raigrás perenne es determinante un pastoreo con animal joven en estado de plántula o tres hojas verdaderas, este pastoreo intenta remover hasta 1/3 de las hojas y mejora en forma sustancial el ingreso de luz a la base de la plántula induciendo su formación de macollas temprana y optimizando su capacidad de cubrir el suelo en poco tiempo.

La manera práctica de establecer si la pastura está lista para ser pastoreada es, tomar un puñado de pasto con la mano y arrancar las hojas como lo haría una vaca, si las plantas no se salen de raíz, se puede realizar el pastoreo.

Para el caso de siembra asociada raigrás-trébol blanco, esta medida también ayuda a que la luz y la T° impacte cerca del suelo y mejore el establecimiento del trébol, el cual es severamente más lento en desarrollo.

Se descartará por completo el uso de vacunos pesados a causa del daño que pueden provocar las pezuñas sobre las coronas de las plántulas y por el efecto excesivamente compactante en el suelo.

Se debe tener en cuenta que el pastoreo no se lleve a cabo cuando el suelo esté seco pues hay riesgo de mortalidad del pasto o, cuando esté saturado de agua pues se dañará la estructura del suelo.

Así mismo se requerirá que los tubos digestivos de los animales a utilizar se encuentren libres de semillas de malezas; por lo tanto se considera necesario que el ganado provenga de pasturas limpias, pues de lo contrario, se corre el riesgo de contribuir a la distribución de plantas indeseables en la nueva pradera.

Si todo se hace correctamente, a contar del segundo pastoreo ya se puede ingresar con ganado adulto productivo, especialmente si el manejo del primer pastoreo se hizo adecuadamente (Delorenzo, 2014).

Luego del primer pastoreo debe aplicarse fertilizante nitrogenado (complemento de la siembra).

Pastos tropicales

En el caso de pastos tropicales, según el INIAP (1989), en la costa un potrero recién sembrado necesita para establecerse todo el invierno (cinco meses). Se cosecha el maíz y queda establecido el potrero; el ganado se pone aproximadamente a los cinco meses de la siembra, luego de que ha sembrado el pasto.

El primer pastoreo debe ser ligero y permitir la caída de la semilla, lo cual ayuda a incrementar la población de pasto, a continuación se controlan las malezas.

El segundo pastoreo puede ser un poco más fuerte y se debe cortar el pasto sobrante del pastoreo.

Luego del tercer pastoreo se realiza un nuevo control de malezas.

De aquí en adelante, el manejo del potrero es normal (pastoreos cada treinta días en época de lluvias y cada 42 días en época seca).

CAPÍTULO IV

Recursos forrajeros de clima templado

Sobre los pastos de clima templado, Paladines (2010), realiza el análisis siguiente, presentado en forma resumida:

- **Importancia de las especies:** La mayoría de las especies cultivadas son nativas de clima templado, principalmente de Europa Mediterránea; ninguna especie nativa andina es de uso frecuente, no tanto porque no exista germoplasma potencialmente útil como por la disponibilidad fácil de materiales importados que se adaptan a las condiciones de clima tropical andino. Salvo el esfuerzo de la Facultad de Zootecnia de la ESPOCH, en el país no se han realizado programas para conocer y seleccionar especies nativas con potencial productivo.
- **Productividad de los materiales usados en la Sierra del Ecuador:** Tanto el INIAP como otros grupos de investigadores (universidades principalmente) han realizado pruebas múltiples de adaptación con la intención de encontrar especies y variedades de mejor adaptación. En todas las investigaciones se han encontrado que son las mismas especies las mejor adaptadas y en relación a las variedades, el ejercicio ha sido infructuoso porque las variedades probadas generalmente no corresponden con las disponibles en el mercado. En los ensayos de producción, en términos generales, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la producción de materia seca (MS) entre especies. Las diferencias de producción son consecuencia de la estacionalidad (verano-invierno), lo que evidencia la falta de riego en verano. Se debe resaltar que todos los materiales provenientes de los países de los cuales se obtiene semilla han sido desarrollados para responder a altos niveles de fertilización, por lo que estas variedades no tendrán un buen comportamiento productivo

ni sanitario, si la fertilización no es suficiente para que demuestren todo su potencial productivo.

Para pastoreo el principal pasto de la sierra ecuatoriana por cobertura, según el último Censo es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) 101 920 ha; los principales pastos mejorados son los raigrases (*Lolium* sp.) 21 937 ha, el pasto azul (*Dactylis glomerata*) 16 493 ha, los tréboles (*Trifolium* sp.) y la alfalfa (*Medicago sativa*) 24 863 ha. Para corte las especies más cultivadas son la alfalfa, la avena (*Avena sativa*) y la vicia (*Vicia* sp.).

Tanto los recursos forrajeros de clima frío (de la sierra) como los de clima tropical (del litoral y oriente ecuatorianos), en este texto se agrupan en: 1° especies de pastoreo, 2° especies de corte; cada grupo a su vez se subdivide en el siguiente orden: 1.1 gramíneas, 1.2 leguminosas y 1.3 otras especies. Dentro de cada grupo, las especies se ordenan siguiendo el orden alfabético de las subfamilias y los géneros.

En Anexos del capítulo IV se incluye una “Clave para la identificación de las plantas forrajeras más comunes de la sierra ecuatoriana”.

Principales especies para pastoreo

Gramíneas

De la subfamilia Pooideae las especies del género *Bromus*, *Dactylis*, *Festuca*, *Holcus*, *Lolium*, *Phalaris*.

De la subfamilia Panicoideae el género *Pennisetum*.

CEBADILLA

Fig 4.1
Cebadilla



Fuente: León, R.2018

Características generales

Nombre común: Cebadilla, milín, bromo, hierba de perro.

Nombre inglés: Prairie grass.

Nombre científico: *Bromus catharticus* Vahl. Sinonimia *B. uniloides* (Willd.) H.B.K.

Origen: América del Sur, muy difundida en la pampa húmeda de Argentina y Uruguay. En nuestro país crece en forma natural a los lados de los caminos y en potreros naturales.

Ciclo vegetativo: Anual o perenne de vida corta.

Descripción morfológica: Crece formando matas. Las plantas alcanzan alturas de 50 a 100 cm, la longitud de las hojas varía entre 20 a 30 cm y 0,5 cm de ancho, de un color verde claro. Panículas ramificadas y desnudas en la base, con 2-5 espiguillas cada una. Juego cromosómico 42.

Adaptación

Clima: Templado, frío y húmedo. Tolera la sequía, superior a los raigrases durante el verano. 2 500 a 3 500 msnm.

Suelo: Suelos secos de buen drenaje que no se aneguen en invierno, rico en humus, no se adapta bien a los suelos muy arcillosos. Tolera los suelos ácidos y de baja fertilidad.

Manejo

Establecimiento: Por semilla botánica. Al voleo 20-25 kg/ha, o en hileras separadas de 25 a 35 cm, 15-20 kg/ha.

Uso: Se le utiliza en potreros mixtos en asocio con raigrás perenne y los tréboles blanco y rojo; también con festuca alta y trébol blanco y, para corte en mezcla con raigrás anual, trébol rojo y alfalfa. Posee una alta capacidad de retoño.

Rendimiento: hasta 30 toneladas/ha de forraje verde en el primer corte, a los 70-80 días de la siembra. En los cortes subsiguientes la producción de forraje disminuye.

Rinde 600-800 kg/ha de semilla. Las semillas caen al suelo al madurar.

PASTO AZUL

Características generales

Nombre común: Pasto azul, pasto oville, pasto orchoro.

Nombre inglés: Cocks foot, orchard grass.

Nombre científico: *Dactylis glomerata* L.

Figura 4.2
Pasto azul



Fuente: León, R. 2018

Origen: Europa

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción morfológica: Origina matas aisladas de 60-120 cm de altura, de color verde azulado. Sistema radicular profundo, no posee estolones ni rizomas. Hojas plegadas; limbos planos, con sección en forma de V, anchos, largos y puntiagudo. La inflorescencia es una panoja laxa. Las semillas presentan una quilla acentuada que termina en una arista fuerte y curva con pequeños dientes. Juego cromosómico 28.

Adaptación

Clima: Templado y frío, húmedo, bastante brumoso, tolerante a la sombra, vegeta bien en zonas forestales claras. Soporta poco los calores intensos, resiste bien la sequía. Apropiado para el páramo. 2 500-3 600 msnm. Cabrera (1982 citado en Paladines, 2002) indica que “el pasto azul es el que mejor resiste las condiciones de sequía de verano prolongada que prevalece en esta zona..., y en general es reconocida su capacidad de producir en épocas secas, haciéndose notoria en las mezclas cuando terminan las lluvias y el crecimiento predominante del ray grass”.

Suelo: Franco, profundo, no muy exigente en fertilidad. Resiste la acidez. No se adapta a suelos alcalinos o erosionados. Necesita suelos con buen drenaje, no resiste los excesos de humedad.

Manejo

Establecimiento: Por semilla botánica, al voleo 20 kg/ha o en hileras 15 kg/ha. Sin embargo, no se acostumbra sembrar solo, sino como componente menor en mezcla con ray grasses, en alturas superiores a 3 000 msnm. Moderadamente lento en su establecimiento.

Figura 4.3
Resistencia del pasto azul a la sequía



Fuente: León, R.2018

Uso: Para pastoreo en mezcla con raigrás perenne, raigrás anual, y trébol blanco. También con festuca alta en los páramos. En lugares con deficiencia de humedad da buenos resultados asociar pasto azul, festuca, bromo y alfalfa. El pasto azul debe pastorearse tan pronto empieza a macollar, ya que de inmediato empieza a florecer, se vuelve fibroso y por esta causa deja de ser apetecido por el ganado. También se puede henificar y ensilar. Este pasto es atacado por la “roya”, la “antracnosis” y el “tizón”.

Rendimiento: Cultivado solo produce 7 t/fv/ha, y con alfalfa o trébol blanco 10-15 t/fv//ha; o sea alrededor de 1,5-2,0 t/f.seco/ha/corte. Al principio el rendimiento de materia verde es bajo para luego incrementarse con los cortes sucesivos. Rinde 300-500 kg/ha de semilla. La semilla madura se desgrana fácilmente.

Valor nutritivo: a las 6 semanas es 17-18,7% de proteína, 31% ENN, 62,1% de digestibilidad. Menor digestibilidad que las otras gramíneas de la sierra.

Varietades:

Kara: variedad proveniente de Nueva Zelanda, muy productiva y resistente a la roya. Tolera el frío y la sequía. Compite bien con el kikuyo. No forma matas.

Justus: variedad de origen norteamericano, productiva pero susceptible a la roya.

Crown: rendimiento igual o superior a los raigrases, propio de regiones frías y húmedas, tolera pH ácido. Excelente para pastoreo. Persistencia de 5-6 años.

Starley: similar a Crown.

Potomac: Excelente adaptación y rendimiento en clima frío, húmedo, 3 800 msnm y suelo fértil. 25 T/MS/ha/año.

Bronc: Más productiva que Potomac, 27 t/MS/ha/año.

Mammoth: Mucha persistencia. Alta palatabilidad y digestibilidad. Excelente tolerancia a la sequía y a las heladas. Produce gran cantidad de forraje.

FESTUCAS

Las principales especies de este género son:

<i>Festuca pratensis</i> Hudson	Festuca de los prados
<i>Festuca arundinacea</i> Schreber	Festuca alta
<i>Festuca ovina</i> L.	Festuca ovina
<i>Festuca rubra</i> L.	Festuca roja

Festuca alta

Figura 4.4
Festuca alta



Fuente: León, R. 2018

Características generales

Nombre común: Festuca, cañuela.

Nombre científico: *Festuca arundinacea* Schreber

Origen: Europa y Suroeste de Asia.

Ciclo vegetativo: Perenne, marcadamente vivaz (12-15 años).

Descripción morfológica: Raíces profundas de 1-2,5 m. Sus tallos tienen de 90-120 cm de altura, erectos y glabros. Se expande a través de rizomas y forma un césped tupido. Abundantes hojas basales de color verde oscuro, anchas y chatas, la lígula es corta. La panícula tiene de 10-30 cm de longitud y espiguillas lanceoladas de 12 mm y numerosas flores; las glumas tienen una tonalidad púrpura. Juego cromosómico 42.

Adaptación

Clima: Zonas frías, pero es tolerante al calor y a la sequía. Soporta la baja temperatura 4 °C o menos sin entrar en latencia completa. 2 500 a 3 500 msnm.

Suelo: Suelos fértiles, pesados, francos. Crece tanto en suelos ácidos (pH 4,5) como en los alcalinos (pH 9,5). Tolerancia a la salinidad. Vegeta bien en suelo mal drenado.

Manejo

Establecimiento: Por semilla botánica, al voleo o en hileras. En cultivo puro 15-25 kg/ha de semilla al voleo. En líneas distanciadas 75-90 cm, 16 kg/ha, con alfalfa o trébol blanco entre los surcos. Especie más lenta en establecerse que el raigrás perenne, es muy susceptible a la profundidad de siembra y es un pobre competidor con la mayoría de malezas.

Uso: Para pastoreo, muy resistente al pisoteo del ganado. La festuca en cultivo puro produce una pastura de calidad relativamente pobre, esta calidad puede ser mejorada agregando 25% de leguminosas. Es preferible no cultivarlo donde se pueda tener otros pastos mejorados, como raigrases y pasto azul; es común observar que el ganado no lo come y prefiere otros pastos incluido el kikuyo.

Se lo emplea en programas de conservación de suelos, tales como control de erosión en suelos con pendiente, fijación de bordes en terrazas y otras estructuras para distribución de agua y estabilización de taludes. Por su buena cobertura y rusticidad se lo aprovecha para pistas de aterrizaje, campos de juegos (polo), campos para atletismo, etc.

En otros países se han reportado envenenamientos del ganado que consume este pasto, sospechándose que la causa sea una deficiencia en microelementos, o bien a los alcaloides que la planta posee (hongos endófitos).

Rendimiento: Al primer corte el rendimiento de materia verde es bajo y luego va incrementándose, produce 8-10 TM/ha/corte. Especie buena productora de semilla, se puede obtener 500-600 kg/ha. La semilla cae tan pronto madura, los vientos producen pérdidas elevadas en época de cosecha.

Valor nutritivo: Cuando está en un 10% de floración, es 11,67% de proteína, 37,60% ENN.

Variedades

Cajun Autrium: Todas las características de adaptación y usos de la especie. Germinación y establecimiento, lentos.

Tall alta: similar al anterior.

Mylena: Duración 4-5 años.

HOLCO

Figura 4.5
Pasto holco



Fuente: León, R. 2018

Características generales

Nombre común: Holco, pasto lanudo.

Nombre científico: *Holcus lanatus* L.

Origen: Europa, introducido al país desde hace mucho tiempo hoy se halla en toda la región interandina, en estado subespontáneo.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción morfológica: Forma matas poco densas y que alcanzan hasta 100 cm de altura. Se caracteriza por la vellosidad que recubre todos los órganos vegetativos, los cuales toman una coloración verde-grisácea.

La inflorescencia es una panoja más o menos floja y lleva numerosas espiguillas de 4 mm de largo, comprimidas lateralmente y caducas a la madurez de los frutos. El poder germinativo de la semilla es bueno y esto ayuda a la propagación natural.

El holco florece y madura tempranamente por lo que está asegurado la autosiembra.

Adaptación

Clima: Templado-frío, resistente a los excesos de humedad. 1 500 a 3 800 msnm.

Suelo: Se desarrolla mejor en los suelos pesados, pero crece igualmente en los ligeros o arenosos. Crece bien en suelos ácidos del páramo. Poco exigente en fertilidad.

Manejo

Establecimiento: Por semilla botánica, 20-25 kg/ha, al voleo.

Uso: Para pastoreo. Se le encuentra en forma sub espontánea en potreros naturales y artificiales en mezcla con los raigrás, pasto azul y tréboles. Por su bajo valor nutritivo (14% proteína), el vello que recubre sus hojas y la poca palatabilidad se le considera un forraje mediocre en pasturas, pero como se indicó en suelo, puede ser muy útil en pasturas de páramo, para cuentas de ganado seco.

Rendimiento: 100 kg/ha de semilla.

RAIGRÁS

Nombre común: raigrás, raygrass, ballico.

Nombre inglés: ryegrass.

Dentro del género *Lolium*, encontramos tres especies forrajeras muy difundidas en la Sierra ecuatoriana y que constituyen por su adaptación, comportamiento y valor nutritivo, la base de las mezclas forrajeras de los potreros de esta región. Estas especies son:

<i>Lolium perenne</i> L.	Raigrás perenne o inglés.
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Raigrás anual o italiano.
<i>Lolium hybridum</i>	Raigrás híbrido.

Figura 4.6. R. Perenne

Figura 4.7. R. Anual

Figura 4.8. R. Híbrido



Fuente: León, R. 2018

Actualmente existen muchos tipos de cultivares, los que se diferencian por su ploidía (diploides y tetraploides), precocidad de floración (precoces, intermedios y tardíos) y nivel de endofito (nulo, bajo y alto).

Las especies del género *Lolium* son diploides $2n = 14$ (7 pares de cromosomas), sin embargo mediante técnicas apropiadas y el uso de la colchicina los técnicos han podido duplicar el número normal de cromosomas y conver-

tirlos en tetraploides $4n = 28$ (14 pares de cromosomas), lográndose producir una serie de materiales nuevos con características superiores a los raigrases normales. Los principales atributos y diferencias entre diploides y tetraploides son: 1) Los diploides ofrecen mayor rusticidad con una destacable adaptación a ambientes con restricciones y manejo no muy bien llevados. 2) Los tetraploides tienen doble volumen y mayor contenido celular; son de color verde más oscuro, hojas más brillantes, la producción de forraje es extremadamente alta, con una palatabilidad y aceptabilidad excelente, dan un mejor valor nutritivo y digestivo, la productividad animal es mejor, tienen mejor cubrimiento del suelo, sistema radical más profundo, rápido establecimiento y sus semillas son el doble de peso. Debido a su alta productividad son pastos exigentes en fertilización y humedad; no resisten limitantes de producción, en áreas con poco riego, con veranos prolongados o si no son fertilizados adecuadamente, reducen considerablemente la producción y duración.

De haber limitantes de producción, es preferible utilizar variedades diploides u otras especies forrajeras más rústicas.

Raigrás perenne

Características generales

El raigrás perenne es de gran importancia como especie forrajera en pasturas de Nueva Zelanda, Chile, Argentina, Ecuador, Gran Bretaña, Holanda y Estados Unidos, que se destinan a la alimentación de vacas lecheras por su productividad y larga duración. Se usa también en campos de golf, jardines y campos de fútbol.

Figura 4.9
Potreros de raigrás perenne



Fuente: León, R. 2017

Nombres comunes: Raigrás perenne o raigrás inglés.

Nombre inglés: Rye grass.

Nombre científico: *Lolium perenne* L.

Origen: Zona templada del Asia y del Norte del Africa. Fue el primer pasto cultivado para forraje. En Inglaterra se lo menciona a principios del siglo XVII.

Ciclo vegetativo: Perenne. Paladines menciona que en sus lugares de origen es una planta verdaderamente perenne, registrándose pastizales de edad conocida y ciertamente mayores de 40 años. En el Ecuador tiene duración corta por razones múltiples: competencia con especies invasoras como kikuyo, gramas, pajilla, etc., muerte de los macollos florecidos y deficiente manejo de la fertilización y riego (stress climático) que no permite el fuerte desarrollo característico del raigrás y aumenta las oportunidades para las especies invasoras.

Descripción morfológica: Forma matas densas con abundante macollos y follaje y alcanza alturas de 30-60 cm, la base de los macollos es de color rojizo. Hojas cortas, lampiñas (no tienen vellosidades) y rígidas, plegadas en la yema, el envés es de color verde oscuro muy brillante. Espigas delgadas y relativamente rígidas. La semilla carece de barbas. Su sistema radicular es muy denso pero superficial, desarrollándose en los primeros 20 cm del suelo.

Adaptación

Clima: Templado-frío (hasta 8° C de promedio), húmedo, soporta las heladas, no soporta temperaturas altas (> 25°C) ni la sequía, su perennidad se limita si se dan veranos rigurosos y prolongados. Ideal entre 2 500-3 600 msnm.

Suelo: También requiere de suelos ricos en nitrógeno; suelos francos o arcillosos, pH ligeramente o ácido, que tengan la suficiente humedad y fertilidad. No tolera el anegamiento superficial.

Manejo

Establecimiento: Por semilla botánica, 30-35 kg en siembra con máquina en líneas o 40-45 kg en siembra al voleo.

Uso: Tanto por el porte de la planta como por su tolerancia al pisoteo y a la defoliación el modo ideal de aprovechamiento es mediante pastoreo. Es imprescindible en todos los potreros de la región interandina (que dispongan de humedad y fertilidad). Apta para dar densidad a otras gramíneas de desarrollo lento, como festuca alta; sirve como amortiguador en el desarrollo de las malezas. También se le utiliza como planta de ornato o jardín y, para formar céspedes de canchas de fútbol en combinación con otras especies.

Rendimiento: Pastoreos cada 21-25-28-30-35 días, según la estación climática. En condiciones naturales 80 t/MV/ha/año, correspondiendo a 10-12 t/corte. Con fertilización, riego adicional y buenas prácticas de manejo, es

posible doblar la producción y la capacidad de sostenimiento. Según Paladines, con altos niveles de fertilización y sin restricciones de humedad, se pueden realizar hasta 14 pastoreos (descanso de 28 días), más comúnmente 10-12 pastoreos (cada 31-35 días). Morejón (1992, citado por Paladines), indica que en combinación con trébol blanco se han obtenido experimentalmente 25 toneladas de ms/ha/año.

Las variedades perennes duran en buena producción de 5-6 años. Paladines (2010) indica que en la sierra del Ecuador este raigrás tiene duración corta aún con el mejor manejo, por razones múltiples, una de las más importantes la competencia con especies invasoras menos valiosas (kikuyo, grama, pajilla) y posiblemente la alta relación de macollos que florecen durante los períodos de corta sequía los cuales mueren obligadamente al final del periodo de crecimiento reduciendo desproporcionadamente la población de plantas. A esto se agrega en muchas explotaciones, el deficiente manejo de la fertilización y el riego.

Valor nutritivo: Por su valor nutritivo se le considera como una de las mejores hierbas conocidas en el mundo. Las variedades diploides tienen 15-17,5% de proteína, las tetraploides 25% de proteína; 36% ENN; 80% de digestibilidad. Las hojas pueden tener 3-3,4 Mcal / kg /MS de EM (Paladines, 2002).

Variedades

Perennes diploides:

Alto: Originario de Nueva Zelanda, con endófito AR1, crecimiento erecto y hojas finas. Excelente persistencia (mejor producción a largo plazo) y floración intermedia. Alta energía metabolizable (2,95 EM/kg MS). Tolerancia a pastoreos intensos y frecuentes con alta carga animal.

Jumbo: de origen francés, crecimiento semierecto, forraje de alta digestibilidad, floración tardía.

Kingston: Rápido establecimiento lo cual permite lograr 12 cortes al año (Vinueza, 2001, citado en Paladines, 2002), alta densidad de macollamiento, rápida recuperación de pastoreos fuertes, excelente tolerancia a la humedad, persistente y productivo en suelos ácidos, resistente al Al⁺⁺⁺ y a la roya. Excelentes resultados para zonas mayores a 3 000 msnm. (Gallardo, 2003).

One 50: similar a Alto. Gran producción y persistencia, tiene endófitos por lo que está protegido contra insectos.

Pastoral: Duración 6-7 años. Tolerante a la roya y al verano. Capacidad de carga 5-7 animales.

Perennes tetraploides:

Amazon: Buena producción, alta tolerancia a la roya. Duración de la pradera 7 años. Rendimiento 170-180 t /FV/ha/año. Capacidad de carga 4-6 UBA/ha.

Banquet: Excelente pasto neozelandés (alta calidad y elevada producción), contiene endófito por lo que resiste a las plagas, como todo tetraploide requiere de un manejo cuidadoso en la época de sequía, a fin de no afectar a la persistencia.

Bealey: Calidad y producción similar a Banquet. Floración tardía, más que el Nui, persistente, alta densidad de macollos, tiene el endófito NEA2 para resistencia a insectos.

Galaxy: Forraje alto, hoja ancha y succulenta, alta densidad de macollamiento, mejorada tolerancia a heladas y roya. Alto nivel nutricional.

Horizon: Forraje alto, semierecto, resiste los excesos de humedad. Tolerante a la sequía y a la roya. Mayor macollamiento, que Galaxy, rápido rebrote.

Oro Verde: Rinde 20 t/MS/ha/año. Resiste al pisoteo, tolerante a la roya.

Reveille: Perenne verdadero, resistente a las enfermedades, incluido en las mezclas comerciales (blends) para darles mayor duración. Como variedad pura se puede cultivar con éxito, pero su desarrollo es más lento y su producción inferior a los anuales. La calidad del forraje es excelente.

Taptos: Es otro raigrás incluido en las mezclas (blends), para comunicarle características de perenne.

Tetrazverde: Produce 14% más de forraje que otras variedades, hasta 35-42 t/MV/ha/corte, con un 20-25% de proteína cruda. Se adapta hasta 4 000 msnm.

Raigrás anual

Figura 4.10
Raigrás anual



Fuente: León, R. 2017

Características generales

Nombre común: Raigrás anual, italiano, ballico.

Nombre inglés: Rye grass.

Nombre científico: *Lolium multiflorum* Lam.

Origen: Originario del Mediterráneo, sur de Europa, norte de África y Asia Menor, cultivada por primera vez en el norte de Italia. Actualmente esta especie se encuentra naturalizada en nuestro país.

Ciclo vegetativo: Anual, produce bien durante 6-9 meses; en condiciones favorables se comporta como bianual.

Descripción morfológica: De mediano desarrollo 60-90 cm de altura, forma matas abiertas en la base. Las hojas salen enrolladas, son de color verde oscuras y lampiñas; se caracterizan por tener la cara superior opaca y la inferior muy brillante, las nervaduras son bien marcadas. Los tallos son cilíndricos y de color blanquecino en la base. La inflorescencia es una espiga de 20-40 cm, de largo, espiguilla con 10 a 20 florecillas. Semilla barbada.

Adaptación

Clima: Templado húmedo, resiste bien el frío. No soporta la sequía. 2 500-3 600 msnm.

Suelo: Requiere de suelos de textura intermedia o ligeramente pesada, ricos en nitrógeno, pH óptimo 6-7. Responde bien a la fertilización.

Humedad: Los raigrases son muy exigentes en humedad, especialmente los tetraploides para un normal desarrollo requieren entre 12-25 mm de precipitación o de riego por semana. A pesar de los altos requerimientos de humedad, los raigrases son susceptibles a terrenos con capa freática superficial, encharcados o con exceso de humedad.

Manejo

Establecimiento: Por semilla botánica, al voleo 45-60-75 kg/ha según la cantidad de materia seca que se quiera obtener. Es aconsejado asociar con 8 kg/ha de trébol rojo.

Uso: Se le utiliza especialmente para corte a veces también para pastoreo. Esta especie es valorada por su rápido establecimiento, alta producción, excelente calidad y aceptabilidad por el ganado. Rendimiento superior al raigrás perenne. Se puede sembrar solo para producir heno o asociado con cereales de grano pequeño (avena, cebada) para la elaboración de ensilaje de alta calidad. Se le usa también en potreros de larga duración, con especies de lento crecimiento o desarrollo, para su aprovechamiento inmediato, hasta que las otras especies de la mezcla se hallen en estado de ser aprovechadas, en este caso la mezcla es 60-70% de especies perennes y 30-40% de especies híbridas o anuales.

En suelos pesados donde los raigrases tienden a desaparecer como consecuencia de la compactación, conviene sembrar esta especie para obtener buena producción aun cuando sea por corto tiempo.

Rendimiento: Cortes cada 28-30 días; 120 t/ha/año de forraje verde, correspondiente a 18 t/corte. Buena productora de semilla, 600-700 kg/ha.

Valor nutritivo: variedades diploides 14-15% de proteína, variedades tetraploides 19 – 20%; ENN 38,04%.

Varietades: Las variedades de raigrases de uso comercial, diploides y tetraploides son numerosas, permanentemente se encuentra en el mercado nuevas y mejores variedades, provenientes sobre todo de USA y Nueva Zelanda, por lo que es muy difícil determinar y enumerar a todas. Las principales son:

Anuales diploides:

Pichincha: según Jaramillo (1980) es una variedad de raigrás italiano obtenida por el INIAP, para formación de pastizales, tanto permanentes como temporales. El proceso de formación de esta variedad duró 15 años bajo diferentes condiciones medio ambientales de las áreas ganaderas de la sierra ecuatoriana. El ciclo vegetativo es de 2 años, con intervalo de cosecha de 35 a 60 días si se usa como forraje y 120 días si es para producción de semilla, la altura de la planta oscila entre 120 y 150 cm, el rendimiento es de 400 a 700 kg/ha de semilla y de 18 a 20 t/FV/ha (3 a 4 t/MS/ha) por corte. El contenido de proteína varía de 14-16% a los 35 días. Es resistente a la roya (*Puccinia coronata*), posee buena capacidad de asociación con otras especies forrajeras y persistente bajo pastoreo o corte. Especie muy difundida en la región interandina. Resiste bastante bien el verano, provee de forraje cuando las variedades “mejoradas” son afectadas por la sequía.

Florida 80: crecimiento rápido y vigoroso, alcanza 1,50 m de altura o más, de alta digestibilidad y valor nutricional. Se resiembra solo. Resistente a enfermedades. Se adapta muy bien en altura.

Surrey: similar a Florida 80.

Crusader: Excelente producción de materia verde y buena asociación con Horizon para henolaje. Recuperación agresiva después del corte. Persistencia mínima 2 años. Resiste la roya.

Gulf: corte cada 35-45 días, duración de 1-2 años.

Anuales tetraploides:

Archie: Neozelandés, excelente producción durante 6-9 meses, soporta muy bien el clima frío, logra elevados volúmenes de forraje en poco tiempo (tasas de crecimiento de 160 kg/MS/día), altos niveles de azúcar por lo que es muy palatable y fácilmente fermentable lo cual permite elaborar ensilaje de calidad.

Aubade: Desarrollado en Holanda. Buena adaptación y producción, pero muy susceptible a la roya (*Puccinia* sp.) y mancha de la hoja (*Helminthosporium* sp.).

Florida: Raigrás anual tetraploide de nueva generación (Westerwoldicum). Alta producción y palatabilidad. Más vida útil. Resistente a heladas y en-

fermedades. Resistencia a pastoreo y calidad excelente para henolaje y ensilaje. Establecimiento mediano.

Magnum: Muy productivo 250-300 t/FV/año. Capacidad de carga 5-8 UB/ha. Tolerante a la roya.

Tetilia: Variedad probada hace más de 20 años. Buena adaptación, comportamiento, valor nutritivo y producción. Se adapta al páramo (hasta 3 600 msnm). Resiste las enfermedades. Esta variedad, debido a sus características favorables, se incluye en las mezclas (blends). Puede comportarse como bianual.

Top One Blend: Magnífico para zonas templado-húmedas como Sangolquí, duración 18-36 meses, 130-180 t/FV/ha/año.

Rey Verde: Muy productiva 24 t/MS/ha/año.

Raigrás bianual

Características generales

Nombres comunes: Raigrás, ballico.

Nombre científico: *Lolium multiflorum*

Ciclo vegetativo: Se trata de raigrases anuales cuyos macollos no florecen; por tanto, pueden tener un comportamiento bianual. Sin embargo, la producción bianual dependerá del cultivar y el manejo. Persistencia entre 18 y 24 meses. El potencial de producción se expresa en el primer año, en el segundo año de producción no disminuye en forma importante, el número de macollos y su cobertura se mantiene en un 70%.

Descripción morfológica: Crecimiento semipostrado, hojas anchas de color verde intenso y floración intermedia. Plantas adultas de alto vigor.

Uso: En países con cuatro estaciones se utiliza para pastoreo invernal y corte para conservación de forraje en primavera. En Ecuador se pueden utilizar: para corte, conservación de forraje, praderas de rotación corta (2-3 años) en mezcla con cebadilla, achicoria y trébol rojo, para formar praderas perennes (70% de raigrás perenne y 30% de raigrás anual o bianual), o para sembrar pasturas perennes. Se asocia bien con la avena.

Rendimiento: Puede alcanzar un rendimiento de 18 t/MS/ha.

Variedades

Dipolides:

Lonestar: Se adapta hasta 3 400 msnm, pasto anual con comportamiento bianual.

Tabú: Multiuso, elevada producción, rápido establecimiento, ideal para rejuvenecer praderas establecidas.

Raigrás híbrido

Características generales

Nombres comunes: Raigrás, ballico.

Nombre científico: *Lolium hybridum*. (*L. perenne* x *L. multiflorum*).

En las especies del género *Lolium* debido al hábito de fecundación libre cruzada, se forman numerosos híbridos de un modo natural y también de manera artificial.

Figura 4.11
Raigrás híbrido



Fuente: León, R. 2017

Los raigrases híbridos tienen características intermedias entre las especies progenitoras: del raigrás inglés, persistencia y poca formación de tallos florales; del raigrás italiano, fácil y rápido establecimiento, alta producción y rápido rebrote después de los cortes o pastoreos. Los raigrases híbridos tienen un alto rendimiento, hojas anchas, alta calidad y una perennidad intermedia de 2 a 3 años si las condiciones son favorables. El vigor híbrido o heterosis de los raigrases es un 10-15% mayor que los progenitores.

Adaptación

Clima: Templado húmedo. No tolera períodos largos de sequía.

Suelo: Esta especie se adapta mejor a suelos de textura media a pesada, con buen drenaje superficial, pH 6 a 7, contenidos de materia orgánica superiores a 6% y con buen contenido de fósforo y bajos niveles de aluminio.

Uso: Siembra con labranza convencional y para resiembras en pasturas degradadas, ocupa rápidamente los espacios vacíos, se caracteriza por una alta producción en el año de establecimiento, decayendo luego en el segundo año. La agresividad puede limitar la asociación con especies de lento establecimiento.

Es una especie de buena aptitud para pastoreo. Apto para corte o ensilaje de calidad.

Variedades

Híbridos Perennes Diploides:

Geysler: Dura hasta 4 años en zonas húmedas, excelente productividad en zonas frías, rápido establecimiento. Recomendado en toda mezcla por el vigor ya que ayuda a sostener a los pastos diploides, tetraploides, etc. (Gallardo, D.,2003).

Sabana: Producción entre 5-6 años. Adaptación hasta 3 200 msnm. Para pastoreo y corte.

Híbridos Perennes Tetraploides:

Acrobat: Duración 5-6 años. Rinde 180-220 t/FV/año

Bandito 2: Crece entre 60-70 cm de altura. Rinde 25-35 t/MV/ha/corte. Adaptación hasta 3 200-3 400 msnm.

Boxer: (*Lolium x Boucheanum* Kunth) Pasto holandés con genética irlandesa, es quizás uno de los mejores raigrases disponibles para pastoreo intensivo. Mayor contenido de materia seca. Duración hasta siete años. Soporta cargas de hasta 5-7 animales/ha.

Greenstone: El mejor híbrido perenne tetraploide de N. Zelanda, forma densos macollos, muy productivo, excelente persistencia, tolerante a la roya.

Major: Desarrollo exclusivamente para maximizar el rendimiento de materia seca y mejorar el rebrote del forraje. Madurez tardía, alta proteína, baja fibra y alto valor biológico. Se comporta como raigrás anual.

Ohau: genética 75% de perenne y 25% de italiano, resistente a periodos fríos, gran porcentaje de hojas verdes.

Shogun: excelente rendimiento, duración de 3 años en zonas con poca humedad y 5 años en zonas húmedas, floración tardía.

Sweet'ner: Genéticamente 2R Tetraploide perenne + 1R Tetraploide intermedio. Se adapta hasta 3 800 msnm, altamente palatable, muy digestible, muy resistente a épocas secas, bueno para el pisoteo. 70% más de carbohidratos, hasta un 8% más de leche por vaca, hasta un 38% más de materia seca, mejor asimilación de la proteína (proteína cruda 16-22% con un 95% de digestibilidad).

Tetralite: Desarrollado mediante hibridación a través de cruces inter-específicos entre clones de raigrás italiano y de raigrás perenne y posterior tratamiento de los híbridos seleccionados con colchicina. Luego se seleccionó con base en la adaptación, vigor, resistencia a la sequía y enfermedades, mayores consumos e incrementos en la producción de leche y aumento en la gustosidad. Tiende a comportarse como perenne cuando las condiciones son favorables. Requiere de suelos de fertilidad alta y media, textura franca aunque

tolera los suelos pesados. Es exigente en humedad y resistente a las heladas. En algunas condiciones es fuertemente atacado por la roya. Excelente pasto.

Rendimiento: 130-150 t/MV/ha/año, en 10 cortes.

Valor nutritivo: 24% proteína, 90% digestibilidad.

Max Leche: duración 2-3 años. Producción 200-250 t/FV/ha/año. Tolera el verano, buena palatabilidad. Soporta una carga animal de 4-6 UB/ha.

Híbrido Tetraploide Bianual

Bisón: bianualidad asegurada con volúmenes de producción parecidas a los anuales, palatable, digestible, alta calidad y alto contenido de azúcares. Germina a los 7 días, y rápidamente se convierte en planta fuerte. Excelente para sembrar en combinación con otras gramíneas (20-30% de la mezcla) para pastizales perennes o para producción de heno, ideal para resembrar y obtener rápidamente una pradera de alta producción. Excelente como pasto nodriza para alfalfa (20% de la mezcla). El primer corte puede hacerse a las 6-8 semanas después de la siembra.

Tetrablends (mezclas de tetraploides)

Tetrablend 30: Es una mezcla en la cual predominan los tetraploides perennes (60%) para proporcionar larga vida a la pradera; los anuales (40%) le comunican a la mezcla precocidad y excelente producción en los primeros estados de desarrollo de la pradera.

Producción: 160-170 t/MV/ha/año, en 10 cortes.

Valor nutritivo: 24% de proteína, 90% digestibilidad.

Tetrablend 444: Está constituido por tres tetraploides anuales y se caracteriza por su gran precocidad y alta producción de forraje. Su duración es aproximadamente igual a la del Aubade y el Tetila. Es resistente a enfermedades, principalmente a la roya. Puede sostener 5 UBA/ha, con 15 L. de producción.

Valor nutritivo: 30% de proteína, 70% digestibilidad.

Santos, y León (2008) evaluaron el germoplasma comercial con aptitud forrajera, mediante parámetros de adaptación y rendimiento; esta investigación culminó con la selección de los principales cultivares de importancia productiva, para la Hda. El Prado (IASA-ESPE) Sangolquí, y determinaron precisamente que los raigrases Tetrablend 30 y Tetrablend 444 son los mejores cultivares para esta zona. Para corte también los ray grasses Blizar, Top One Blend y Surrey.

Por otra parte, Ochoa, Vega, y León (1998), al validar de opciones de mezclas forrajeras para el IASA y su zona de influencia, demostraron la magnífica producción primaria y secundaria de los raigrases cultivares Tetrablend 30 y Greenstone.

FESTULOLIUM

Características generales

Nombre común: Festulolium.

Nombre científico: *Festulolium*.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Festulolium es un híbrido (cruce) de raigrás perenne o italiano y festuca alta o festuca media (Tabla 4.1).

Tabla 4.1
Cruces de festuca y raigrás

Progenitor materno	Progenitor paterno	Híbrido descendiente
<i>F. arundinacea</i>	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Festulolium pabulare</i>
<i>F. arundinacea</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Festulolium holmbergii</i>
<i>Festuca pratensis</i>	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Festulolium braunii</i>
<i>Festuca pratensis</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Festulolium lolium</i>

Fuente: Moreno, 2016

Festulolium, pasto de estación fría, combina lo mejor de cada especie. Los puntos a considerar acerca de las características de los progenitores son: de la festuca la persistencia, fácil establecimiento y manejo, buena resistencia a enfermedades, alta cantidad de materia seca, rápido rebrote, (pero también la relativa mala palatabilidad y poca capacidad de sostener elevada producción de leche); del raigrás, forraje la alta calidad y productividad, buena digestibilidad, contenido de azúcares y palatabilidad, pero también, baja persistencia, menor resistencia a las inviernos severos y a las enfermedades. Algunos festulolium son más parecidos a las festucas y otros más parecidos al raigrás perenne. Los festulolium originarios de raigrás anual duran aproximadamente cuatro años. Los festulolium pueden ser utilizados en varios contextos, solo 35-40 kg/ha, en mezclas con raigrás u otras especies forrajeras (alfalfa, pasto azul, tréboles, loto) 5-15 kg/ha según el caso.

Variedades

Duo: cruce proveniente de festuca media, tolerante al calor o al frío intenso. Mayor longevidad que los raigrases. Elevado valor nutritivo, alta persistencia, elevada producción y buena palatabilidad.

KIKUYO

Características generales

Nombre común: Kikuyo.

Nombre científico: *Pennisetum clandestinum* Hochst

Origen: Kenya, África.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción morfológica: Gramínea vivaz que se extiende superficialmente a través de sus estolones, posee también rizomas gruesos y succulentos que pueden alcanzar hasta 100 cm de largo. Los tallos erectos y finos pueden alcanzar alturas de 50-80 cm. Hojas estrechas que alcanzan de 10-20 cm de largo y de 8-15 mm de ancho. Los estambres son blancos y brillantes. Las semillas se producen en las axilas de las hojas donde quedan ocultas, de ahí el nombre de *clandestinum* dada a la especie. Forma un césped denso que cubre totalmente el terreno no permitiendo el desarrollo de las malezas.

Figura 4.12
Pasto kikuyo



Fuente: Guitiérrez, F. 2018

Adaptación

Clima: Crece en forma subespontánea en toda la región Interandina, de 1 500-3 000 msnm, ideal 2 000-2 600 msnm con riego o suficiente humedad; no resiste la sequía ni las heladas. Constituye el pasto natural de la sierra para la alimentación del ganado vacuno.

Suelo: Se adapta a cualquier clase de suelo, incluso ligeramente salinos. Produce bien en tierras sueltas, bien estercoladas (fértils), pH ligeramen-

te alcalino o neutro. No prospera bien en suelos ácidos y pobres. Responde bien a la fertilización nitrogenada pudiendo duplicar la producción.

Manejo

Establecimiento: Material vegetativo (estolones y rizomas) y semilla botánica. Por su hábito agresivo, es una maleza que se propaga en forma natural, no hace falta sembrarla. La semilla permanece latente en el suelo por muchos años. Para estimular el crecimiento vertical hay que cortar los estolones mediante el pase de rastras destrabadas o con una aireadora.

Uso: Especie utilizada para pastoreo, a veces obligado. Bien manejado soporta alta carga animal y alta producción / ha; donde existe medio ambiente favorable (humedad y fertilidad) es conveniente manejarlo. Pasto agresivo que invade tierras agrícolas y cuya erradicación es difícil y costosa, constituyendo una verdadera plaga. La semilla de kikuyo sobrevive por muchos años en el suelo. También se le utiliza para fijar terrenos, para césped en parques, jardines y campos deportivos. Período de rotación 35 días durante las lluvias y 45-60 días en época seca. Se debe pastorear cuando tiene 5 hojas, antes de que forme tallo erecto.

Sobre el rendimiento comparativo entre el kikuyo, con especies mejoradas se puede indicar los resultados de investigaciones de Regalado (2001, citadas por Paladines):

...se comparó la producción de ray grass perenne (var. Solo), bromo (var. Matua) y kikuyo en la zona de San José de Minas a 2 400 msnm, con tres niveles de fertilización nitrogenada y en mezcla con trébol blanco. En este experimento las tres gramíneas se comportaron igual sin fertilización nitrogenada, pero las dos especies importadas produjeron más que el kikuyo a medida que el nivel de N aplicado aumentó, sin diferencia significativa entre las dos. También en la mezcla con trébol las gramíneas importadas tuvieron mejor comportamiento que el kikuyo.

Productividad: 90 t/ha/año.

Valor nutritivo: cuando el pasto tiene 20 cm de altura, 15% de proteína cruda.

Leguminosas

De la subfamilia Papilionodeae, las especies de los géneros *Lotus*, *Medicago*, *Trifolium*.

Loto corniculado

Figura 4.13. Loto



Figura 4.14. Loto asociado a kikuyo



Fuente: León, R. 2015

Según (Benítez, 1980), el género *Lotus* tiene alrededor de 60 especies. Las principales son *Lotus corniculatus* y *L. pendiculatus* Cav. (Big trefoil).

Características generales

Nombres comunes: Loto, cuernecillo.

Nombre inglés: Birdsfoot trefoil.

Nombre científico: *Lotus corniculatus* L. *Lotus pedunculatus* Cav.

Origen: Europa, Asia y Norte de África.

Ciclo vegetativo: Perenne de larga vida.

Descripción morfológica: Planta herbácea de tallos delgados que alcanzan de 50-100 cm de altura, esparcen numerosas ramificaciones sobre el terreno, hojas pequeñas formadas por 5 foliolos, de los cuales 2 foliolos son basales (pseudo estípulas) y 3 apicales digitados. Raíz pivotante con numerosas ramificaciones. Inflorescencias en umbelas axilares con 3-7 flores de color amarillo anaranjado, las vainas forman una pata de pájaro. El número de semillas por vaina varía entre 2-8. Las semillas son redondeadas, de color verde oliva o pardo oscuro, más pequeñas que de los tréboles.

Adaptación

Clima: Templado frío y húmedo, resistente al frío. 1 500-3 200 msnm. Resiste la sequía no prolongada.

Suelo: Se desarrolla en toda clase de suelos, persistente en suelos con excesos de humedad, de poca fertilidad y pH ácido donde la disponibilidad de fósforo es baja. Es notoria la magnífica adaptación en las estribaciones de cordillera con mucha humedad, como en Baeza, Cotundo, etc. Tolerancia a la salinidad.

Manejo

Establecimiento: Por semilla en cultivo puro 6-9 kg/ha, en asociación con gramíneas 2-3 kg/ha. El desarrollo inicial del cultivo es lento, aparece varios meses más tarde que el resto de especies de la pastura, pero posteriormente las plantas de loto crecen con rapidez. Una vez establecido el cultivo, las plantas se resiembran fácilmente. Convive bien con el kikuyo.

Debido al reducido tamaño de la semilla, el terreno debe estar bien preparado, libre de malas hierbas y la cama firme. Es aconsejable escarificar la semilla, para mejorar la absorción de agua y por tanto la germinación. También puede propagarse vegetativamente.

Cepeda, Velasco, y León, (2003) encontraron que, en pastizales ya establecidos, especialmente en kikuyo, es difícil la introducción del loto por el método de resiembra con semilla, ya que el colchón dificulta el crecimiento inicial del loto, por lo que es preferible el método de trasplante de plantines.

Uso: Para pastoreo, heno y ensilaje. Es la leguminosa de elección para aquellos lugares donde la alfalfa no prospera (humedad, acidez). Resiste el pisoteo. El loto tiene un alto valor proteico, es nutritivo y palatable. Esta planta tiene taninos condensados que tienen la particularidad de reducir el gas metano expulsado por los rumiantes en un 30%.

Cepeda, Velasco, y León (2003) refieren que el tratamiento T3 (Trébol blanco 15% + Loto 15% + Gramíneas 70%) no produce timpanismo, esto se atribuye al contenido de taninos que tiene el loto.

Varietades: Según (Murillo y León, 2000) en condiciones de la Hda. El Prado (IASA), Sangolquí, el loto tetraploide Maku (*L. pendiculatus*) originario de Nueva Zelanda ha demostrado ser mejor cultivar que el *L. corniculatus*. El establecimiento del loto es lento, pero luego su rendimiento es muy aceptable, pues puede llegar en términos generales a los rendimientos del trébol blanco.

ALFALFA

Según Flores, J. (1987), del género *Medicago* existen unas cincuenta especies en la región del Mediterráneo hacia Turquestán, norte de Judea y Oriente de la China.

Según Basigalup, e Hijano (1995) citan que la alfalfa tiene un número básico de ocho cromosomas; es una especie polimórfica con formas diploides (16 n) y tetraploides (32 n).

La alfalfa se puede clasificar en grupos según sus flores y la resistencia al frío:

<i>Medicago sativa</i> L.	Alfalfa común.
<i>Medicago falcata</i> L.	Alfalfa amarilla.
<i>Medicago media</i> Pers.	Alfalfa variegada.

Alfalfa común

Características generales

Nombre común: Alfalfa, nombre árabe de origen pérsico, que significa “el mejor pasto o forraje”.

Nombre inglés: Lucerne.

Nombre científico: *Medicago sativa* L.

Origen: Cáucaso, Turquestán, Turquía y Babilonia (actual Irán) donde el cultivo se conoce desde hace 3 300 años.

Ciclo vegetativo: Perenne. Longevidad 10-12 años en alfalfas cultivadas a mano, 4-5 años en lotes extensivos cultivados en forma mecanizada.

Descripción morfológica: La variedad de alfalfa nacional tiene las flores moradas. Los frutos son vainas espiraladas con variación en el número de espiras y semillas, según provenga de la fecundación cruzada o de autofecundación; en el primer caso tiene 3-5 vueltas y 9-11 semillas y, en el segundo caso 1,5 vueltas y 1-3 semillas. Las semillas son de forma arriñonada y tienen una coloración verde oliva lustrosa cuando joven y mate a medida que envejece, tornándose luego café oscura. La alfalfa cultivada tiene la corona sobre el nivel del suelo.

Figura 4.15
Alfalfa nacional



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz, N. 2012

Adaptación

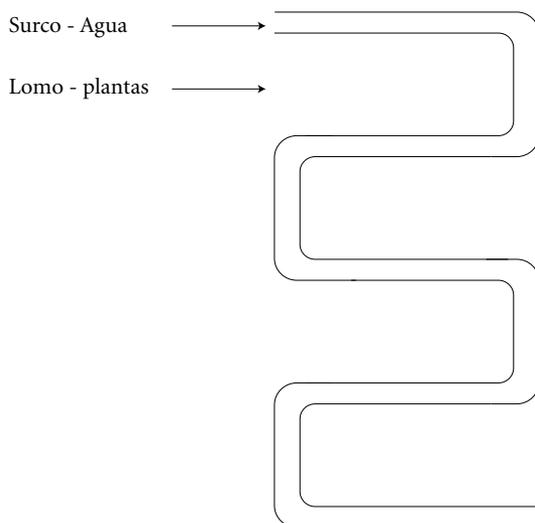
Clima: Clima mesotérmico seco y semi húmedo. Valles bajos de la región interandina.

Suelo: Tiene una notable adaptabilidad a diversas clases de suelos, sin embargo, para un buen desarrollo de la planta es indispensable suelos profundos, con subsuelo permeable. El pH ideal es neutro o ligeramente alcalino (6,2-7,8), puede vegetar con pH 9 y llegar a pH 11, no soporta la acidez, limitante para el cultivo es un pH 4,5-5,5. La alfalfa planta calcícola, necesita suelos con 2-3% de Ca.; requiere también P, K y elementos menores (B).

Manejo

Establecimiento: Por planta. En la alfalfa para corte, el sistema de siembra más generalizado en la sierra ecuatoriana, es utilizando planta en sistema de canteros. Los canteros siguen las curvas de nivel para regular la velocidad del agua, generalmente la longitud del cantero es de 6-7 m. El cantero está formado por lomos y surcos; en los lomos se ubican las plantas separadas 20-30 cm en doble fila y por los surcos de 20 cm de ancho corre el agua.

Cantero



La plántula para este efecto se produce en semilleros donde se siembran 2 kg de semillas. La cantidad de plantas por hectárea varía de 128 000-166 000, según las distancias; estas cantidades pueden aumentar cuando se hace necesario replantar por muerte de las plantas.

Uso: La alfalfa es una leguminosa muy apetecida por el ganado vacuno, caballar, ovino y especies menores como cuyes y conejos, sea como forraje verde, heno y bajo forma de harina (alfarina). Se le usa sola o en mezcla con otras gramíneas y leguminosas. En la sierra es común su cultivo para expendio en verde en las ferias de pueblos y ciudades. Como las alfalfas cultivadas poseen coronas sobre el nivel del suelo, son en consecuencia afectadas por el pastoreo. En el manejo de un alfalfar uno de los cuidados principales es atender a la conservación de la corona en estado óptimo.

El primer corte debe hacerse a los 90 días de la siembra, o cuando complete su primera floración. Posteriormente, se corta cuando los tallos tienen ocho nudos, o cuando las hojas basales empiezan a senescer (amarillarse), o cuando el cultivo está con un 10% de floración; (Paladines, 2010) señala que un indicador para el corte de la alfalfa es “cuando tiene 3 o 4 brotes en la base de la planta”. Una vez al año se debe dejar que enflore un 50%. Si la planta es defoliada, cuando a tenido tiempo de acumular un alto nivel de reservas, de formar nuevas yemas en la corona y florecer (completando su ciclo natural), el rebrote será a partir de estas yemas de la corona; mientras que, si el corte es temprano, el nuevo rebrote será a partir de las yemas axilares de los tallos cortados, si la alfalfa se corta reiteradamente a ras del suelo y antes de la floración, ésta desaparecerá prematuramente. Si por cualquier causa se corta anticipadamente, no se recomienda hacerlo más de dos veces al año.

La vida útil de un alfalfar se puede acortar también debido a humedad excesiva, ataque de nematodos, marchitez bacteriana, pH ácido, falta de Ca, B y materia orgánica.

Productividad: 12-20 t/ha/corte (en promedio 8-12 t/corte). El número de cortes está entre otros factores, en relación con la altitud, normalmente se obtiene de 8-10 cortes al año. Se puede cosechar también 400-600 kg/ha de semilla. Con respecto a la productividad de la alfalfa sembrada al voleo como potrero, en líneas para corte mecanizado, o por planta en surcos, la experiencia indica que en los primeros casos, con alta densidad de plantas se obtiene una mejor productividad inicial, pero con el tiempo baja, debido a múltiples causas como autoselección de plantas, dificultad de controlar malezas, compactación del suelo, etc., mientras que, en los alfalfares establecidos por planta y cultivada, la producción inicial es menor, pero con el tiempo el cultivo se vigoriza, macolla más y a la larga es más productivo y longevo, sin embargo en un balance final, es posible que los dos modalidades produzcan rendimientos similares.

Valor nutritivo: Las hojas 24% de proteína, 18% de fibra y 70% de digestibilidad; los tallos 20% de proteína y 30% de fibra.

La alfalfa produce aproximadamente el doble de proteína digestible que el trébol. Es rica en minerales y contiene 10 vitaminas diferentes, es importante fuente de vitamina “A”.

Aceptabilidad, INTA (1995) indica que las vacas pueden consumir una oferta de materia seca de alfalfa, de hasta el 7,5% de su peso vivo.

Variedades

Alfalfa nacional: conocida como alfalfa ambateña, probablemente corresponda a *Medicago sativa* var. *polia*. Tiene el tallo semileñoso de color morado, follaje más pubescente, a diferencia de la alfalfa común que es casi lampiña, flores moradas, lóbulos de los foliolos más largos. Resistente a la sequía se adapta a regiones de verano prolongado, susceptible a nematodos del tallo y la raíz.

Alfalfa amarilla

Características generales

Nombre común: Alfalfa amarilla, alfalfa de Suecia.

Nombre científico: *Medicago falcata* L.

Origen: Siberia.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción morfológica: Sistema radicular ramificado, con una corona profunda de donde nacen los tallos decumbentes y de escasa altura. Flores amarillo-rojizas. Frutos en vainas arqueadas.

Adaptación

Clima: Muy resistente al frío y a la sequía.

Suelo: Crece en terrenos pobres, sensible a la acidez.

Manejo

Establecimiento: Por semilla, un factor que ha limitado la difusión de esta especie es la dificultad de cosechar semilla, ya que las vainas maduras se abren. Su semilla es del mismo tamaño y peso que la de *M. sativa*.

Uso: Especie importante y de uso exclusivo para hibridaciones (mejoramiento genético).

Alfalfa híbrida

Figura 4.16
Alfalfa híbrida



Fuente: León, R. 2017

Figura 4.17
Inflorescencia de alfalfa



Fuente: León, R.2017

Características generales

Nombre común: Alfalfa híbrida, Alfalfa variegada.

Nombre inglés: Variegated.

Nombre científico: *Medicago varia* Pers.

(*Medicago sativa* x *Medicago falcata*). Algunos autores, mencionan que a este grupo pertenece *M. media*.

Origen: Esta alfalfa es un híbrido de ambas especies, tanto de origen natural como por resultados de trabajos de mejoramiento.

Descripción morfológica: Es una planta herbácea que alcanza de 50-90 y hasta 100 cm de altura. El sistema radicular tiene una raíz principal bien definida que puede penetrar en el suelo 2 m al segundo año, 4 m al tercer año y luego hasta 9 m de profundidad. La corona es característica en esta forrajera,

como en muchas otras leguminosas trifoliadas; viene a constituir la zona terminal de la parte superior de la raíz principal, contiene prácticamente todas las yemas vegetativas de donde nacen los tallos en los primeros cortes, sin embargo, en los rebrotes subsiguientes, los tallos pueden desarrollarse también a partir de yemas axilares, ubicados en los nudos basales de los tallos cortados. La corona mide 15 cm pero en algunas plantas adultas puede llegar al doble; puede aparecer sobre la superficie de la tierra, al nivel de la misma o bajo ella. Una planta puede tener de 25-50 tallos y aún más. Las hojas se disponen en los tallos en forma alterna y opuesta y se originan en el nudo de los mismos; son trifoliadas y el pedicelo central es de mayor longitud que los laterales. En las axilas de las hojas hay estípulas de borde aserrado. Las flores se forman en racimos abiertos y pueden ser de colores variados (“variegadas”) como púrpura, azul, amarillo o blanco. La estructura de la planta es también marcadamente diferencial: cultivares de los grados de latencia larga o intermedia poseen mayor tamaño de corona y número de tallos por unidad que los de latencia corta o sin reposo. Corona a ras o bajo el nivel del suelo.

Adaptación

Clima: La alfalfa híbrida se adapta a un amplio margen de condiciones de clima, desde el cálido seco hasta el templado y frío, es decir, desde el nivel del mar (valle de Portoviejo) hasta 3 000 msnm. En el ámbito mundial se puede encontrar alfalfa sobreviviendo en Alaska (60 °C. bajo cero) como en California (54 °C. sobre cero). En la sierra, el mejor clima está entre los 1 500 y 2 500 msnm. Se considera que son suficientes 900 mm anuales de lluvias bien repartidas. Es sensible a los excesos de humedad, las plantas de alfalfa pueden morir en suelos saturados de humedad por más de 24 horas. La temperatura ideal es 14 grados centígrados y un fotoperiodismo conveniente (500-600 horas luz/corte).

La alfalfa no se adapta a climas húmedos ni suelos pesados, en efecto, en el valle de Machachi y en el Centro Experimental Uyumbicho de la Facultad de Med. Vet. Zootecnia de la U. Central, la alfalfa produce bien en la época seca; mientras que, con lluvias la alfalfa es atacada por diversos patógenos que provocan su deterioro y envejecimiento prematuro. En las partes altas del valle, con suelo arenoso (buen drenaje) la alfalfa produce mejor.

Posee gran resistencia al frío, sequía moderada. Se debe destacar que sobre 70% de la producción mundial de alfalfa se realiza en suelos no regados (Delorenzo, 2014).

Suelo: Igual que la alfalfa nacional.

Manejo

Uso: Tolerante al pastoreo. Se puede también cortar para elaborar heno, harina, pellets.

Propagación: Semilla 20 kg/ha (siembra mecanizada) a 40 kg/ha al voleo. Se ha determinado plenamente que la tecnología empleada (buena preparación del suelo, elección de la variedad adecuada, inoculación de la semilla, siembra mecanizada, control de malezas absoluto, control integrado de insectos dañinos-enfermedades, riego oportuno, fertilización, método de cosecha en las primeras etapas de desarrollo, etc.) es más importante que la cantidad de semilla a la siembra; Romero *et al.* (1991) indica que se pueden obtener rendimientos anuales de materia seca similares (media de 12 500 kg/ha/MS/en el primer año) utilizando densidades de 5, 10, 15, 20, 25 kg/ha.

Después de tres meses de la siembra el cultivo está listo para el primer corte; generalmente, el primer corte es de poco rendimiento, la producción es significativa a partir del segundo corte. Si se sembró para pastar, vale la pena indicar que el alfalfar nunca debe pastorearse hasta después de un año de establecido el cultivo.

Luego de helada o si hay rocío, los pastoreos deben ser controlados para evitar o disminuir el riesgo de torzón.

Figura 4.18
Cosecha de alfalfa



Fuente: Gutiérrez, F. 2016

Rendimiento: Varía con el tiempo de establecimiento del cultivo, al inicio es bajo, pero con el fortalecimiento de las coronas se incrementa el rendimiento, en promedio 18 t /MV/corte, pero puede llegar a 22 t/MV/corte. A este respecto Paladines, O., refiere que Claudio Wernli en Chile, luego de comparar durante siete años, los dos sistemas de uso de la alfalfa (pastoreo y corte mecánico), llegó a la conclusión “de que en condiciones similares de aprovechamiento no hay diferencias en la producción con uno y otro sistema,

más aún cuando esta leguminosa por efecto de los nematodos del suelo no sobrevive más de 4-5 años”.

Valor nutritivo: Alrededor de 23% de PC, en la materia seca.

Variedades

Flores (1987) refiere que existen más de 1 000 variedades híbridas, con diferentes proporciones genéticas (la alfalfa común tiene 32 cromosomas y la alfalfa amarilla 16), de allí la gran variabilidad de caracteres morfológicos, fisiológicos y de comportamiento agronómico. Como cada día se hacen nuevas hibridaciones, la lista es interminable. Consecuencia de su origen genético, las alfalfas se diferencian y se clasifican en tres grandes grupos de acuerdo a su dormancia o reposo invernal, que es una característica que les permite mantenerse en estado latente durante el período de bajas temperaturas y heladas invernales, previa acumulación de reservas en la raíz y la corona, que facilitarán rebrotar en primavera, tan pronto como cesen las condiciones rigurosas del clima frío.

La variación genética permite encontrar cultivares de alfalfa que entran y salen de latencia en distintos umbrales de temperatura y, por lo tanto, presentan distintos hábitos de crecimiento.

En general, existe una relación directa entre latencia y persistencia. Así, resultan más longevos los cultivares de mayor reposo invernal. Estos, a su vez poseen mejor comportamiento frente a enfermedades foliares, siendo además los materiales de origen nacional superiores a los introducidos.

La estructura de la planta resulta también marcadamente diferencial: cultivares de los grados de latencia larga o intermedia poseen mayor tamaño de corona y número de tallos por unidad que los de latencia corta o sin reposo. En función de esta característica, las distintas variedades de alfalfa se clasifican de acuerdo a la escala de grados de latencia invernal en:

Variedades dormantes 1, 2 y 3

Este tipo de variedades muestran una resistencia muy alta a bajas temperaturas, por períodos muy largos y son comúnmente referidas como alfalfas del norte. Este tipo de variedades si son sembradas en climas que no son fríos, entrarán en dormancia cuando los fotoperíodos se acorten, mostrando una dormancia total. Las variedades dormantes tienden a durar más años, pero con solamente dos o tres cortes por año.

Variedades semi dormantes 4, 5, 6 y 7

Estas variedades tienen ya un mayor rango de adaptación, aunque si presentan algo de dormancia en el otoño y pueden resistir temperaturas no muy frías. Presentan un mejor desarrollo que las variedades dormantes en inviernos no tan severos.

Variedades no dormantes 8, 9 y 10

Son clasificadas como variedades que no detienen su crecimiento en el otoño o invierno, sino que permanecen creciendo durante todos los meses del año, llegando a tener hasta más de doce cortes en algunas regiones con heladas muy ligeras. Estas variedades presentan una recuperación más rápida después de ser cortadas.

En el país las variedades más conocidas, son:

Abunda Verde: Variedad muy precoz, recomendada para pastoreo, mayor cantidad de hojas, tallos suculentos, excelente palatabilidad y digestibilidad.

Caliverde: Producida en Estados Unidos, es el resultado de cruzamientos entre plantas de selecciones de Turkestan. Es una variedad con un alto porcentaje de hojas, de buen rendimiento; altamente resistente a la marchitez bacteriana; persistente y productiva; no resiste a las bajas temperaturas.

Cuf 101: Gran vigor, desarrollada para pastoreo, se puede utilizar tanto para corte como para pastoreo, resistente a condiciones adversas de clima, suelo, enfermedades y plagas como pulgón verde y azul. Dormancia 9.

Flor Morada: Variedad desarrollada para corte por su altura 60 cm, gran cantidad de follaje y adaptabilidad, extraordinaria calidad de forraje. 23% de proteína.

Génesis: Grupo de dormancia 7, es una nueva variedad de alfalfa de invierno de Nueva Zelanda, que ofrece: alta producción de forraje y persistencia. Gran cantidad de hojas. Rebrote acelerado, rotación corta. Excelente macollamiento. Resistente a *Phytophthora*, *Colletotrichum* y áfidos. Tolerancia a excesos de humedad.

Moapa: Obtenida en Estados Unidos a partir de clones de la variedad "africana", resistente al pulgón de la arveja. De alto rendimiento. Susceptible al nemátodo del tallo y de la raíz y moderadamente susceptible a la marchitez bacteriana. Tiene un gran desarrollo inicial. Su recuperación después del corte es rápido. Existe una Moapa mejorada, denominada Moapa 69.

Super Granada: Excelente producción. Resistente a heladas. De gran tamaño. Dormancia 10.

WL 516: Dormancia 8, producida en Estados Unidos por WL Research, empresa líder en creación y producción de semillas de alfalfa. Esta alfalfa es altamente resistente a plagas y enfermedades y registra elevados rendimientos de leche, carne y heno de óptima calidad.

WL 525: Resiste bien la sequía, plagas, enfermedades y tiene mejor respuesta animal.

WL 612 y WL 442 que aparentemente resisten mejor la humedad.

Según Murillo, J. (2000), en la Hda. El Prado (Sangolquí) se adaptaron bien las alfalfas SW 82-10, WL 516, WL 61Q y Alfagenes 10.10.

Super lechera: Se cultiva hasta 3 200 msnm. Corte o pastoreo. Gran vigor y rápida recuperación. Resistente a los pulgones. Duración de 4-6 años. Elevada calidad nutritiva, mayor palatabilidad, digestibilidad y consumo. Mayor cantidad de hojas.

SW-14: Apta para clima subtropical (1 000-2 000 msnm). Resiste las enfermedades fungosas, verticilium y nemátodos.

Tabla 4.2
Contenido de proteína de algunas leguminosas

Leguminosa	Proteína
Trébol de Alejandría	19.50
Alfalfa Flor Morada	23.25
Alfalfa Abunda Verde	17.37
Alfalfa Moapa Mejorada	15.31
Trébol Rojo Keenland	24.31

Fuente: Aguilera & León, 2002

Aguilar, J. y León, R.²² (2002), encontraron que “las alfalfas Flor Morada nacional y Moapa Mejorada presentaron los mayores rendimientos con un promedio de 22 733 kg/MV/corte/ha, por lo que se recomienda seguir utilizando en la zona de Cotopaxi-Lasso, especialmente para el pequeño agricultor que busca un mayor rendimiento en fresco”. “En el caso del uso de la alfalfa

2 Siendo el cultivo de la alfalfa tan especializado, a quien interese profundizar en este tema recomiendo la lectura de “La alfalfa en la Argentina”, Manual 11 de la Enciclopedia INTA, Agro de Cuy, 1995. Redactado por 25 autores especialistas del tema, 270 páginas.

para la elaboración de alfarinas se recomienda a la alfalfa Morada Nacional por su elevado porcentaje de proteína en base seca”.

Los contenidos de proteína de algunas leguminosas y en especial de las alfalfas, se pueden observar en la Tabla 4.2.

TREBOL BLANCO

Características generales

Nombre común: Trébol blanco.

Nombre inglés: White clover.

Nombre científico: *Trifolium repens* L.

Origen: África del Norte, Asia y Europa.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 4.19
Trébol blanco



Fuente: Gutiérrez, F. 2012

Descripción morfológica: Planta rastrera, estolonífera. Las hojas formadas por tres folíolos sentados tienen forma y tamaño variable: pueden ser elípticos, anchos y ovales o casi acorazonados. Presenta una mancha blanca en forma de “V” en el haz del limbo; si la mancha es castaña se debe a deficiencias del suelo; en algunos casos la mancha puede faltar. La inflorescencia en cabezuela tiene un pedúnculo relativamente largo, con flores de color blanco o levemente rosadas. Las vainas provenientes de cada flor contienen de 1 a 7 semillas. Simientes muy pequeñas de forma de corazón y de color amarillo brillante, que se vuelven café oscuras con la edad.

El trébol blanco de acuerdo al tamaño de las hojas se le puede agrupar en tres tipos:

- De hojas y flores pequeñas, ciclo corto y bajo rendimiento, muy persistente (se incluyen en este grupo a los tipos salvajes), tolera el pastoreo severo, resiste la sequía, adecuado para ovejas.
- De hojas de tamaño mediano, que son postrados, de estolones largos, hojas poseen caracteres intermedios entre los dos grupos extremos y se utilizan para pastizales de mediana o corta vida.
- De hojas grandes, adecuado para pastoreo controlado con vacunos.

Adaptación

Clima: Templado frío y húmedo. En la región del Himalaya crece desde el nivel del mar hasta 6 000 metros de altitud.

Suelo: Se adapta a diversas clases de suelos, pero son mejores los arcillosos calizos con cantidades adecuadas de fósforo.

Manejo

Establecimiento: Por semilla y luego es capaz de dispersarse por medio de estolones, 3-6 kg/ha en cultivo puro; en asocio con otras especies forrajeras, el trébol blanco representa el 10% del total de la semilla empleada, se utiliza alrededor de 3 kg/ha.

Uso: Resiste muy bien el pisoteo y, dado que las defoliaciones sólo afectan a las hojas y a los pedúnculos florales, el rebrote es rápido porque no quedan dañados los puntos de crecimiento. Se utiliza básicamente para pastoreo en mezcla con gramíneas, su porcentaje ideal en potreros es 25-30%. La aplicación de altas cantidades de N, reduce la población de trébol.

Valor nutritivo: P.C. 25%, P.D. 21%. Digestibilidad superior al 77,8%.

Variedades:

Ladino: Mayor desarrollo, mayor altura, foliolos grandes, inflorescencia más grande a igual que sus estolones más gruesos. De gran productividad, pero dura menos que el trébol blanco común. Se caracteriza por sus buenas cualidades forrajeras, siendo muy gustoso a toda clase de ganado. Rico en proteínas, vitaminas, sales minerales y con un bajo contenido de fibra. Nitrogena más el suelo que los otros tréboles. No es muy resistente al pastoreo. Necesita suelos con alta fertilidad.

Pitau: De porte mediano, se adapta bien al páramo (hasta 3 500 msnm).

Prestige: Alta densidad de estolones por m², tolerante a pastoreos intensos muy persistente, convive y domina al kikuyo. Tolerancia al frío y los períodos secos.

Will: Hojas largas y grandes, no produce estolones, tolera el calor y el frío, altamente eficaz para la fijación de nitrógeno. Para pastoreo y corte en mezcla con raigrases altos y bajos.

Emerald: Origen Nueva Zelanda, excelente.

Jumbo: Excelente producción. Muy competitivo con las gramíneas. Hoja grande de hasta 3 pulgadas. Resistencia a heladas.

TRÉBOL ROJO

Características generales

Nombre común: Trébol rojo, morado o violeta.

Nombre inglés: Red Clover.

Nombre científico: *Trifolium pratense* L.

Origen: Suroeste de Europa y Asia Menor.

Ciclo vegetativo: BIANUAL o perenne de corta vida.

Figura 4.20
Trébol rojo



Fuente: León, R. 2015

Descripción morfológica: Crece formando matas aisladas y muy macolladoras, formada por numerosos tallos con hojas que nacen de la corona. Los tallos y las hojas son variablemente pubescentes. Foliolos oblongos, generalmente con una mancha clara característica en el centro de cada uno. Las estípulas presentan estrías verdes y rojizas. Inflorescencia en cabezuela algo más grande que la del trébol blanco. Color violeta. Las vainas son pequeñas, cortas y se abren transversalmente, en vez de hacerlo longitudinalmente. Las semillas son cortas, con longitud de 2 mm y de color amarillento, con un porcentaje variable de semilla violeta.

Adaptación

Clima: Templado frío, vegeta bien en tierras de secano con humedad suficiente, superior a los 800 mm de lluvia anual.

Suelo: Exigente en fertilidad, se desarrolla bien en terrenos con textura media a pesada y profundidad media a profunda, con capacidad para retener la humedad. Tolerante a la alcalinidad, es susceptible a pH inferior a 5.5.

Manejo

Establecimiento: Semilla botánica, 8-15 kg/ha de semilla en cultivo puro; 4-7 kg/ha cuando se siembra en asoció con gramíneas.

Uso: Para corte y elaboración de heno y para pastoreo, solo o en mezcla con raigrás anual o híbrido. Cuando se va a henificar se lo corta en plena floración. En mezclas forrajeras para clima semihúmedo. En pastoreo hay que tener cuidado de hacerlo en potrero húmedo ya que es frecuente el meteo-rismo. Su aprovechamiento se hace apenas inicia la floración. Se aconseja no pastorear el primer corte.

Rendimiento: 35 t/masa verde/ha/año.

Valor nutritivo: 23% P.C.

Variedades

Turoa: Persiste por más de 5 años, tiene gran cantidad de hojas, soporta el pastoreo intenso, resiste a la sequía. Apto para suelos secos y laderosos. Rápido y fácil establecimiento.

Colenso y Keenland: son dos cultivares excelentes para sectores similares a la Hda. El Prado (Sangolquí) según lo han demostrado Murillo y León (2000). Excelente crecimiento en verano.

Keenland además, demostró magnífica adaptación y productividad en el sector de Lasso (Cotopaxi) (Aguilera y León, 2000) donde soportó varias heladas, por lo que demuestra resistencia al frío.

Dynamite: produce bien hasta 3 500 msnm, 22-26% de proteína cruda.

Hamua: Perenne, resiste los excesos de humedad, para pastoreo, heno o silo. Menor productividad que las variedades antes nombradas.

Renegade: Buena productividad, pero sin alcanzar los niveles de los cultivares indicados inicialmente. Excelente resistencia a heladas y enfermedades.

TRÉBOL HÍBRIDO

Figura 4.21
Trébol híbrido



Fuente: León, R.2017

Características generales

Nombre común: Trébol híbrido de Alsike.

Nombre científico: *Trifolium hybridum* L.

Adaptación: Se adapta bien en alturas comprendidas entre los 2 200 y 3 500 msnm, es tolerante al frío (páramo), pH ácido, suelos de mediana a baja fertilidad.

Manejo: Por ser un trébol alto se lo puede utilizar en pastoreo y corte, debido a que conserva mejor su calidad por ser de floración tardía, a diferencia de los otros tréboles blancos.

Murillo y León (2000) encontraron que los mejores cultivares para la Hda. El Prado (Sangolquí) son: trébol blanco Híbrido de Alsike y Will. Las variables en estudio fueron: porcentaje de germinación, altura de planta, índice de cobertura, incidencia de plagas y enfermedades, rendimiento en materia fresca y seca, nodulación y valor nutritivo, por lo que se las puede recomendar para zonas con características medioambientales similares.

Otras forrajeras

En la sierra podrían sembrarse también muchas y diversas especies forrajeras, como:

GRAMÍNEAS

- Agropiro (*Agropirum* sp.), zonas secas y suelos pobres.
- Agrostis (*Agrostis* sp.), zonas templadas frías y húmedas.

- Alopecuro (*Alopecurus* sp.), clima frío, constante húmedo, sombra.
- Falaris (*Phalaris* sp.) para los páramos, es más productivo que las especies naturales de la zona como la paja de páramo (*Stipa ichu*).
- Pasto llorón (*Eragrostis curvula*) clima seco y suelos pobres. Sostiene las dunas de arena en climas desérticos.
- Poa de los prados (*Poa pratensis*) zonas templadas húmedas.
- Pasto de olor (*Anthoxanthum odoratum*) pasto natural muy común en algunos páramos.
- Timote (*Phleum pratense*), clima frío y húmedo, suelos ácidos. Excelente heno para caballos.

LEGUMINOSAS

- Coronilla (*Coronilla varia*) clima húmedo.
- Esparceta (*Onobrychis viciaefolia*) clima frío y seco, suelos pobres.
- Lupulina (*Medicago lupulina*) leguminosa adventicia.
- Trébol de Alejandría (*Trifolium alexandrinum*) clima temperados, secos, sin heladas.
- Trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) planta pionera para mejoramiento de suelos pobres.
- Trébol de carretilla (*Medicago hispida*) útil en ovejería.

Además, es necesario mencionar que existen especies nativas que tienen aplicación forrajera en ganadería extensiva:

- Algarrobo (*Acacia pellacantha*).
- Chilca (*Bacharis polyanta*) follaje apetecido por los cuyes.
- Guarango (*Caesalpinea tictoria*).
- Malva (*Malva* sp.) follaje para animales de cautiverio (cuyes, conejos, cabras).
- Paja de páramo (*Stipa ichu*), gramínea, principal recurso forrajero del páramo.
- Penco (*Agave* sp.).
- Sigse (*Cortaderia nítida*).
- Tunas (*Opuntia vulgaris*).

Adventicias

ACHICORIA

Características generales

Nombres comunes: Achicoria.

Nombre científico: *Chichorium intybus* L.

Ciclo vegetativo: Anual, perenne de vida corta (2-3 años).

Figura 4.22
Achicoria



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz, N. 2018

Características morfológicas: Es una planta herbácea de crecimiento erecto, con raíz pivotante profunda. Las hojas basales son dentadas y crecen en forma de roseta, las hojas superiores son alternas, pequeñas y sus dientes son menores. Los tallos son largos, con látex e irregularmente ramificados. Produce abundantes flores de color azul claro, de hasta 4 cm de diámetro.

Adaptación

Clima: de 1 600 a 3 800 msnm. Produce bien en época húmeda pero también es resistente a la sequía. Por tener raíces profundas es buscadora de agua subterránea, se beneficia del regadío, pero produce bajo condiciones de secano mucho más que otras alternativas (Delorenzo, 2014).

Suelo: Requiere suelos moderadamente bien drenados y de buena fertilidad, de texturas medias a pesadas. Gran respuesta a la fertilización nitrogenada, 100-150 % mas forraje que sin fertilizar.

Manejo

Establecimiento: Por semilla 1-3 kg/ha, en mezcla con gramíneas, leguminosas y otras especies adventicias. Es muy importante que la semilla quede cerca de la superficie ya que es muy pequeña y tendrá dificultades para emerger si queda a más de 0,5 cm de profundidad. Rápido establecimiento inicial, con marcada competencia a las malezas. También se puede sembrar sola como cultivo de forraje en zonas secas 8-10 kg/ha.

Producción: excelente rendimiento, ciclo largo y buena relación hoja/tallo.

Valor nutritivo: excelente calidad de forraje, alto valor proteico, planta antiparasitaria, tónica estomacal y diurética. Provee a los animales de potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro, vitaminas, carbohidratos, aminoácidos. Alta digestibilidad por ser baja en fibra.

Uso: Ideal para mezclas forrajeras. Para lograr un buen desarrollo se recomienda sembrarla en mezcla con raigrases, trébol blanco o con alfalfa, ya que necesita mucho nitrógeno. Rebrotta bien luego del pastoreo. Bien manejada produce un forraje de calidad similar a la alfalfa. No produce meteorismo y no presenta efectos alelopáticos. Resiste a los insectos.

Variedades

Chico: proveniente de Nueva Zelanda.

LLANTÉN

Características generales

Nombres comunes: Llantén.

Nombre científico: *Plantago* spp.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Esta hierba desde siempre fue considerada una “maleza noble”, especie usada tradicionalmente en la medicina, hoy la agricultura moderna ha revaluado su importancia.

Características morfológicas: Hierba rica en hojas, hojas anchas y largas, dispuestas en roseta, crecen desde una corona central, tipo erecto, denso sistema radicular.

Figura 4.23
Llantén



Fuente: Gutiérrez, F. 2014

Adaptación

Clima: Similar tolerancia a condiciones secas, calores y fríos que el pasto azul.

Suelo: Se adapta a condiciones de baja fertilidad y un rango de pH de 4,2-7,8.

Manejo

Establecimiento: Por semilla 2-4 kg/ha, en mezcla con gramíneas y leguminosas; solo (en forma monofítica) 8-12 kg/ha. Establecimiento rápido.

Producción: Producción anual de materia seca, similar al raigrás perenne. Persistencia de 2-3 años.

Valor nutritivo: Proteína 13,5%, rico en vitaminas A, C y K. Contiene niveles de calcio, cobre, cobalto, selenio, magnesio, sodio y zinc más alto que los raigrases y, componentes biológicamente activos con acción antimicrobial, diurética, propiedades insecticidas, regulador del movimiento del sistema digestivo, antifungal, antitumor, antiviral, inmunopresivo, antielmíntico, antiinflamatorio.

Uso: Se recomienda usar como componente de pasturas perennes para mejorar la calidad del forraje, en mezcla con brassicas, o solo en zonas secas. Ideal para ensilar. Se presta para el pastoreo rotativo. Presenta baja tolerancia al pisoteo y a la compactación del suelo. Resiste a daños de insectos. Reduce la incidencia de timpanismo. Es preferido por caballos y ovejas.

Variedades:

Tonic y Boston: Variedades provenientes de Nueva Zelanda, rápido establecimiento.

Especies para corte

Gramíneas

De la subfamilia Pooideae los géneros *Avena*, *Lolium* y *Secale*.

De la subfamilia Panicoideae el género *Zea*.

AVENA

Figura 4.24
Avena



Fuente: Gutiérrez, F. 2016

Características generales

Nombre común: Avena.

Nombre inglés: Oats.

Nombre científico: *Avena sativa* L.

Origen: Asia Menor.

Ciclo vegetativo: Anual, de 75-90-120 días para forraje y 180- 210 días para la producción de grano.

Descripción: Es una planta de raíces fasciculadas, numerosas y muy largas que profundizan hasta 60 cm. De notable macollaje que alcanza hasta 30

tallos por planta, sobre todo en el segundo corte. Sus tallos son altos, gruesos y huecos, con alturas que sobrepasan 150 cm. Hojas anchas y largas, color verde oscuro; inflorescencia en panícula terminal abierta de 20 cm de longitud, espiguillas con dos o cinco flores cada una, las que presentan glumas bien desarrolladas. Los granos son alargados, oblongos, con surco longitudinal de color variable (amarillo o blanquecino). En las etapas iniciales se le reconoce a la avena por cuanto las hojas no tienen aurículas y los bordes tienen pelos cortos.

Adaptación

Clima: Templado y templado-frío húmedo, poco resistente a la sequía, se desarrolla magníficamente de 2 500-3 300 msnm.

Suelo: Livianos, húmidos, bien drenados, profundos y fértiles. La avena requiere suelos menos ricos que el trigo.

Manejo

Establecimiento: Para semilla se siembra en líneas 70 kg/ha o para forraje al voleo 120 kg/ha.

Asociación: Con vicia a razón de 90 kg/ha de avena con 45 kg/ha de vicia (2 qq de avena con 1 qq vicia).

Uso: Para corte. Florece a los 75-90 días, alcanza una altura de 1,40 m. Los principales usos son, para corte, heno, ensilaje y henolaje.

Aunque la conformación de la panícula no molesta en nada al ganado, se aconseja realizar su aprovechamiento en cuanto aparecen las inflorescencias o un poco antes con el fin de lograr buen rendimiento en el segundo corte que baja notablemente cuando la siega de la primera vegetación se hace con panículas por completo desplegadas. Cuando la cosecha se desea ensilar, se corta la planta cuando inicia la formación del grano (mayor valor energético), en este caso, el rebrote sirve para hacer pastorear el ganado.

Gagliostro (2011) indica que en el sur del continente (Argentina), “los verdes invernales constituyen un importante eslabón en la cadena forrajera de sistemas de producción pastoril” y que en general, los verdes son:

- Un recurso muy utilizado en todas las zonas (húmedas, sub-húmeda y semi-árido).
- La producción y calidad del forraje está altamente asociada a condiciones climáticas.
- Dicha producción está fuertemente concentrada en su ciclo inicial de utilización (primer pastoreo) respecto a los rebrotes sucesivos.
- Se trata de un recurso forrajero con características nutricionales cambiantes a lo largo del año.

En la Tabla 4.3 puede observarse el alto rendimiento inicial del cultivo (35-46% de la producción total de MS) donde dependiendo de diversos factores, fecha de siembra, condiciones climáticas, puede o no esperarse limitantes de tipo nutricional para luego agregarse fundamentalmente limitantes de cantidad de MS disponible.

Tabla 4.3
Producción de forraje de algunos cereales forrajeros de invierno

Especie	Corte I (%)	Corte II (%)	Corte III (%)	Corte IV (%)	Total (kg MS/ha)
Avena	42	20	11	27	7752
Centeno	46	15	20	19	7700
Triticale	35	23	21	21	8978

Fuente: Gagliostro, 2011

Además, es necesario tomar en cuenta que:

- Las avenas son excelentes iniciadoras de la cadena de pastoreo debido a su utilización temprana permitiendo obtener un buen rebrote antes de las primeras heladas (o sequía).
- La tasa de crecimiento de los centenos, es en invierno mayor que la de las avenas debido a su mayor resistencia a las heladas y sequías. La tendencia a una encañazón temprana de los centenos disminuye sin embargo la calidad de los rebrotes sucesivos a obtener (segundo y tercer pastoreo).
- Los triticales cerrarían la cadena de verdes ya que presentan un pasaje más gradual del ciclo vegetativo al reproductivo lo que permite utilizaciones bien tardías del recurso sin pérdidas importantes de calidad.
- El primer pastoreo debe necesariamente realizarse cuando la planta se encuentra en pleno estado de macollaje para evitar que el meristema apical (ápice de crecimiento de la planta) sea afectado.

Rendimiento: 35 - 45 t/MV/ha, 9 - 12 t/MS/ha; 14,8 toneladas de heno; si se trata de maximizar el rendimiento, en condiciones ideales, en estado lechoso y masoso del grano hasta 19 t/MS/ha; en grano rinde 42 qq/h. Esta excelente producción debe ser complementada en la alimentación, por las razones que se explican a continuación.

Valor nutritivo: en estado de panoja embuchada 12,66% de PC (con fertilización nitrogenada a los 45 y 75 días se puede alcanzar 20% de PC),

a la emergencia de las panojas 11,65%, a la floración plena 7,5% de PC, en estado de masa para ensilaje 5,7-6% PC con 60% de digestibilidad. La avena se caracteriza por tener deficiencia de calcio y fósforo y cuando los animales han tenido como alimento fundamental esta gramínea, produce el “mal de avena” o “hipocalcemia” de allí la necesidad de asociarla con una leguminosa. El grano molido es un excelente alimento, sobre todo para el ganado equino. La “avenina” una sustancia contenida en la envoltura del grano, goza de acción estimulante tanto de la secreción láctea como instinto sexual del reproductor.

El forraje verde de la avena es de mejor calidad que el de la cebada y el centeno y a la vez que tiene el mejor sabor para el ganado; la avena inclusive, tiene mejor aceptabilidad para las especies menores (conejos) que la alfalfa, raigrás, pasto azul y kikuyo.

Variedades

INIAP-82, según Fuentes (1984) es la mejor variedad por producción de masa verde, altura del tallo y ciclo vegetativo apropiado para la asociación con la vicia, coincidente entre el estado de “masa” de la avena con la floración de la vicia.

En efecto Alcívar y León (2000), al evaluar tres variedades de avena: Cayuse, Mustang, INIAP-82; sembradas solas y en asociación con vicia y, bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada: 0, 50, 100 y 150 kg/ha, encontraron que:

La variedad INIAP-82 fue la que presentó el mayor número de tallos y altura de planta antes y después de la fertilización nitrogenada.

La variedad que mayor promedio en kilogramos de materia seca obtuvo, fue la Cayuse, luego le sigue la INIAP-82 y por último la Mustang.

El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo con un nivel de fertilización nitrogenada de 50 kg/ha.

La variedad más resistente *Puccinia coronata*, fue la INIAP-82, luego le sigue Mustang y la más atacada por la enfermedad fue Cayuse.

RAIGRÁS ANUAL

Ver antes, en los raigrases

CENTENO

Características generales

Nombre común: Centeno.

Nombre inglés: Rye

Nombre técnico: *Secale cereale*

Origen: asiático-europeo.

Ciclo vegetativo: Anual.

Descripción: Planta parecida al resto de cereales menores, pero de mayor vigor y robustez. Se le reconoce fácilmente por su color verde plumizo y gran desarrollo vegetativo, fácilmente alcanza 150-180 cm de altura. Sistema radicular vigoroso y profundo. Las hojas son glabras con aurículas poco desarrolladas, la inflorescencia es estrecha de color verde-grisáceo-amoratada.

Figura 4.25
Centeno



Fuente: León, R. 2008

Adaptación

Clima: Resiste bien el frío, las heladas y las sequías.

Suelo: Poco exigente, prospera bien en tierras arenosas, pobres. Solamente las tierras muy arcillosas y húmedas en exceso no son bien toleradas por el centeno.

Manejo

Establecimiento: Por semilla, para forraje 80-100 kg/ha. Germina con poca humedad en el suelo. No es muy exigente en cuanto a la preparación del terreno, lo que es una ventaja en suelos muy sueltos o expuestos a la erosión. Poco exigente en fertilizantes. La semilla debe desinfectarse antes de la siembra para evitar que sea invadido por “cornezuelo” *Claviceps purpurea*, hongo que contiene alcaloides (ergotamina, ergotoxina, ergometrina) altamente tóxicos para los animales, sobre todo para las vacas preñadas en las cuales puede provocar aborto.

Asociación: Su rápido crecimiento no se compagina con el lento desarrollo vegetativo de la vicia. Sin embargo, puede mezclarse con esta leguminosa y otros cereales como trigo y cebada, para mejorar la calidad nutritiva y el sabor del forraje, pero no debemos extrañarnos de la diferente precocidad de las especies forrajeras.

Uso: Para corte y pastoreo, resiste el pisoteo de los animales. Es el cereal forrajero de elección donde el trigo y la avena no prosperan, aunque estas dos especies son preferidas por el ganado. Debe cortarse en el momento de la floración cuando es más apetecible y digestible.

Rendimiento: Dos cortes para forraje y el tercero para semilla. De rápido crecimiento y elevado rendimiento. Tiene menos palatabilidad que el trigo o la cebada, a causa de los alcaloides. El centeno como forrajera tiene un valor nutritivo parecido a la cebada. El grano utilizado en la alimentación de aves, causa menor ganancia de peso y baja el peso del huevo debido al bajo consumo; también se le atribuye tener un limitante en lisina y deficiencia en ácidos grasos principalmente el ácido linoleico.

Maíz

Características generales

Nombre común: Maíz.

Nombre inglés: Corn.

Nombre científico: *Zea mays* L.

Origen: América tropical.

Ciclo vegetativo: Anual.

Figura 4.26
Maíz



Fuente: Gutiérrez, L. 2014

Descripción: Planta muy conocida, básicamente se puede decir que la planta es una caña que puede alcanzar los 4 m de altura, que recuerda en cierto modo a la caña de azúcar. Rematada en lo alto por un penacho que son las flores masculinas. Las flores femeninas están en el mismo pie en las axilas de las hojas; luego de la fecundación se desarrollan las conocidas mazorcas o panojas. La cabellera filamentosa que asoma por la extremidad de la mazorca no es otra cosa que los pistilos que sirvieron como vehículo al polen fecundador procedente de las flores masculinas.

Adaptación

Clima: Vegeta en todos los climas del tropical al templado. En el país se lo cultiva desde 1 m hasta 3 000 msnm, en alturas superiores ya no es producto económico ni de gran rendimiento de forraje verde. Resiste moderadamente la sequía. Sensible a las heladas.

Suelo: Son mejores los suelos sueltos y silíceos, que los calizos o demasiado arcillosos, ya que facilitan el encharcamiento de las aguas. Los suelos superficiales o sueltos se secan demasiado en verano. El maíz es exigente en cuanto a la composición química y es muy esquilmante de los terrenos. Para obtener buenas cosechas, conviene cultivarlo intercalado con leguminosas; y si a pesar de la rotación, decrece la producción, debe recurrirse al abonado con estiércol o a la fertilización química.

Manejo

Establecimiento: Por semilla. Para grano, 30 kg/ha en líneas distanciadas 90 cm y 40 cm entre plantas. Para forraje, 35 kg/ha, si el clima es suficientemente húmedo o si se cuenta con riego por surco o aspersión 75 cm entre líneas y 0,15 cm entre plantas. Con riego por goteo 1,50 entre cintas, doble hilera una a cada lado de la cinta, 20 cm entre hileras y 0,15 cm entre plantas. Densidad para forraje 88 000 plantas/ha. En caso del riego por goteo, en suelos arenosos se es aconsejable poner a la preparación del terreno, 7 t/ha de materia orgánica a lo largo de la cinta; fertiriego al cultivo con 200 unidades de N, 90 unidades de P y, 70 unidades de K.

También vale la pena indicar que el rendimiento y calidad del ensilaje varía con la densidad del cultivo, así cuando se siembra con una densidad 55 000-60 000 plantas /ha el peso y tamaño de las mazorcas es mayor (mayor valor energético) y, mientras que a mayores densidades de 88 000 plantas/ha hay más caña y hoja (más biomasa). En todo caso se calcula que la materia seca del cultivo cambia un 10-20% con incrementos de densidades del 20-50% a partir de densidades 60 000-70 000 plantas por hectárea, no debiendo rebasarse una densidad de 11 plantas por metro cuadrado (110 000 plantas por hectárea).

Desde el punto de vista de nutrición animal, hay que tomar en cuenta que los cereales fertilizados con nitrógeno incrementan el contenido de proteína.

En el cultivo convencional, luego de la siembra y hasta cuando la planta tenga 30 cm de alto, se debe controlar el desarrollo de malezas, mediante limpias o la aplicación de herbicidas, inmediatamente se fertiliza con nitrógeno y se aporca la planta para favorecer el macollamiento y el enraizamiento de los primeros nudos.

Asociación: Para grano, con fréjol; y para forraje con vicia (en la sierra), con poroto aterciopelado (en la costa).

Uso: Para corte. Se suministra al ganado la planta picada en fresco o luego de ensilarla; para este efecto se corta en etapa de grano a 2/3 de masa y 1/3 de leche.

Es una planta de excelente palatabilidad, aceptada por toda clase de ganado, no solamente en verde sino inclusive cuando está seca (sarapanga).

Figura 4.27
Parva de hoja de maíz seca (sarapanga)



Fuente: Gutiérrez, F. 2016

En la región interandina, se acostumbra sembrar maíz suave, se cosecha el “choclo” para consumo humano y, queda la planta para forraje, se recupera la inversión, pero se pierde valor energético para el ganado.

Rendimiento: Por ser una planta de alto desarrollo, tallos gruesos, hojas anchas y largas, su rendimiento es elevado: 50 t/ha en siembras para grano; 80 TM/ha para forraje con riego por surcos o aspersión y 100 t/ha con riego por goteo y fertirrigación.

Valor nutritivo: cuando el grano está en estado de masa, 10% de proteína, 67% de TND. Sobre el valor nutritivo, del maíz Gagliostro (2011) señala que:

Es bien conocido que la cantidad de proteína presente en el silaje de maíz resulta insuficiente para asegurar la cobertura de los requerimientos proteicos no sólo de los animales (vaca lechera o bovino para carne) sino también de los microorganismos del rumen. El silaje de maíz debe por lo tanto ser correctamente suplementado con nitrógeno (y también con minerales) si se pretende alcanzar tanto el consumo como el valor nutritivo potencial de este alimento. Pero, no es conveniente asegurar la cobertura de los requerimientos nitrogenados sólo con urea, puesto que en ese caso no se obtendrán ni los consumos ni las performances permitidas por el valor nutritivo real del recurso. En efecto, una incorrecta dosificación de urea provoca importantes disminuciones de respuesta animal.

Y que ensayos de alimentación:

Puede observarse una importante disminución en el consumo de MS en el tratamiento donde la urea era el único complemento nitrogenado de la dieta, la baja ganancia de peso obtenida y la muy mala conversión alimenticia registrada. Cuando el exceso de urea es atenuado introduciendo una fuente de proteína verdadera (harina de girasol), la ganancia de peso experimentó una importante mejora, así como los demás parámetros productivos analizados.

Varietades: Las variedades de maíz son innumerables, tanto para grano como para forraje. La mayoría de las variedades para forraje verde pertenecen a la subespecie *indentata* o *indurata* que algunos autores clasifican como simples variedades botánicas, es decir maíces “duros o morochillo” cuyo grano se utiliza en la alimentación animal.

Para la sierra ecuatoriana las variedades aconsejadas son INIAP 176 e INIAP 178. Para la costa INIAP 526, 527, 528, 529 y Criollo de Quevedo.

Leguminosas

De la subfamilia Papilionodeae, son: las especies del género *Medicago* y *Vicia*.

ALFALFA COMÚN

Ver antes, en las alfalfas

VICIA

De este género existen alrededor de 150 especies distribuidas por todo el mundo, de las cuales la más importante cultivada en el Ecuador es:

Nombre común: Vicia común.

Nombre técnico: *Vicia sativa* L.

Origen: Europa.

Ciclo vegetativo: Anual.

Figura 4.28
Vicia



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz, N. 2008

Figura 4.29
Inflorescencia de vicia común



Fuente: León, R. 2015

Descripción morfológica: Son plantas con tallos débiles, angulosos, flexibles, semitrepadores con zarcillos foliares, lampiño (vicia común) o velludo (vicia velluda). Hojas paripinadas con folíolos opuestos o alternos. Folíolos ovales, anchos y mucronados (vicia común) o estrechos y terminados en punta (vicia velluda). Una sola flor o pocas flores de color lila (vicia común). Inflorescencia en racimo de flores color púrpura (vicia velluda). Las vainas y semillas varían también en su tamaño y forma, son generalmente esféricas y de color negro.

Adaptación

Clima: Templado, pero se aclimatan a zonas frías y subtropicales.

Suelo: Se adaptan a toda clase de suelos, desde los arcillosos hasta los arenosos, teniendo preferencia por los suelos fuertes y ricos.

Manejo

Establecimiento: Por semilla. De fácil establecimiento. Se puede sembrar en cultivo puro para abono verde 75 kg/ha, y en mezcla con cereales para forraje en las cantidades indicadas en la avena. Para la producción de semilla también conviene asociarla con un cereal, 30 kg/ha de vicia y 30 kg/ha de centeno la leguminosa trepa por la caña del cereal y al ser visitada por los insectos y plenamente asoleada, aumenta mucho la floración y frutificación.

Uso: Como abono verde, dentro de una rotación bien llevada restauran considerablemente la fertilidad agotada en los terrenos, especialmente de cereales. Las vicias son de gran valor alimenticio para toda clase de ganado, tanto cosechadas en verde, como henificadas. También en seco después de obtener semilla, dan una paja valiosa, especialmente para lanares.

Rendimiento: 20 T/forraje verde/ha y, 1 300-1 400 kg/ha de semilla.

Valor nutritivo: 19% P.C., 15% P.D.

Otras especies

COLZA

Características generales

Nombre común: Colza, canola, mostacilla, nabo aceitero, nabo.

Nombre en inglés: Rape, raps, oilseed rape.

Nombre científico: *Brassica campestris oleífera* L. Sinonimia *Brassica napus*.

Origen: Centro y Sur de Europa y Oeste de Asia.

Ciclo vegetativo: Anual, persiste de 3-8 meses, aún cuando puede comportarse como bianual.

Figura 4.30
Cultivo de Brassicas



Fuente: León, R. 2017

Descripción: Planta cultivada en todo el mundo para producción de forraje, aceite de consumo humano y biodiesel. El nombre de canola proviene de la abreviación en inglés Canadian oil low acid, debido a que en 1942 el aceite se utilizaba como lubricante para buques de guerra. La colza es a nivel mundial la tercera fuente de aceite vegetal después de la palma y la soya.

La planta, tiene raíz pivotante o principal, tuberosa y fusiforme, cuando la raíz principal encuentra obstáculos para profundizar tiene facilidad para desarrollar raíces secundarias. Planta glabra. Tallo erecto y ramificado en la parte superior que puede alcanzar 1,50 m. Las hojas miden hasta 40 cm, brillantes, glabras o muy a menudo ciliadas en los nervios o márgenes; las inferiores, pecioladas, liradas, con 2-5 pares de segmentos laterales enteros y uno terminal mucho mayor, irregularmente dentado; las superiores son sésiles, oblongo-lanceoladas, enteras. Inflorescencia en racimos de 20-60 flores de color amarillo. Los frutos son silicuas de 60-100 mm por 2,5- 4 mm, sésiles, con 12-18 semillas por lóculo. Semillas 1,2-1,8 mm de diámetro, esféricas, de color pardo oscuro.

Adaptación

Clima: Clima templado, frío, húmedo, brumoso, resiste las heladas. Temperatura de 5°-27°C.

Suelo: Requiere de suelos profundos y bien drenados, no tolera el encharcamiento, pH de 4,2-8,2 (ideal 6,2). Para un rendimiento óptimo es necesario 20-25 ppm de fósforo, niveles de 120-180 kg/N/ha y corregir deficiencia de boro; el fertilizante nitrogenado se reparte en tres etapas, a la siembra, a los 45 y a los 75 días.

Manejo

Establecimiento: En forma monofítica (siembra pura) 4 kg/ha objetivo conseguir una implantación de 100 plantas/m², asociada 2-3 kg/ha. Debido al pequeño tamaño de las semillas (500 000 semillas/kg), el suelo debe estar bien mullido y ligeramente compacto, por lo que es conveniente sembrar con una máquina sembradora de rodillos, o antes y después de la siembra pasar un rodillo o por lo menos una rastra de ramas pesada.

Asociación: Con raigrás anual o con avena.

Uso: Para corte o pastoreo, estimula la secreción láctea. Como forraje es un cultivo productivo y económico de crecimiento rápido. En el hemisferio norte se siembra para extraer aceite, las semillas contiene hasta un 45% de aceite. Planta apícola.

Madurez al pastoreo 90-110 días. Número de pastoreos 2-4, para que pueda rebrotar no se debe pastorear muy severamente, se debe hacer consumir a los animales solamente las hojas ya que el rebrote viene de las yemas que quedan en los tallos.

Las *Brassicas* son bajas en fibra y ricas en azúcares por lo que se aumenta el riesgo de acidosis ruminal, por ello antes del pastoreo de este cultivo es necesario asegurarse de que esté maduro con los bordes de las hojas de color morado, no permitir el libre acceso repentino a las *Brassicas* al ganado; el primer pastoreo del día debe ser en el potrero normal caso contrario es necesario dar a los animales alimento fibroso (paja, heno o ensilaje). Comenzar el pastoreo de *Brassicas* con 1-2 horas al día e ir incrementado paulatinamente hasta llegar al máximo en 7-10 días; complementar la alimentación con otro forraje o dieta balanceada. Este forraje no debe constituir más del 70-80% de la dieta de vacas secas ni más del 33% de la dieta de vacas lecheras. Si el ganado consume esta planta tierna, puede afectarse con el escaldado (quemaduras solares) sobre todo en la cara o intoxicación por nitratos. La alimentación en altas dosis a las vacas puede transmitir mal sabor a la leche.

Una alternativa para prevenir la mayoría de estos problemas es sembrar la *Brassica* asociada a raigrás anual o avena.

Rendimiento: 8-14 t/MS/ha.

Valor nutritivo: La planta es rica en mucílagos, las raíces son ricas en carbohidratos y son medicinales (diurética, emoliente, expectorante y contra dolores reumáticos), planta muy acuosa (85-90%), con altas concentraciones de energía metabolizable y alta digestibilidad (>80%), baja en proteína.

Variedades:

Pillar, variedad neozelandesa de multipastoreos (2-4 pastoreos). Variedad precoz y de gran producción, tolerante a los áfidos y resistente a enfermedades.

Otras variedades Spitfire, Goliath, de Nueva Zelanda, etc.

Otros recursos forrajeros

Principales hortalizas

Colinabo, rutabaga (*Brassica napobrassica* Mill), parecido al nabo forrajero, puede producir 30-40 T/ha de raíces y además abundante forraje. La recolección de las raíces se hace a medida que se va necesitando, o pueden cosecharse y almacenarse hasta por 6 meses. Siembra 3-4 kg/ha.

Camote forrajero (*Ipomea batata* (Lam) Poir.), se cultiva en Centro y Sudamérica, especialmente en el Perú. Clima subtropical y tropical. No se utiliza las raíces sino el follaje, se cosecha hasta 7 cortes en 30 meses, el máximo valor al segundo y tercer corte 30 t/ha. En ganado equino puede causar cólicos.

Nabo forrajero (*Brassica napus* L.), produce raíz y hojas, alimento de alta calidad para ganado bovino productor de leche y para porcinos, más nutritivo que las papas y la remolacha. Se pueden almacenar las raíces. 10 t/MS en un ciclo 10-12 semanas. Composición nutricional 15% PC, 2,9% Mcal/EM kg MS. Clima húmedo, brumoso, resiste el frío, pero no las heladas, en Nueva Zelanda asocian con avena forrajera para proteger a la planta de las heladas. Suelos no muy pesados. Se adapta hasta 3 600 msnm. Requiere de cultivo, responde magníficamente a la fertilización nitrogenada. Un pastoreo solamente. El uso de enmiendas calcáreas asociadas a la aplicación de boro son la clave para el éxito del cultivo. Siembra 2-4 kg/ha. La colocación de semilla superficial y el pase de un rodillo antes y después de la siembra son claves para la buena germinación y establecimiento del cultivo.

Rábano forrajero (*Raphanus sativa*) produce follaje de elevado rendimiento y buen valor nutritivo, alto contenido de yodo, tolera condiciones secas y enfermedades. Siembra 5-10 kg/ha. Crecimiento muy rápido.

Remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) se cultiva a gran escala en el norte de Europa, exigente en humedad y luminosidad. Climas diversos, a excepción de los fríos, las raíces sufren con las heladas y pierden el valor forrajero. Altitudes 1

500-2 800 msnm. Suelos ricos en materia orgánica, con suficiente cal, susceptible a la acidez. Densidad de siembra 15 kg al voleo, 8 kg/ha en hileras; es preferible hacer semillero y luego trasplantar al sitio definitivo con distancias de 35-50 cm. Crece 2/3 partes sobre la superficie del suelo. Se utilizan hojas y raíces. Las raíces son muy voluminosas, contenido bajo de azúcar, 4-7% de sacarosa, 11-12% de materia seca, proteína 6-8%; una vez cosechadas pueden guardarse hasta por 6 meses (evitar las magulladuras). Las hojas pueden tener efecto laxante, por lo que se debe mezclar con otros forrajes. Rendimiento 50 t/ha.

Zanahoria (*Daucus carota* L.) muy apreciada por el ganado equino, en bovinos estimula la secreción láctea, alta digestibilidad. Las variedades forrajeras son de mayor tamaño que las hortícolas. Menos exigente en suelo que la remolacha, especialmente en potasio y calcio, tolerante a la acidez. Clima templado, parecido a la remolacha. Se cosecha igual que la remolacha. Rendimiento 30-40 t/ha de raíces, de hojas el 20% de las raíces. Se puede conservar en silos. Se suministra al ganado enteras o cortadas, a veces mezclada con afrechos para evitar efectos laxantes.

Existen también especies no convencionales que tienen utilidad forrajera, por ejemplo:

Girasol (*Helianthus* sp.) planta oleaginosa, ornamental y útil para forraje (cortado verde, heno o ensilaje).

Recursos forrajeros de clima cálido

De acuerdo con el último Censo, el principal pasto del Litoral es el saboya o guinea (*Panicum máximum*, 1 280 541 ha), en estribaciones de cordillera el pasto miel (*Setaria* sp., 306 205 ha) y en la región Oriental el gramalote (*Axonopus scoparius*, 503 236 ha).

Principales especies para pastoreo

Gramíneas

De la subfamilia Panicoidea los géneros *Axonopus*, *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Echinochloa*, *Eriochloa*, *Melinis*, *Panicum*, *Setaria*.

De la subfamilia Chloridoideae el género *Cynodon*.

GRAMALOTE

Características generales

Nombre común: Gramalote, imperial, maicillo.

Nombre científico: *Axonopus scoparius* Hitch.

Origen: América Tropical.

Ciclo vegetativo: Perenne (más de 20 años).

Descripción: Forma densas matas con numerosos tallos erectos, frondosos, no ramificados y suculentos que alcanzan alturas de 80-150 cm, sección elíptica; hojas anchas de 40-60 cm de largo; en el extremo del tallo aparece la inflorescencia en forma de panícula de 20-30 cm de largo. A veces en un mismo tallo aparecen dos o más inflorescencias. Planta tierna, muy acuosa.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo.

Suelo: Se adapta a cualquier clase de suelo; son mejores los fértiles, francos y franco-arcillosos, provistos de bastante mantillo, recientemente desmontados.

Figura 5.1
Gramalote morado



Fuente: León, R. 2005

Figura 5.2
Color del gramalote blanco



Fuente: León, R. 2017

Figura 5.3
Color del gramalote morado y blanco



Fuente: León, R. 2017

Establecimiento

Método: Material vegetativo. Estacas o pedazos de tallos de 25-30 cm de largo, o por división de matas enraizadas, espaciadas de 30-50 cm en surcos distanciados de 50-100 cm.

Asociación: Se le puede asociar con maní forrajero, kudzú tropical y centrosema. También con árboles forrajeros como *Gliricidia* sp. (matarratón), o *Eritrina* sp. (caraca).

Aprovechamiento

Uso: Principalmente para pastoreo mediante “soguo”, cuando comienza a aparecer la inflorescencia. No soporta el pastoreo con ganado suelto, sus matas son sensibles al pisoteo del ganado y sumando a esta condición que es una planta muy apetecida por los animales, es susceptible a desaparecer fácilmente del terreno. No se le puede utilizar como planta que controle la erosión, ya que está desprovista de rizomas y estolones.

Por su elevado contenido de agua (jugoso) se considera que los animales que consumen este pasto necesitan tomar agua solamente una vez a la semana.

Ramírez (1996) refiere que en el clima hiperhúmedo del Oriente (Puyo) el ganado pastorea el material forrajero muy alto, comiendo solamente las puntas del pasto (16% de la biomasa); los tallos se doblan al suelo, formándose una cama de material vegetativo que protege al suelo del casco del animal, im-

pidiendo la formación de fango (lodo) y la consiguiente pérdida de estructura. El material orgánico incorporado al suelo (84% de desperdicio) favorece la sostenibilidad del sistema de producción y la preservación del suelo.

Rendimiento: Debido a su lento crecimiento, 4-6 meses de intervalo entre cortes, anualmente se pueden obtener solamente 2-3 cortes. 50-70 t/ masa verde/ha/año. Capacidad receptiva 0,75 U.B. / ha.

Valor nutritivo: regular, la R.N. fluctúa entre 1:10 y 1:12. (INIAP Palora).

Variedades: En el país se conoce dos variedades de gramalote: “morado” y “blanco” (Fig. 5.3), siendo más apreciada la primera por sus cualidades forrajeras.

MICAY

Figura 5.4
Micay



Fuente: León, R. 2014

Figura. 5.5
Micay en Sto. Domingo de los T.



Fuente: León, R. 2002

Características generales

Nombre común: Micay.

Nombre científico: *Axonopus micay* Hitch.

Origen: Especie indígena del trópico americano.

Descripción: Parecida al gramalote blanco pero de menor altura, alcanza 50-70 cm. Posee estolones, que cubren excelentemente el suelo.

Adaptación

Clima: Semejante al gramalote. Se desarrolla bien en el país entre los 100-1 200 msnm.

Suelo: También semejante a la especie anterior.

Establecimiento

Método: Vegetativamente. Se utiliza trozos de tallos, colocados en surcos o esparcidos al voleo sobre el terreno bien preparado. Las cepas se pueden cubrir con rastra de discos.

Asociación: Se le puede asociar con maní forrajero o kudzú tropical.

Aprovechamiento

Uso: El micay es una planta de pastoreo, pero se lo puede usar como pasto de corte. Resiste al pisoteo continuo.

BRACHIARIA

Las plantas forrajeras más utilizadas en América Tropical están dentro del género *Brachiaria*, son ampliamente conocidas y poseen excelentes cualidades forrajeras. Sin embargo, también tienen limitaciones y su mejoramiento se ha visto frenado porque tienen mecanismos apomícticos de reproducción. La planta produce un clon de ella misma y por lo tanto no hay polinización en el proceso de formación de semilla. Esto da estabilidad genética a la especie, pero limita cualquier programa de mejoramiento de la misma por la imposibilidad de cruzar por métodos convencionales los progenitores escogidos. No obstante, la identificación de un biotipo sexual de *B. ruziziensis*, ha permitido desarrollar programas de hibridación y mejoramientos genéticos entre especies compatibles de *Brachiarias*, que han logrado obtener el primer híbrido apomíctico comercial de este género la *Brachiaria híbrido* cv. Mulato (CIAT, 2000, citado por Faría, J. 2006).

Existen más de 80 especies, siendo las más importantes:

<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	Pasto signal.
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweickt	Kikuyo del amazonas.
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst ex A. Rich) Stapf	Brizantha
<i>Brachiaria ruziziensis</i> R. Germ and C. M. Evrad	Pasto ruzi
<i>Brachiaria dictyoneura</i> (Figaria y De Not) Stapf	Dictyoneura
<i>Brachiaria híbrido</i> (<i>B. ruziziensis</i> x <i>B. brizantha</i> cv. Marandú)	Mulato
<i>Brachiaria radicans</i> Napper	Tanner
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk Stapf)	Pará

PASTO SIGNAL

Figura 5.6. Signal



Figura 5.7. Inflorescencia de signal



Fuente: León, R. 2014

Características generales

Nombre común: Pasto signal.

Nombre científico: *Brachiaria decumbens* Stapf.

Origen: África oriental, muy común en Uganda.

Ciclo Vegetativo: Perenne.

Descripción: Pasto vigoroso, rastrero, estolonífero que permite a corto plazo formar una densa cobertura que alcanza 60-80 cm de alto. Muy parecido al pasto dallis (*Paspalum dilatatum*) diferenciándose en que la *Brachiaria*

forma un tapete, mientras que el *Paspalum* se compone de plantas individuales. Se caracteriza por tener sus hojas una coloración verde oscura y por ser pubescente (tricomas). Los tallos florales terminan en una panoja con 2-3 espiguillas. La semilla en su mayor parte es apomíctica y algunas fértiles.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo (15-35 °C), mejor sobre 19 °C., hasta 2 000 msnm con no menos de 800 mm de lluvia anual. Soporta la sequía y rebrota vigorosamente con las lluvias. No se adapta a suelos inundables.

Suelos: Arcillosos fértiles. Soporta bien los suelos ácidos, ricos en Fe y Al y pobre en nutrimentos. Responde bien a la fertilización con N, fosfatos y cal. En ensayos realizados con aplicaciones de nitrógeno, ha sobrepasado al pará, pangola y guinea en producción de masa verde y contenido proteico.

Establecimiento

Método: Por semilla y por materia vegetativo. Por semilla, utilizando 4-6 kg/ha para siembra en líneas, y 10-12 kg/ha para siembras al voleo, mezclados con 2 bultos de cascarilla de arroz para lograr una uniforme distribución en el campo.

La semilla, aunque se produce en abundancia cada año, es de bajo poder germinativo y requiere un período de post-maduración (almacenamiento) de 7 meses para vencer la latencia; las semillas de *B. decumbens* tienen dos formas de latencia, uno fisiológico y otro físico. La germinación de semilla fresca se incrementa tratándola con ácido sulfúrico por el tiempo de 10-15 minutos, luego se lava con abundante agua. Este tratamiento debe hacerse momentos antes de la siembra. Profundidad de siembra 1-2 cm. Tiempo de formación del potrero: 4-6 meses.

Una alternativa económica de establecimiento de este pasto, es sembrarlo junto con el cultivo de maíz. Se siembra el maíz y luego de la segunda deshierba y fertilización con urea, aproximadamente a los 30 días, se establece el pasto entre las hileras del maíz. Se cosecha el maíz y queda el potrero establecido.

La propagación vegetativa es una alternativa económica, consiste en multiplicar por tallos (falsos estolones) y cepas, a distancias de 80 cm x 1 m y 8-12 cm de profundidad. Cuando no se dispone de suficiente material vegetativo, se aconseja hacerse un semillero de 150 m² con un 1m³ de material; al cabo de 4 meses esta área dará material para sembrar 1 ha (60 bultos).

Asociación: Puede efectuarse la siembra asociada con leguminosa, es decir sembrar 3 hileras de *Brachiaria* y una hilera de leguminosa o mezclas de leguminosas. Mejor con maní forrajero, también centrosema, kutzú, desmodio.

Aprovechamiento

Uso: Principalmente para pastoreo, cuando tiene 50 cm de alto, hasta los 20 cm. Resistente al pisoteo, soporta fuerte carga animal. Resiste la quema. Impide el desarrollo de las malezas. Susceptible al “salivazo”. Es más recomendable para ceba que para levante pues en animales jóvenes puede haber fotosensibilización y pérdida de pelo. Los equinos no aceptan este pasto.

Rendimiento: 45 t/MV/ha/año; capacidad de carga 2,5-5 UB/ha.

Valor nutritivo: a los 35 días 9,4% PC. en la estación seca y 11,4% PC en la estación húmeda; conversión 400-600 gr/animal/día.

Varietades: En el país se puede encontrar la variedad Señal.

KIKUYO DEL AMAZONAS

Figura 5.8
Kikuyo del Amazonas



Fuente: León, R. 2004

Características generales

Nombre común: Napo 101, Kikuyo del Amazonas.

Nombre científico: *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt.

Origen: África ecuatorial, a lo largo de la costa de Natal.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Planta prostrada y estolonífera, que forma una cobertura densa que alcanza de 40-50 cm de altura. Las vainas de las hojas no tienen vellosidades. Estolones largos de color púrpura, hojas delgadas semicoriáceas.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical. De 0-1 300 msnm, precipitaciones mayores de 800 mm y temperaturas promedio sobre 15 °C. Resiste altos niveles de humedad y también la sequía. Tolera bien la sombra.

Suelo: Con textura desde arenosa hasta limo-arcillosa. No se recomienda sembrarla en suelos muy arcillosos. Se ha adaptado magníficamente en los lugares bajos y húmedos del Litoral y Oriente. Se puede sembrar en suelos con alto nivel de aluminio intercambiable y baja fertilidad. Crece en terrenos donde las condiciones de extrema acidez (pH 4,2) son limitantes para muchas otras especies de pastos. Resiste encharcamientos prolongados (4-6 semanas).

Establecimiento

Método: Por semilla y por material vegetativo. Por semilla en terreno bien preparado, se recomienda 8-10 kg/ha con 30% de valor cultural como mínimo, en surcos espaciados a 70 cm. Profundidad de siembra 1-2 cm como máximo. El primer pastoreo debe realizarse entre 5-6 meses después de la siembra. Puede propagarse vegetativamente (estolones y cepas), al igual que los otros géneros de la misma especie, aproximadamente se necesita 1 tonelada de material por hectárea.

Asociación: Con maní forrajero, kutzú, centrosema y desmodio.

Aprovechamiento

Uso: Para pastoreo. Por formar una pradera densa, compite ventajosamente con las malezas; apta para prevenir y/o controlar la erosión. Su empleo es principalmente para pastoreo intenso con cargas de ganado muy altas. En épocas de lluvias puede soportar de 6-8 UB/ha y en época seca de 1-3 UB/ha. Pastorear cada 25-35 días en invierno y 50-60 días en verano. En caso de subpastoreo, se recomienda quemar periódicamente (cada 2-3 años) para eliminar el posible ataque del “salivazo”.

Es la especie de *Brachiaria* adecuada para sistemas silvopastoriles en zonas tropicales húmedas y la que mejor soporta la quema.

Rendimiento: En materia seca, 25-30 t/ha/año. Contiene 7-10% de proteína cruda. El bajo valor nutritivo afecta al consumo voluntario, es de menor productividad que las otras especies de *Brachiaria* lo que afecta a la ganancia de peso y a la reproducción. La ganancia de peso diario es del orden de 360 g/día/animal, asociado con maní forrajero 458 g/día/animal. Este pasto tiene un alto contenido de oxalato de calcio, por lo que no se recomienda para caballos.

Variedades: En el país es posible encontrar la variedad Chetumal.

BRIZANTHA

Características generales

Nombre común: Brizantha.

Nombre científico: *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf.

Origen: África

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.9
Pasto brizantha



Fuente: León, R. 2004

Descripción: Planta estolonífera y rizomas horizontales cortos y duros, planta robusta, de crecimiento semierecto en forma de manojos. Los tallos aéreos alcanzan una altura de 1,50 m.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo y semiseco. Lugares de 0-1 400 msnm, con precipitaciones mayores de 800 mm y temperaturas arriba de 19 grados centígrados. Tolera sequías hasta por 3-4 meses, no tolera encharcamientos que excedan los 5-7 días.

Suelo: Prospera mejor en suelos de textura arcillosa, limo-arcillosos, limo-arenosos y francos, de fertilidad media y alta, responde bien a la aplicación de fertilizantes. Prefiere suelos con pH de 5 o más. Tolera suelos con ligera toxicidad por aluminio. No crece bien en suelos salinos y sódicos. Necesita buen drenaje.

Establecimiento

Método: Por semilla y por material vegetativo. Por semilla se recomienda 6-8 kg/ha de semillas, con un 50% de valor cultural como mínimo, debiendo sembrarse en surcos espaciados 60-70 cm, a chuzo (machete) con poca profundidad; al voleo 8-10 kg/ha. El primer pastoreo debe hacerse entre los 4 meses después de la siembra. También puede propagarse vegetativamente por cepas. Los tallos no emiten raíces.

Aprovechamiento

Uso: Excelente para pastoreo y heno cuando tiene 90 cm, hasta una altura de 40 cm. Muy utilizado por su elevada producción de forraje de buena calidad a lo largo del año, su facilidad de manejo, su crecimiento erecto y a la vez estolonífero, buena capacidad de rebrote, al pisoteo y tolerancia al sobrepastoreo.

Resiste a la quema. Resistente al “salivazo”.

Rendimiento: 50 t/MV/ha/año, en materia seca varía de 12-15 t/MS/ha/año. La capacidad de carga es de 1,5-2,5 UB/ha en época seca y de 3-4 UB/ha en época de lluvia. Como sobra forraje en estación lluviosa, el manejo de excedentes, puede ser aumentando la carga instantánea o realizar cortes para conservación (Delorenzo, 2014), este principio es aplicable para todos los pastos y se analiza con detalle en el capítulo de Planificación Forrajera.

Valor nutritivo: Buen valor nutritivo debido a que en la capa superior la pradera presenta una estructura vegetal compuesta por una alta relación hoja-tallo. La planta entera tiene 10-14% de proteína cruda de elevada digestibilidad (50-60%).

Varietades: Los mejores cultivares son Marandú (CIAT 6780), muy palatable e Insurgente.

MULATO

Características generales

Nombre común: Mulato, híbrido.

Nombre científico: *Brachiaria híbrido* (CIAT 36061). (*B. ruziziensis* x *B. brizantha* cv. Marandú).

Origen: Colombia. Producto de cruces naturales entre especies afines, iniciados en el CIAT, hace 14 años.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Planta vigorosa, amacollada con crecimiento estolonífero, de crecimiento semierecto en forma de manojos. Los tallos aéreos alcanzan una altura de 1,20 m.

Figura 5.10
Mulato



Fuente: León, R. 2004

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo y semiseco. Lugares de 0-1 800 msnm, con precipitaciones mayores de 600 mm. Resistente a la sequía.

Suelo: pH de 5 a 8. Requiere de buen drenaje.

Establecimiento

Método: Por semilla y por material vegetativo. Por semilla se recomienda 5-8 kg/ha de semillas, con un 50% de valor cultural como mínimo, debiendo sembrarse en surcos espaciados 60-70 cm, a chuzo (machete) con poca profundidad; al voleo 8-10 kg/ha.

También puede propagarse vegetativamente por cepas. Durante el establecimiento, debe mantenerse el cultivo libre de malezas (30-40 días después de la siembra).

Aprovechamiento

Uso: El primer pastoreo debe hacerse entre los 3-4 meses después de la siembra, o cuando el pasto haya alcanzado una altura de 75 cm. Requiere de pastoreos intensivos, con períodos de ocupación y descanso cortos. Vigoroso rebrote al corte o pastoreo y excelente palatabilidad. Resiste a la quema. Tolera al “salivazo”.

Rendimiento: Excelente producción de forraje y abundante cantidad de hojas. Alto vigor de plantas y alta productividad forrajera. 25 t/ha/año (20-30% más que brizantha). Producción más constante y estable durante el año. Aún en épocas críticas, su productividad es alta.

La planta entera tiene 12-16% de proteína cruda, 55-65% de digestibilidad (5% más que brizantha), 25-30% de materia seca. Capacidad de carga 2,5 UB/ha en época seca y 4 UB/ha en época de lluvia. Productividad: 4 UB/ha. x 11,61 L/vaca/día = 46,46 L/ha/día x 365 días = 16957 L/ha/año.³

Mulato supera a las demás *Brachiarias* en calidad y productividad, por su rápido establecimiento, mayor carga animal, más proteína, recuperación inmediata y constante, menor fertilización y empleo de herbicidas y, por su resistencia al pastoreo y persistencia.

PASTO PARÁ

Características generales

Nombre común: Pará.

Nombre científico: *Brachiaria mutica*. (Forssk) Stapf

Sinonimia: *Panicum purpurascens* Raddi

Origen: África.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.11
Pará



Fuente: León, R. 2008

Descripción: El pará tiene características morfológicas similares al janeiro, pero es más robusto (vigoroso) y las hojas son más pubescentes. La adaptación, establecimiento y aprovechamiento también son similares al janeiro.

3 Grupo Papalotla. 2003. Mulato el pasto que está haciendo historia. Tropical Seeds do Brasil.

PASTO TANER

Figura 5.12
Taner



Fuente: León, R. 2010

Características generales

Nombre común: Tanner

Nombre científico: *Brachiaria radicans* Napper. Sinonimia *Brachiaria arrecta*.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Adaptación

Clima: Cálido, desde 0 hasta 1 000 msnm. Climas húmedos preferiblemente. Tolera sombra, sequía e inundación.

Suelo: De mediana y baja fertilidad. Suelos arcillosos.

Establecimiento

Método: Por estolones.

Aprovechamiento

Uso: Pastoreo. Presenta alta concentración de nitratos en las hojas, puede ocasionar toxicidad el ganado. Atacado por candelilla y chinches de los pastos.

PASTO ALEMÁN

Características generales

Nombre común: Pasto alemán, pasto de río.

Nombre científico: *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitch.

Origen: Nativa de América tropical.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Alcanza hasta 2 m de alto o más cuando crece en vegetación densa, ya que en caso contrario, sus tallos se acuestan rápidamente. Los tallos tienen 1-1,5 cm de diámetro, son de color rojizo y algo acanalados, provistos de una médula esponjosa. Las hojas tienen una lámina glabra de 40-60 cm de largo por 2 cm de ancho; las vainas de las hojas abrazan los tallos y tienen de 20-25 cm de largo, cubiertas de pelos rígidos y densos; la lígula de la hoja está cubierta de pelos densos de 4 mm de largo. La inflorescencia es una panícula densa, rojiza, semejante a espiga, formada de espiguillas aristadas.

Figura 5.13. Alemán Figura 5.14. Inflorescencia de alemán



Fuente: León, R. 2005

Adaptación

Clima: Netamente tropical o subtropical de zonas constantemente húmedas o inundables; no soporta la sequía. Vegeta bien en altitudes comprendidas entre 400-1 000 msnm y con precipitaciones sobre los 2 500 mm de lluvia anual.

Suelo: No es muy exigente, pudiendo crecer en suelos arcillosos, franco-arcillosos o franco-arenosos. Responde bien a la fertilización, especialmente completa.

Establecimiento

Método: Sexual o asexual. Por medio de estacas es la forma más rápida y económica, considerando que los tallos emiten raíces con facilidad y rapidez. La plantación debe realizarse a distancias de 90-100 cm entre plantas e hileras.

Aprovechamiento

Uso: Pastoreo o corte en esteros y pantanos.

Rendimiento: 150-180 t/mv/año. Los cortes deben realizarse cada 45 días.

Varietades: Las más importantes por su rendimiento y precocidad son la “helodes” y la “robusta”. También la conocida como “pasto amazonas” que es una variedad de tallos gruesos y decumbentes.

JANEIRO

Características generales

Nombre común: Janeiro.

Nombre científico: *Eriochloa polystachya* Hitch.

Origen: América tropical.

Descripción: Gramínea erecta de tallos y hojas finas, no estolonífera. Sus tallos alcanzan alturas de 120 cm; hojas de 10-30 cm de largo y de 7-10 mm de ancho, ascendentes o esparcidas formando un ángulo casi recto con relación al tallo lo cual es una característica que lo hace fácilmente identificable y dentro de este aspecto es semejante también al pasto “pará”. Nudos pubescentes.

Figura 5.15
Janeiro, posición de las hojas



Fuente: León, R. 2010

Adaptación

Clima: Netamente tropical, avanza hasta los 1 000 msnm.

Suelo: Es poco exigente, rindiendo más en los arcillosos que en los arenosos. Su mérito está en la adaptación a suelos bajos e inundables.

Establecimiento

Método: Trozos de tallos (estacas) o por división de matas, en la estación lluviosa. La distancia entre plantas y entre líneas es generalmente, 80 cm. Se estima que la cantidad de semilla agrícola para una hectárea es de 3 t, pudiendo abastecer 1 ha de potrero madre para 5-6 ha.

Aprovechamiento

Uso: Tanto para pastoreo como para corte, proporciona forraje verde, tierno y abundante. No se presta para ser henificado porque el secamiento de los tallos es muy lento.

Valor nutritivo: 11,8-12,8 P.C.

PASTO GORDURA

Características generales

Nombre común: En el país se le conoce como Yaragua.

Nombre inglés: Molasses grass.

Nombre científico: *Melinis minutiflora* Beauv.

Origen: África y Brasil.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Planta de altura media, que se desarrolla formando matas compactas, con abundantes tallos basales que se extienden de las coronas. Puede alcanzar 90-150 cm de altura; las hojas lineales, abundantes, estrechas y pubescentes, cubiertas de pequeños pelos blancos que contienen un aceite aromático; se dice que este aceite evita las garrapatas de los animales en pastoreo, a igual que las moscas. Inflorescencia en panoja, de color rojizo, con semillas ligeras y aristas largas.

Figura 5.16
Pasto gordura



Fuente: León, R. 2018

Figura 5.17
Inflorescencia de gordura



Fuente: León, R. 2012

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical, muy resistente a la sequía. Desde el nivel del mar hasta los 2 300 msnm. Se le encuentra en forma sub espontánea, cubriendo grandes superficies, de topografía quebrada, en las provincias de Loja y El Oro, en altitudes entre 500-1 500 msnm. Igualmente, en las partes bajas de las estribaciones de las cordilleras oriental y occidental.

Suelo: Es poco exigente, pero se desarrolla mejor en terrenos arcillo-arenosos relativamente compactos y bien permeables; no resiste a las inundaciones, de ahí la aplicación que se le da para controlar la erosión en tierras quebradas.

Establecimiento

Método: Sexual y asexualmente. Por semilla a razón de 10-20 kg/ha. en siembra al voleo. Debido al pequeño tamaño de las semillas, estas no necesitan ser cubiertas, cuando el suelo tiene la humedad necesaria; a veces, es conveniente, después de la siembra pasar el rodillo o una rastra liviana de ramas sin hojas para asegurar la siembra. En la siembra en líneas distanciadas 60 cm entre ellas, se emplea alrededor de 8 kg/ha de semilla. Para facilitar la distribución uniforme de la simiente se mezcla ésta con algún material inerte como arena, aserrín, etc.

En ocasiones se multiplica el pasto gordura en forma asexual, utilizando esquejes o sea fragmentos enraizados de cepas adultas distanciadas 50-100 cm entre plantas.

Debido a la rapidez de desarrollo del pasto gordura, generalmente no se mezcla con leguminosas. Sin embargo, en lugares de precipitaciones elevadas (sobre los 1 500 mm) se puede asociar con kudzú tropical, para lo cual se establece primeramente la leguminosa y luego de un corte se siembra el pasto gordura. También se puede asociar con alfalfa tropical y siratro.

Aprovechamiento

Uso: Principalmente para pastoreo, pero se le puede henificar y ensilar. Para corte, se puede lograr 5 o más cortes al año, y no debe hacerse por debajo de los 10 cm ni en época seca, ya que si no existe humedad suficiente se pierden muchas matas.

Es un pasto que no resiste la quema por lo tanto, una de las maneras de evitar ésta, cuando las circunstancias pueden obligar, sería pasar la rastra para rehabilitar el potrero o no permitir que se “pase” (que madure mucho como para ser pastoreado) mediante el aprovechamiento oportuno.

Rendimiento: 60-100 t/masa verde/ha/año en 6-9 cortes, siempre que se le fertilice por lo menos cada 2 años con abono completo; si no se lo abona los rendimientos bajan e incluso puede perderse el pastizal.

Variedades

Roxo: La más común, caracterizada por sus pelos rojos en todas las hojas y una secreción resinosa muy abundante.

Blanco: Variedad más clara, de pelos incoloros y secreción resinosa menos abundante.

Cabello negro: Variedad de tallos estrechos y erguidos y de pelos coloreados más cortos. Muy resistente a la sequía.

PASTO GUINEA

Figura 5.18
Guinea var. Tanzania



Fuente: León, R. 2011

Figura 5.19
Inflorescencias de guinea



Fuente: Gutiérrez, F. 2011

Características generales

Nombres comunes: Guinea, saboya, pajarito, cauca, chilena.

Nombre inglés: Guinea grass.

Nombre científico: *Panicum maximum* Jacq.

Origen: África.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Planta rústica que forma matas densas que pueden alcanzar 160-250 cm de alto y 1 m de diámetro. Los tallos son al principio erectos, pero a medida que la planta crece, se inclinan para un lado y otro, dando en conjunto una mata voluminosa. Los nudos de la parte baja son generalmente hirsutos; las hojas alcanzan 30-90 cm de largo y 1-3 cm de ancho; ascendentes y planas. La inflorescencia es una panoja abierta y ramificada de 20-60 cm de largo. La semilla se forma por apomixis.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical (0-1 700 msnm), es el pasto más difundido en el litoral, encontrándose inclusive en forma subespontánea. Llega hasta las quebradas y valles bajos de la Sierra. Los mejores rendimientos están asociados con alta temperatura y elevada humedad.

Suelo: Suelos de textura media o suelta, fértiles. No se adapta a terrenos anegadizos o mal drenados; soporta suelos de reacción ácida. Se adapta particularmente a terrenos quebrados de los bosques húmedos.

Establecimiento

Método: Por semilla o material vegetativo. Las semillas se forman apomíticamente y no por vía sexual. Con semilla clasificada con una germinación mínima del 20% y una pureza del 70%, en siembras al voleo se utiliza 10-12 kg/ha. La semilla fresca tiene bajo poder germinativo (5%) por estar “latente”, mejora el porcentaje de germinación luego de un período de reposo de 5 meses.

Si se utiliza material vegetativo, se hace por “división de matas” distanciados a 50- 80 cm en cuadro. Se requiere 15 m³ de cepas por ha, para una buena formación del pastizal. El establecimiento por este método es rápido y la floración ocurre 5-6 meses más tarde.

Asociación: Con maní forrajero, centrocema o kudzú en las zonas húmedas; con centrosema, soya forrajera y desmodios en las menos húmedas; con siratro y soya en zonas secas.

Aprovechamiento

Uso: Se le usa para pastoreo por la carencia de cañas y para corte, cuando tiene 80-100 cm de alto. Su crecimiento en matas individuales permite el desarrollo de malezas. Susceptible al sobrepastoreo. Tolerante al salivazo. Pasto resistente al fuego.

Rendimiento: 180 t/materia verde/ha/año. La aplicación de nitrógeno puede doblar la producción de forraje, cada kg de N produce hasta 38 kg/MS. Los mejores niveles de fertilización son 100-250 kg/N/ha.

Es un pasto que tiene prestigio como productor de leche. En los costos de mantenimiento, se debe tener en cuenta la necesidad de continuos cortes (chapias) para eliminar los residuos toscos y controlar las malezas, por lo menos dos veces al año.

Valor nutritivo: Proteína a los 35 días 10,5-10,9% en verano y 11,5-13,28% en invierno. Carga animal: 2-4/ha. Conversión: 500-600 gr. de ganancia diaria por animal. Digestibilidad 60%.

Variedades

Guinea colonial: Variedad muy alta, de extraordinario vigor, que crece hasta 3 m. de alto, con tallos gruesos y carnosos, muy apetecido por el ganado, que lo prefiere a cualquier otro pasto. Rinde 50 t/MS/ha/año, proteína bruta 8-10%. Tiempo de formación del potrero 3-4 meses.

Guinea siempre verde o Green panic: Se caracteriza por ser de rápido crecimiento, planta robusta, muy apetecida por el ganado y su gran resistencia a la sequía. Tolerante a la sombra más que las otras variedades y compite fuertemente con las malezas. Fácil de manejar, es aprovechada por el ganado aún

en el estado de floración, ya que no se vuelve leñoso cuando madura. Proporciona buen heno.

Benítez, refiere que en la provincia de Loja, existen dos ecotipos de guinea:

Chilena hembra y Chilena macho: Variedades altamente resistentes a la sequía, de portes pequeños y capaces de desarrollarse en buenas condiciones hasta 1 700 msnm.

Tanzania: Alcanza una altura de 1,30 cm, hábito de crecimiento cespitoso, tolera el pisoteo y el salivazo, el uso es principalmente para pastoreo y heno, asociación con soya perenne, necesita abonamiento con fosfatos y cal. Densidad de siembra 9-10 Kg/ha, profundidad de siembra 0,5-1 cm, tiempo de formación del potrero 3-4 meses. Producción de masa verde 70 t/MS/ha/año, proteína bruta 12-14%. Manejo, cuando alcanza 50-90 cm.

Vencedor: Variedad de origen brasileño, de 1.60 m de alto, cespitosa, se adapta a suelos de mediana a alta fertilidad, tolera el aluminio, soporta el pisoteo, necesita abonamiento con fosfatos, rinde 60 t/MS/ha/año.

SETARIA

Características generales

Nombre común: Setaria, pasto miel.

Nombre científico: *Setaria sphacelata* (Schum) Stapf y Hubbard. Sinonimias *S. anceps*, *S. spléndida*.

Origen: África del Sur.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.20
Setaria



Fuente: Gutiérrez, F. 2018

Descripción: De crecimiento vigoroso, tallos finos que alcanzan de 60-150 cm de altura. Abundantes hojas largas y finas, provistas de una vaina foliar dura y persistente que protege a los brotes tiernos. La inflorescencia es una panícula compacta, semejante a una espiga, que semilla profusamente. La planta se extiende rápidamente por medio de rizomas y por resiembra natural.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical. Se lo puede cultivar desde el nivel del mar hasta los valles bajos de la Sierra, desarrollándose mejor en altitudes entre los 600 a 2 400 msnm.⁴ Requiere para una buena producción sobre 900 mm de lluvia anual. Tolerante a la sequía.

Suelo: Crece en cualquier clase de suelo, desde los arenosos hasta los arcillosos pesados pero con fertilización adecuada. No se desarrolla bien en suelos pobres. Se muestra tolerante a suelos con mal drenaje, pero no soporta el empantanamiento. Relativamente tolerante a la salinidad y toxicidad por manganeso.

Establecimiento

Método: Por semilla o vegetativamente. Por semilla, es el procedimiento más utilizado y se requiere 3-6 kg/ha en líneas y 8-10 kg/ha al voleo. Vegetativamente, se utiliza esquejes o tallos enraizados.

Tiempo de establecimiento 3-4 meses.

Asociación: Con soya forrajera, siratro en zonas tropicales secas, con maní forrajero o pega pega en subtrópico húmedo hasta 1 800 msnm, inclusive con trébol blanco y loto sobre los 2 000 msnm.

Aprovechamiento

Uso: Pastoreo y henificación, cuando tiene 60-70 cm de alto. Aunque la calidad del forraje es buena, todas las variedades de setaria presentan oxalatos especialmente en tejido joven⁵ y cuando se trabaja con alta fertilización de nitrógeno y potasio, puede contribuir a la presencia de problemas digestivos en animales que no estén acostumbrados a consumir este forraje o con vacas recién paridas o mal nutridas.⁶

Álvarez (2003) manifiesta que si bien la literatura indica que los pastos en el trópico pueden ser aprovechados en intervalos de 28 a 42 días, en el sector del nor-occidente de Pichincha especialmente en el sector de Tulipe (1 700

4 http://www.semear.com.br/pg_4_15.htm.

5 <http://www.dpi.qld.gov.au/pastures/4582.html>

6 http://www.semear.com.br/pg_4_15.htm

msnm) los intervalos de 28 días no son los adecuados pues el pasto miel, se presenta muy débil para resistir el pisoteo, dando lugar a una pérdida grande de materia verde y seca. El intervalo de pastoreo de 35 días fue el que permitió un mayor incremento en peso de los animales a lo largo de las ocho evaluaciones semanales, además fue el tratamiento más económico.

Variedades

Kazungula: Se caracteriza por ser más vigorosa y de fácil establecimiento, de tallos altos, y numerosos; hojas anchas de color verde con tinte violáceo. Se desarrolla en terrenos quebrados. Alcanza 1,30 m, y rendimientos de 60 t/ha/año, con 8-9% de proteína bruta. Al inicio de la floración puede tener 15% de proteína. La variedad Kazungula es poco compatible para mezclas forrajeras con leguminosas.⁷

Nandi: Menos agresiva. Se adapta a zonas lluviosas y altas.

PASTO ESTRELLA

Características generales

Nombre común: Estrella.

Nombre científico: *Cynodon plectostachyus* Pilger. Sinonimia *C. nlemfuensis*, Vanderyst.

Origen: Este del África.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.21
Pasto estrella



Fuente: León, R. 2018

7 <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/DATA/Pf000316.HTM>

Figura 5.22
Estolón de estrella



Fuente: León, R. 2018

Descripción: Raíces profundas, provista de estolones fuertes que alcanzan 5-7 m de largo, de rápido crecimiento. Los tallos aéreos finos, alcanzan de 60-70 cm de alto, los tallos florales alcanzan hasta 100 cm. Las hojas planas y lineares tienen 10-30 cm de largo. La inflorescencia está formada de 3-20 espigas arregladas en un eje común, pero no digitadas como el *Cynodon dactylon*.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical, desde el nivel del mar hasta 2 000 msnm. Productivo bajo condiciones secas de 500-750 mm de precipitación anual, sin embargo crece en forma agresiva en la temporada de lluvias; al finalizar ésta, su crecimiento es mucho más lento.

Suelo: Se desarrolla en diferentes suelos, crece bien en suelos infértiles y pH bajo. No acepta aguas estancadas o tierras mal drenadas. Responde bien a la fertilización nitrogenada.

Establecimiento

Método: Forma asexual, con material vegetativo que debe estar bien maduro. Se lo puede sembrar al voleo, cuando se dispone de suficiente material y en suelos planos y, a “espeque” a distancias de 90-100 cm entre plantas e hileras, en suelos inclinados o pedregosos.

Asociación: Se le puede asociar o mezclar con maní forrajero, centro-sema, kudzu o pega pega aún cuando es difícil de manejar.

Pasto ideal para sistemas silvopastoriles, en asociación con *Leucaena* o *Prosopis sp.*

Aprovechamiento

Uso: Para pastoreo de especies menores (cerdos) y potreros de maternidad. Endurece bastante al madurar, por lo que se lo debe manejar cuando esté en estado tierno fase en la cual su valor nutritivo y palatabilidad son mejores, bajo un sistema de pastoreo rotativo con buena carga animal.

Debido a que responde bien a la fertilización en la Hda. Mirador del Ila (Rey Sahiwal-Grupo Wong) se llega a aplicar 1 tonelada de fertilizante por hectárea con lo cual en el período de lluvias se pastorea cada 14 días y una carga animal de 5 UB/ha.

En algunos casos se le utiliza para obtener heno o silaje. También se le utiliza para controlar la erosión en suelos con pendiente.

El pasto estrella puede tener a veces algún contenido de ácido prúsico. En el país no se ha detectado envenenamiento del ganado por HCN.

Valor nutritivo: Estrella solo 10,5% de proteína, estrella con *Prosopis* sp. 14% proteína, estrella más leucaena 15,7% de proteína bruta.

Leguminosas

De la subfamilia *Papilionodeae*, son: *Arachis*, *Centrosema*, *Clitoria*, *Desmodium*, *Glycine*, *Phaseolus*, *Pueraria*, *Stylobium*, *Stylosanthes*.

MANÍ FORRAJERO

Características generales

Nombre común: Maní forrajero, maní perenne.

Nombre científico: Existen dos especies de importancia forrajera: *Arachis pintoi* Krapovickas et. Gregory y, *Arachis glabrata* Benth.

Figura 5.23. *Araquis pintoi*



Figura 5.24. *Araquis glabrata*



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz N. 2018

Figura 5.25
Hojas de los dos *Araquis*



Fuente: León, R. 2018

Origen: América del Sur en la región comprendida entre el este de los Andes, el Sur del Amazonas y el Norte de la Plata.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Es una especie de germinación epígea, rastrera y estolonífera que alcanza una altura entre 20-40 cm. Su raíz pivotante llega a unos 35 cm de profundidad. Las hojas son abundantes y paralelas al suelo, alternas, compuestas de 4 foliolos aovados de color verde claro a oscuro de 6-8 cm de largo y 5-7 cm de ancho, el ápice de los foliolos es mucronado, posee estipulas envainados. Las hojas de *A. pintoi* son más grandes y las de *A. glabrata* más pequeñas, ligeramente angostas y alargadas, ver Figura 5.14. Mantiene protegidos los puntos de crecimiento. Gran número de tallos rastreros (estolones) ramificados, fuertemente enraizados y conectados entre sí. El estolón es circular, ligeramente aplanado con entrenudos cortos, llega a tener 1,5 m de largo con producción abundante de raíces en los entrenudos.

Luego de la fecundación, la flor se marchita sin caerse de la planta; pasados 7-10 días se inicia la formación del carpóforo que crece primero unos 2 cm hacia arriba y posteriormente se dobla hacia el suelo. El fruto es una vaina, clasificada como cápsula indehiscente, que normalmente tiene una, a veces dos y rara vez tres semillas. Se encuentra a una profundidad de 10 cm en el suelo (geocárpica).

Adaptación

Clima: *Arachis pintoi* se desarrolla bien en regiones tropicales y subtropicales de 0 a 1 800 msnm con elevada precipitación (1 500 a 3 500 mm anuales), alta humedad atmosférica y alta humedad del suelo (es decir sin condiciones limitantes), mientras que *A. glabrata* puede permanecer en estado

vegetativo en condiciones desfavorables como suelos pobres y arenosos, con restricciones de agua en verano y restricciones de temperatura en invierno (regiones subtropicales de Florida) (Prinne *et al.*, 1981).

Suelo: Suelos de mediana fertilidad, aunque tolera suelos ácidos con niveles altos de aluminio, pobre en nutrientes y contenidos no muy altos de arena. Prefiere suelos francos con contenidos de materia orgánica superiores al 3%.

Establecimiento

Método: Por semilla sexual de 7-8 kg/ha, según (Ramírez *et al.*, 1996) con este sistema el porcentaje de germinación es bajo, 22% para siembras en líneas, 24% para espeque, y 4% para voleo; los valores son bajos, debido al ataque de hormigas a la semilla y a las plántulas, aún en las mejores condiciones no se logra más de un 60% de germinación. Lo más recomendable es usar material vegetativo: 300 m² de semillero (equivalente a 0,5-0,8 toneladas de material) proporciona el material suficiente para 1 ha. Del área seleccionada como semillero, las plantas deben ser removidas con machete, pala o azadón a ras del suelo o a una profundidad de 5 cm separando posteriormente las estructuras vegetativas para ser sembradas a distancias de 1 m x 0,80 cm.

Asociación: con todas las *Brachiarias*, *Paspalum notatum* y *Cynodon plectostachyus*.

Aprovechamiento

Uso: Para pastoreo en asociaciones con gramíneas agresivas por más de 10 años. Como cobertura vegetal (evitar la presencia de malezas, combatir la erosión, fijar nitrógeno, etc.) en cultivos tales como palma africana, marañón, cítricos, cacao, café, etc. En bancos de proteína para corte y como ornamental.

Rendimiento: *Arachis pintoi* en condiciones ambientales favorables en el estado de Acre, Brasil produce 15 t/MS/ha/año (Valentim, 1997).

Valor nutritivo: El nivel de proteína cruda en las hojas varía entre 13-18% en las épocas seca y lluviosa. Los tallos contienen entre 9-10% de proteína en ambas épocas. El promedio de digestibilidad de las hojas es 62% en la época seca y 67% en la época lluviosa. En promedio el contenido de calcio es de 1,77% y el de fósforo 0,18%.

Varietades: Para el Ecuador el mejor cultivar de *A. pintoi* es el CIAT 18751, también el 17434.

CENTROSEMA

El género botánico *Centrosema* comprende 35 especies exclusivamente americanas, siendo las más importantes: *Centrosema pubescens* BENTH y *Centrosema macrocarpum*

CENTROSEMA PELUDA

Características generales

Nombre común: Centrosema, centro, bejuquillo.

Nombre científico: *Centrosema pubescens* Benth.

Figura 5.26
C. común



Fuente: León, R. 2014

Figura 5.27
C. macrocarpum



Fuente: León, R. 2014

Figura 5.28
Hojas de los centrocemas



Fuente: León, R. 2014

Origen: América tropical. En nuestro país se lo encuentra, en la zona tropical, creciendo espontáneamente, especialmente en la provincia de Manabí.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Planta rastrera, muy agresiva con una marcada tendencia a trepar y que forma una excelente cobertura. Cuando se cultiva en forma monofítica, forma un denso colchón de 40-50 cm de altura conservándose verde durante todo el año en la parte superior, en tanto que en la parte inferior se forma una capa espesa de hojas secas (mulch) que con el tiempo se descomponen, fertilizando el suelo. Sus hojas son trifoliadas, glabras, ovoides y tiernas. Flores pediceladas, cáliz campanulado, corola vistosa violácea, morada, lila o blanca. Vainas largas (10 cm o más) dehiscentes, estrechas, terminadas por larga y aguda punta (pico), que en la madurez adquiere un color marrón oscuro y se abren cuando secas esparciendo las numerosas semillas. Las semillas son pequeñas, ligeramente achatadas, de color pardo, rojas o completamente marrón; siendo estos tipos de coloración correspondiente a dos tipos de plantas.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical, desde el nivel del mar hasta 1 000 msnm.

Suelo: Fértiles, permeables, sin exceso de humedad. En tierras pobres, y sobre todo muy secas o arcillosas duras, las raíces no pueden penetrar en el suelo y las plantas mueren por competencia con otras.

Establecimiento

Método: Por medio de semilla, para lo cual se deposita de 10-15 semillas en hoyos distanciados de 70-80 cm. Se emplea 7-8 kg/ha. También se siembra en

surcos distanciados 80-120 cm. Para producir semilla se requiere de rodrigones o medios de sostén, pues es una planta rastrera. Un elevado porcentaje de la semilla tiene el tegumento duro e impermeable al agua; conviene pues, para facilitar la germinación, someterlas a un tratamiento mecánico o químico.

Asociación: Se le puede asociar con pasto gordura, guinea, estrella y con otras leguminosas como siratro y soya forrajera.

Aprovechamiento

Uso: Para la formación de potreros mixtos y para henificar. Cuando se lo quiere henificar es necesaria una manipulación adecuada, ya que las hojas se desprenden fácilmente conforme se secan los tallos y ramas. Conviene, si es posible, terminar la operación de secado a la sombra y en lugares donde sea posible recoger las hojas caídas.

Varietades: Una especie que ha dado magníficos resultados en el litoral ecuatoriano es *Centrosema macrocarpum*, leguminosa que teniendo características de adaptabilidad similares a *C. pubescens*, es de mayor desarrollo vegetativo y provee abundante forraje de mejor valor nutritivo. (Fig. 5.28)

CLITORIA

Figura 5.29
Clitoria



Fuente: León, R. 2015

Características generales

Nombres comunes: Clitoria, campanita morada, alfalfa del trópico.

Nombre técnico: *Clitoria ternatea* L.

Origen: En su mayoría de las regiones tropicales y subtropicales de América.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Crecimiento semi-arbustivo y semi-erecto (80-90 cm) de altura. Es planta trepadora que se enreda en cultivos más altos; cuando crece sola produce una cobertura densa; las ramitas foliares tienen de 5 a 9 foliolos; las flores son más o menos grandes y solitarias, de color azul o blanco, de cáliz tubular. Las vainas son lineales y planas, alargadas (5-10 cm), parecidas al frijol; las semillas son globosas o elípticas.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical. En el Ecuador, se adapta desde el nivel del mar hasta los 1 600 m. En áreas de riego de la costa sur del país, con períodos de lluvia y seca bien definidos.

Requiere para su desarrollo precipitaciones de 800 mm, una vez establecida, la raíz pivotante permite que la planta resista muy bien la sequía.

Suelo: Crece en diferentes suelos, pH 6-8. Responde bien a la fertilización, especialmente fosfatada. No resiste el encharcamiento.

Establecimiento

Método: Por semilla, preferentemente en surcos que pueden ir desde 30 a 60 cm en monocultivo, 20-25 kg/ha; o en surcos alternos con otros pastos utilizando de 10-15 kg/ha; cantidades menores pueden ser utilizadas en mezclas con otras leguminosas, tales como siratro, soya forrajera, etc.

Esta leguminosa debe ser tratada suavemente en la primera utilización, para permitir que se establezca bien.

Asociación: se puede sembrar sola o combinada con pastos como estrella o pangola, es decir pastos de poca altura. Puede también asociarse también con guinea.

Aprovechamiento

Uso: el primer corte se debe realizar a los 75 días (2 ½ meses) después de la siembra, el segundo corte o pastoreo 1 ½ -2 meses después del primero. Puede utilizarse en pastoreo directo, para corte en verde, para hacer heno, como abono verde y para ensilaje con gramíneas. Cuando se utiliza en pastoreo, éste debe ser rotacional y controlado dando los días suficientes de descanso (40-60) según la estación, para que la leguminosa se reponga y pueda competir con los pastos. En la época de sequía conviene regar cada 21 días.

Para que la plantación esté siempre uniforme, es conveniente dejar semillar cada cierto tiempo, y asegurar la propagación por este medio.

Rendimiento: Según Papalotla⁸ bajo condiciones favorables, puede llegar a rendir hasta 30 t/MS/ha anualmente. En Colombia, en el Valle del Cauca, según Flores (1987) se ha llegado a obtener, en mezcla con guinea, 30-90 t/MV o, 6-18 t/MS/ha/año.

Como toda leguminosa, la producción y maduración de la semilla es escalonada y desigual, lo cual dificulta la cosecha.

Valor nutritivo: 18-24% de proteína, 60-75% de digestibilidad. Carga animal, 2 500 kg de peso vivo.

Variedades: La única variedad comercial de esta especie es Tehuana.

DESMODIUM

Estas leguminosas nativas de América, comprenden cerca de 200 especies. Las más importantes son:

<i>Desmodium intortum</i> (Miller) P. y C. (Greenleaf).	Uña de gato
<i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq) DC. (Silverleaf).	Hoja de plata
<i>Desmodium ovalifolium</i> (L.) DC	Trébol tropical.

Paladines refiere que en los potreros de la costa y en los valles bajos de la sierra abundan especies nativas como: *Desmodium barbatum*, *D. canum*, *D. heterocarpum*, *D. discolor*, comunmente conocidas como pega-pega, amor seco, amor fino, por la característica de sus semillas de pegarse a la ropa de las personas o la piel de los animales.

Figura 5.30
Uña de gato



Fuente: León, R. 2008

8 Papalotla (2003). Tropical Seeds. University Drive. USA. usa@grupopapalotla.com

Origen: En su mayoría de las regiones tropicales y subtropicales de América.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Son plantas subarborescentes, erectas, postradas o rastreras, pubescentes. Tienen hojas estipuladas, pinadas, trifoliadas, muchas estriadas. En el *D. uncinatum* las hojas son de forma ovoide y tienen en la nervadura central una ancha franja plateada. Flores violáceas o blanco-rosadas en racimos axilares o terminales. Lomento con uno o varios artejos indehiscentes, circulares, ovales, oblongos o elípticos, comprimidos, generalmente pubescentes; lomento, a veces, torcido en espiral; semillas elípticas.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical. En el Ecuador, las encontramos desde el nivel del mar hasta los 2 500 m. Estas especies requieren para su desarrollo precipitaciones pluviales que sobrepasen los 1 000 mm y, una vez establecida, la raíz pivotante permite que la planta resista la sequía.

Suelo: Crece en diferentes suelos y es tolerante a suelos mal drenados. Prospera en tierras livianas y arenosas. Se desarrolla tanto en suelos planos como en terrenos laderosos con suficiente humedad. Responde bien a la fertilización, especialmente fosfatada.

Establecimiento

Método: Por semilla, utilizando 3-6 kg/ha de *D. intortum* y 6-10 kg/ha. de *D. uncinatum*; cantidades menores pueden ser utilizadas en mezclas con otras leguminosas, tales como siratro, soya forrajera, etc.

Estas leguminosas deben ser tratadas suavemente en la primera utilización, para permitir que se establezcan bien a través de sus estolones. Una vez establecidas soporta pastoreo intensivo. No se debe permitir que el ganado coma por debajo de los 4-5 cm para no estropear a la corona.

SOYA FORRAJERA

Figura 5.31
Soya forrajera



Fuente: León, R. 2011

Características generales

Nombres comunes: Soya forrajera, soya perenne.

Nombres científicos: *Glycine javanica* L. Sinonimias: *Glycine wightii* (Wight & Arn.), *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.)

Origen: África.

Ciclo: Perenne.

Descripción: Mata densa que alcanza hasta 60 cm de altura. Hojas trifoliadas, con folíolos que miden aproximadamente 38 mm de largo por 28 mm de ancho; inflorescencia que sale de las axilas de las hojas, flores pequeñas de color púrpura claro o lila. Vainas cortadas, de 25-38 mm de largo y están cubiertas por una pubescencia color castaño. Las semillas son de color castaño al negro y medianamente largas.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical seco. En el Ecuador crece de 0-1 200 msnm, con lluvias que exceden los 700 mm anuales. Soporta bien la sequía.

Suelo: Suelos francos; resiste la acidez del terreno; requiere la presencia de fósforo en el terreno.

Establecimiento

Método: Por semilla, misma que debe ser inoculada y preferentemente granulada con cal. En siembra al voleo se utiliza 10-25 kg/ha de semilla y, en hileras de 5-8 kg/ha.

Asociación: Se obtiene una buena mezcla con los pastos yaragua y gordura.

Variedades

Clarence: Es la variedad más precoz, razón por la cual se le utiliza en mezclas para producir forraje a corto plazo con gramíneas de ciclo corto.

Cooper: Variedad semitardía, muy resistente a la sequía y la más robusta.

Tinaroo: Variedad que florece muy tarde, que permite su aprovechamiento más largo.

SIRATRO

Características generales

Nombre común: Siratro.

Nombre técnico: *Phaseolus atropurpureus* L. Sinonimia *Macroptilium atropurpureum*.

Origen: América tropical (México).

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura. 5.32 Siratro



Figura 5 33- Flores de siratro



Fuente: León, R. 2011

Descripción: Planta rastrera que posee un sistema radicular fuerte y bien desarrollado, que puede penetrar profundamente en el suelo en busca de

humedad. La planta emite largos estolones que producen rápidamente raíces en los nudos y forman una densa cobertura. Las hojas son trifoliadas y pubescentes; tallos florales marcadamente alargados con 6-10 flores agrupadas de color púrpura oscuro. Las semillas son largas, con tegumento impermeable que impide la penetración del agua; contienen usualmente de 40-80% de semillas duras.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical, con precipitaciones anuales de 1 000-1 500 mm de lluvia. Resiste la sequía. En nuestro país se desarrolla de 0-1 000 msnm con suficiente humedad, sin exceso. En zonas lluviosas, nubladas y de elevada humedad ambiental es atacado por enfermedades fungosas.

Suelo: Se adapta a distintos tipos de suelo, siendo susceptible a suelos demasiado húmedos. Poco exigente en fertilidad, pero responde bien a las abonaduras. Se desarrolla en terrenos pobres donde otras leguminosas no se desarrollan bien.

Establecimiento

Método: Por semilla, al voleo 5-10 kg/ha en forma monofítica. Las semillas deben ser escarificadas antes de la siembra, para asegurar la germinación.

Asociación: Se aconseja la mezcla con otra leguminosas como centrosema y soya perenne y, con gramíneas como guinea, buffel, gordura, grama Rhodes. El siratro, por su fácil establecimiento, agresividad, resistencia a la sequía, tolerancia a terrenos de baja fertilidad, persistencia y resistencia a enfermedades es una leguminosa obligada en la composición de mezclas.

Aprovechamiento

Uso: Para pastoreo.

PUERARIA

Existen dos especies de importancia forrajera:

<i>Pueraria lobata</i> (Wild) Ohw	Kudzú común.
<i>Pueraria javanica</i> Benth.	Kudzú tropical.

KUDZÚ TROPICAL

Figura 5.34
Kudzú



Fuente: León, R. 2011

Características generales

Nombre común: Kudzú tropical.

Nombre técnico: *Pueraria javanica* Benth. Sinonimia *Pueraria phaseoloides*, Benth.

Origen: Lejano Oriente (China, Japón, Korea, Indochina).

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Se caracteriza por tener tallos trepadores, finos, flexibles, herbáceos, densamente pubescentes. Las hojas son compuestas de tres grandes folíolos romboidales pubescentes a igual que los pecíolos. Los numerosos estolones que produce se entretrejen y se aferran tenazmente al suelo, originando raíces en los nudos. Su sistema radicular es muy profundo y ramificado. La inflorescencia es grande, no ramificada, con flores de color amarillo-lila. Vainas cilíndricas estrechas y largas de 9 cm de largo y 6,3 mm de ancho, teniendo extremidades ligeramente curvas y puntiagudas con 20 semillas de color marrón o castaño verdoso, casi cilíndricas o subcuboides sin arilo.

Adaptación

Clima: Netamente tropical húmedo, susceptible a las bajas temperaturas. Necesita de una pluviosidad anual de 1 300-1 500 mm o más. En el país se desarrolla desde el nivel del mar hasta 1 200 m.

Suelo: Vegeta en suelos ácidos de pH 4,5 y llega hasta 7,0, progresando mal en los calcáreos. Prefiere los suelos arcillosos que tengan suficiente drenaje. No muy exigente en fertilidad.

Establecimiento

Método: Por semilla o por coronas. Por semilla se utiliza 8-12 kg/ha, sembrando en hoyos separados de 3-4 m en todo sentido, la planta una vez que arraiga se va difundiendo en forma de hondas y abarca cada vez más superficie de terreno; también se puede sembrar en hileras separadas de 40-50 cm cuando se desea rápidamente un kudzú cerrado. Por su bajo poder germinativo, especialmente cuando están frescas, la semilla debe escarificarse, o cuando menos remojarse antes de la siembra.

Vegetativamente el kudzú se propaga por coronas de 1-2 años, de las matas más vigorosas o por gajos enraizados (guías) de 4 nudos y de las raíces ya engrosadas en el nudo inferior, sin quebrar o torcer las raíces durante el manipuleo.

Asociación: Con pasto guinea, gordura, elefante y yaragua, pará, pasto miel, entre otros.

Aprovechamiento

Uso: Para formar pastizales. Para corte: heno y silaje. Para combatir la erosión en terrenos inclinados. Como planta de cobertura, en palma africana y caucho. Como abono para mejorar el suelo.

Figura 5.35
Pueraria, como cobertura de palma africana



Fuente: León, R. 2011

Cuando se utiliza para pastoreo, éste no debe iniciarse antes de 6-8 meses a fin de permitir que se desarrolle sus gruesas y profundas raíces; poste-

riormente se puede cortar o pastorear cada 2-4 meses, dependiendo del suelo y la precipitación. Esta leguminosa no soporta grandes cortes ni fuerte pastoreo. El corte debe hacerse a 15- 20 cm.

El heno que proporciona esta leguminosa es basto, pero lo come el ganado con agrado. El heno de buena calidad contiene 50-60% de hojas, que se le obtiene cuando se corta la planta temprano y se lo manipula cuidadosamente. Las hojas se sostienen bien después de la cosecha.

Rendimiento: Proporciona de 15-20 t/MV/corte/ha. y de heno 6-8 toneladas. El kudzú tiene un elevado contenido proteico.

ALFALFA TROPICAL

Figura 5.36
Alfalfa tropical



Fuente: León, R. 2011

Características generales

Nombres comunes: Alfalfa tropical, alfalfa brasilera, trifolio.

Nombres científicos: *Stylosanthes guyanensis* (Aubl) Sw. Sinonimias: *Stylosanthes gracilis*.

Origen: África, América del Sur y Centro América.

Ciclo: Perenne.

Descripción: Poderoso sistema radicular, parecido a de la alfalfa verdadera. Tallos largos que nacen de la corona, rastreros, que emiten raíces formando matas hasta de 200 cm de diámetro. La planta llega hasta una altura de 60-90 cm. Las hojas son trifoliadas de color verde claro; los folíolos son largos, angostos. Las inflorescencias son pequeñas, de color amarillo y se producen en los nudos más altos de los tallos, conteniendo cada una de ellas de 10-15 flores. La vaina contiene una sola semilla de color amarillo brillante y ligeramente más chica que la de la alfalfa verdadera.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical seco. En el Ecuador crece de 0-1 200 msnm, con lluvias que exceden los 700 mm anuales. Soporta bien la sequía.

Suelo: Esta leguminosa crece bien en suelos ácidos y pobres, prefiere suelos francos arenosos.

Establecimiento

Método: Por semilla, misma que debe ser inoculada y preferentemente granulada con cal. En siembra al voleo se utiliza 10-25 kg/ha de semilla y, en hileras de 5-8 kg/ha.

Asociación: Se obtiene una buena mezcla con los pastos yaragua, gordura y estaría.

Variedades

Clarence: Es la variedad más precoz, razón por la cual se le utiliza en mezclas para producir forraje a corto plazo con gramíneas de ciclo corto.

Cooper: Variedad semitardía, muy resistente a la sequía y la más robusta.

Tinaroo: Variedad que florece muy tarde, que permite su aprovechamiento más largo.

Principales especies para corte

Gramíneas

De la subfamilia Panicoideae los géneros *Cenchrus*, *Pennisetum*, *Saccharum*, *Sorghum*, *Tripsacum*, *Zea*.

PASTO BUFFEL

Figura: 5.37. Pasto buffel Figura: 5.38. Pasto buffel con riego



Fuente: León, R. 2011

Características generales

Nombre común: Buffel, elefante enano.

Nombre inglés: Buffel grass

Nombre científico: *Cenchrus ciliare* L. Sinonimias *Cenchrus ciliaris*, *Pennisetum ciliare* (L) Link.

Origen: India, África e Indonesia.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Se caracteriza por tener un sistema radicular profundo, extenso y fibroso, con tallos erectos o amacollados, algunos son estoloníferos y otros emiten rizomas. La inflorescencia es una panícula cilíndrica de coloración pajiza, rojiza o púrpura, dependiendo de la línea o variedad. Las espiguillas tienen fascículos con 1 o 5 flósculos, además es una planta apomíctica y produce semilla viable. Los tallos son culmos que forman alfombras o montecillos, de 25 a 100 cm de alto; vainas comprimidas de glabras escasamente pilosas; láminas escabrosas, en ocasiones ligeramente pilosas, de 2.4 a 2.8 cm de largo, por 2.2 a 8.5 mm de ancho, ahusándose en la punta. Inflorescencia densa y cilíndrica de 2 a 12 cm de largo por 1 a 2.6 cm de ancho; raquis flexible y escabroso; entrenudos de 0.8 a 2.0 mm de largo, casi siempre de 1 mm de largo; involucros alargados y pubescentes; pedúnculo diminuto y densamente piloso de 0.5 a 1.5 mm de largo por 1 a 2 mm de ancho; espinas erectas o dispersas de 4.3 a 10 mm de largo por 0.2 a 0.6 mm de ancho, con cilios largos, pubescentes en los márgenes internos, concrecentes únicamente en la base, o un poco más arriba.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical seco. En el país se desarrolla desde el nivel del mar en zonas con bajas precipitaciones como Guayas, Manabí, El Oro y Loja, hasta los valles bajos de la sierra (Guayllabamba, Chota). Resistente a la sequía y tolera quemadas. Se recomienda para zonas con precipitaciones que menores a 900 mm, la humedad en exceso le perjudica.

La resistencia del pasto buffel a la sequía se debe a unas estructuras que se encuentran en la parte inferior de la planta llamada cormos, ya sea dentro o fuera del suelo, en tiempo de sequía permanecen en estado de vida latente permitiendo la supervivencia de las plantas y al llegar la época de lluvias, las reservas de carbohidratos acumulados en éstos, permiten a la planta su rebrote vigoroso.

Suelo: Gran variedad de suelos, pero se desarrolla mejor en tierras francas y arenosas; el suelo debe ser profundo para que penetren las raíces.

Establecimiento

Método: Con semilla o con material vegetativo. Partiendo de semilla al voleo 10-15 kg/ha, o realizando almácigos y trasplante cuando las plantitas tienen 15-20 cm de altura. La propagación vegetativa es factible.

Asociación: Con *Stylonsanthes guyanensis*.

Aprovechamiento

Uso: Pastoreo y corte. Resiste el fuego y el pastoreo intenso. El primer año debe solamente cortarse, y luego cuando ya está bien establecido el potrero, puede pastorearse.

Variedades: Existen numerosas variedades originarias de USA y África del Sur y, se clasifican de acuerdo al porte: de tipo alto Biloela, Nunbank, Boorara y Malopo; de tipo mediano Gayndah y American; y, de tipo corto, West australian.

KING GRASS

Figura 5.39
King grass



Fuente: León, R. 2011

Características generales

Nombre común: King grass, Rey de las gramíneas.

Nombre científico: *Pennisetum hybridum* (*P. purpureum* x *P. typhoides*). Sinonimia: *Saccharum sinense*.

Origen: África del Sur.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Raíces fasciculadas y profundas. Tallo erecto, robusto y muy carnoso. Las hojas alternas, lineales y lanceoladas, son de color verde claro de jóvenes y oscuras cuando maduras, alcanzan una longitud de 50-60 cm.

Inflorescencia terminal en forma de panoja, florece cuando tiene una altura de 1,50 m y su crecimiento no se detiene durante este proceso, pudiendo alcanzar alturas superiores a 4,5 m. Semillas fértiles pero con un bajo porcentaje de germinación (entre 10-18%).

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo. Prefiere temperaturas de 20-32 grados C. Puede cultivarse de 0-2 000 msnm.

Suelo: Prefiere suelos francos arenosos, medios y profundos, con buen drenaje. Soporta un pH de 5,5-7.0.

Manejo

Establecimiento: Material vegetativo. Por estacas, se debe aprovechar la parte central de la caña y eliminar las vainas de las hojas, para tener un incremento en los porcentajes de brotación y en el número de plantas emergidas. El corte de los tallos para sembrar debe realizarse 15 días antes de la siembra y mantenerse a la sombra sin humedecerlos, solamente el día de la plantación debe realizarse el corte de las estacas para enterrarlas. Las estacas se deben desinfectar con Vitavax en dosis de 100 g/50/L de agua, para evitar pudriciones. Las mejores distancias de siembra son 90-120 cm y una profundidad de 10-15 cm. También se pueden colocar tallos enteros extendidos en surcos y cubrir con unos 2 cm de tierra. En zonas pendientes se siembra en curvas de nivel, a 60 cm en triángulo.

Es importante tener en cuenta que la brotación de esta especie no ocurre simultáneamente durante los primeros días como sucede con otras especies, sino que es gradual y aún después de los 28 días continúa la brotación.

Se debe anotar que, se ha comprobado que las mayores distancias de siembra, dan como resultado un mayor número de hijos por planta y una mayor altura.

El control de malezas en las primeras fases de crecimiento del pasto, depende del porcentaje de cobertura de las malezas, esta práctica puede hacerse una o dos limpiezas a mano durante el establecimiento y luego cada dos cortes; químicamente con productos derivados del paraquat, también Lazo 3 L + Afalón 1 kg/ha. A los 30 días de sembrado se puede hacer una aplicación de fertilizante foliar o al suelo.

En lo referente a la cantidad de “semilla” el cálculo más aceptable es la relación 1:10, es decir que una hectárea de pasto para semilla, sirve para sembrar 10 hectáreas de pasto, lo que representa aproximadamente 2,5-3 t/ha aún cuando, dejando madurar el pasto para que los tallos alcancen mayor altura, y dependiendo del sistema de siembra, se puede llegar a establecer 33 ha de pasto.

Asociación: El exuberante crecimiento del king grass, no permite asociar con ninguna especie. Este pasto crece de 3,5 a 4 cm diarios.

Aprovechamiento

Uso: Exclusivamente en “bancos de biomasa” para corte para dar picado al ganado o ensilar, por su gran volumen. Considerando la producción y composición química se recomienda el primer corte entre los 90 y 150 días, y luego cada 45-50 días; se ha comprobado también que en esta época la parte basal del tallo está en condiciones de dar mayor ahijamiento.

Rendimiento: Bajo condiciones de fertilidad y humedad adecuadas, su puede obtener y una producción de 50 a 70 t/ha/corte, equivalente a 10 a 14 t/MS/ha, con riego y fertilización.

PASTO ELEFANTE

Características generales

Nombre común: Pasto elefante.

Nombre inglés: Elephant grass.

Nombre científico: *Pennisetum purpureum* Schum.

Origen: África.

Descripción: Planta de gran desarrollo, parecida a la caña de azúcar en su hábito vegetativo, necesidades ecológicas y sistema de multiplicación. Presenta rizomas cortos, apretados y profundos y, raíces relativamente largas. Es planta de macollo notable, formado en cepas adultas por 20-50 tallos macizos, toscos de 2 cm o más de diámetro en su base. La planta puede alcanzar entre 3-4 m de altura; sus hojas, tienen vainas muy desarrolladas ásperas, pubescentes de 2-4 cm de ancho por 60-100 cm de largo. Cada tallo termina su crecimiento en una panoja erguida, de color dorado intenso, casi compacta, no ramificada, de contorno cilíndrico, de poco diámetro y de 10-20 cm de longitud, donde se insertan grupos de 2-3 espiguillas de menos de 1 cm de largo con aristas finas y desarrolladas, de aspecto plumoso. La semilla es una cariósida pequeña y de muy poco peso, de color pardo claro.

Figura 5.40. Elefante INIAP 811 Figura 5.41 . Elefante morado



Fuente: Gutiérrez, F & Bonifaz, N. 2018

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical. En el país se desarrolla desde el nivel del mar hasta 2 400 msnm. Después del pasto saboya, el pasto elefante ocupa el segundo lugar entre las gramíneas cultivadas; se encuentra en todas las zonas ganaderas del Litoral, Oriente y partes bajas y secas de la Sierra. Prospera con precipitaciones de 700-800 mm de lluvia bien distribuidos, en adelante. Resiste la sequía. La humedad en exceso le perjudica.

Suelo: Gran variedad de suelos, pero se desarrolla mejor en tierras francas y arenosas, ricas en materia orgánica; el suelo debe ser profundo para que penetren las raíces. Se adapta aunque con menor rendimiento, a suelos de baja fertilidad, suelos ácidos y tolera el salitre.

Establecimiento

Método: Con semilla o con material vegetativo. Partiendo de semilla, es necesario realizar almácigos y cuando las plantitas tienen 20 cm de altura son trasplantadas al sitio definitivo.

La propagación vegetativa es la más común, se recomienda la selección de tallos de pastos que sobrepasen los 120 días, los tallos se dividen en varetas que contengan 3 nudos, o también fragmentos de macollos adultos o sea esquejes enraizados, a distancias de 40 x 40 cm. También pueden colocarse cañas enteras deshojadas en el fondo de los surcos y luego tapar con tierra.

Asociación: Con maní forrajero, kudzú o centrosema en zonas de mayor precipitación pluvial o con poroto aterciopelado y caupí, en las menos húmedas. El INIAP, recomienda dos sistemas de siembras-asociadas, de acuerdo a la climatología del lugar y al sistema de riego: en climas húmedos o con riego por aspersión, se establecen 3 hileras de pasto elefante y una de leguminosa; en climas secos y con riego por surcos, se aconseja alternar 2 surcos dobles de gramínea y un surco doble de leguminosa.

Figura 5.42
Establecimiento de pasto elefante mediante tallos



Fuente: León, R. 2005

Aprovechamiento

Uso: Pastoreo y como “banco de biomasa” para corte. Pastoreo cuando el pasto elefante tiene 100 cm de altura. Luego del pastoreo, si en el campo quedan muchos tallos endurecidos es necesario proceder al corte para no dificultar su posterior aprovechamiento, el corte debe realizarse a 10 cm del suelo. Se presta magníficamente para ensilar, pero es necesario cortar los tallos en trozos muy pequeños y apisonar fuertemente para evitar el enmohecimiento de lo ensilado.

Rendimiento: Según la variedad de 300-500 t/MV/ha/año.

Variedades

Elefante morado Taiwan: El Taiwan es de un color púrpura muy asentado, muy rústico (resistente a plagas y sequías prolongadas, se adapta bien a suelos de fertilidad moderada a baja) y agresivo. Es exigente en fertilización debido a que tiene tasas de extracción de nutrientes altas. Rinde hasta 120 t/FV/corte.

Merkeri: Este híbrido se caracteriza por poseer tallos delgados y retoñar con profusión. Según Benítez, esta variedad parece corresponder al pasto elefante cultivado en el país.

Merkeron: Híbrido de crecimiento alto, que alcanza alturas de 4 m, de tipo macollado, con hojas largas de 3-4 cm de ancho y tallos gruesos y jugosos. Rinde 500 t/MV/ha/año. La siembra se realiza en surcos distanciados a 100 cm.

INIAP 811: Pasto de corte de alto rendimiento, precocidad, resistente a las enfermedades y a la sequía.

MAR ALFALFA

Figura 5.43
Mar alfalfa



Fuente: León, R. 2018

Características generales

Nombre común: Mar Alfalfa.

Nombre científico: *Pennisetum* sp.

Origen: El Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, indica que puede tratarse de *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. Para Correa, y otros (2004), posiblemente es un híbrido triploide que combina la calidad nutricional del *Pennisetum americanum* L. con el alto rendimiento del *Pennisetum purpureum* Schum comercializado en el Brasil como pasto Elefante Paraíso Matsuda.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Los tallos y hojas son más delgados que el pasto elefante.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo. Prefiere temperaturas de 20-32 °C. Puede cultivarse de 0-2 500 msnm. Comparado con los otros *Pennisetum*, el mar alfalfa es el de mejor adaptación y producción en los valles bajos de la región interandina. Es una gramínea muy exigente en riego.

Suelo: Prefiere suelos francos arenosos, medios y profundos, con buen drenaje, pH de 5,5-7.0. Necesita un buen contenido de materia orgánica. Exigente en riego, Correa (2004) indica que en Colombia (Medellín) se aconseja tres bultos de Phosphate solubilizing micro-organisms (PSMs), un bulto de yeso agrícola, un bulto de cloruro de potasio y dos bultos de urea a los 30 días de rebrote por cada cuadra sembrada en el pasto. Aproximadamente diez días más tarde aplicar un bulto adicional de urea. La fertilización orgánica consiste en la aplicación de aproximadamente 3 200 kg de materia seca de bovinaza/cuadra al día siguiente del corte, lo que equivale a aproximadamente 135 kg de N/cuadra.

Manejo

Establecimiento: Material vegetativo (estacas o tallos enteros). Se aconseja “sembrar” en surcos a 50 cm de distancia, dos cañas paralelas enterradas máximo a 3 cm de profundidad. En zonas y épocas secas puede ser necesario regar tres veces a la semana, hasta que prenda.

Asociación: El crecimiento exuberante y las distancias estrechas, no permiten ninguna asociación.

Aprovechamiento

Uso: Corte. Un corte a ras del suelo, cada 45 días a nivel del mar, 50 días a 1 700 msnm o 90 días a 2 700 msnm, cuando la planta tiene 2,50 m de altura o un 10% de espigamiento; se puede dar fresco, pero se es preferible dejarlo orear antes de picar. En zonas secas lo adecuado es ensilar con melaza, para tener alimento todo el año.

Rendimiento: en condiciones ideales 250 t/MV/ha/corte. Vale mencionar que en clima tropical el maralfalfa es de menor rendimiento y persistencia que el king grass o el pasto elefante.

Valor nutritivo: Variable según la edad entre 9,8-15,7% de PC. Correa (2004) indica que el pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) posee una calidad nutricional similar o superior a la del pasto kikuyo y que puede ser utilizada en la alimentación de ganado lechero bajo esquemas de aprovechamiento estratégicos en función de su respuesta a la fertilización, el riego y la edad de corte.

CAÑA FORRAJERA

Figura 5.44
Caña de azúcar



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz, N. 2018

Características generales

Nombre común: Caña de azúcar, caña panelera.

Nombre científico: *Saccharum officinarum* L.

Origen: Procede del Extremo Oriente, de donde llegó a España en el siglo IX. De España vino a América en el siglo XV.

Ciclo vegetativo: Semiperenne

Descripción: Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 o 6 cm de diámetro. El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical entre 0-2 000 msnm. Para crecer exige un mínimo de temperaturas de 14 a 16 °C. La temperatura óptima parece situarse en torno a los 30 °C., con humedad relativa alta y buen aporte de agua (2 600 mm). Tolerancia a sequía.

Suelo: Se adapta a casi todos los tipos de suelos, prefiere suelo francoarcilloso con pH entre 5,5-7,5. No tolera suelos ácidos. Vegeta mejor si el agua y el abonado son adecuados. En los pesados y de difícil manejo constituye muchas veces el único forraje rentable.

Manejo

Establecimiento: Por tallos o estacas maduras de 30 a 40 cm de largo con 3 a 4 yemas. Se recomienda sembrar en zanjales de 20 cm de ancho y 15 cm de profundidad, aplicando abono orgánico a razón de 3 kilos por metro lineal, 1-1,50 metros de distancia entre surcos. Es conveniente colocar las estacas con una separación de 5 cm para facilitar el desarrollo de las raíces.

Asociación: En lugares húmedos con maní forrajero, como planta de cobertura para disminuir la presencia de malezas.

Aprovechamiento

Uso: Chávez (2012) recomienda como “banco de biomasa y de energía”. Altura de corte, a ras del piso para evitar que se encephe (se formen raíces sobre el nivel del suelo).

Principales usos: La caña de azúcar suministra, en primer lugar, sacarosa para azúcar quedando como subproducto la melaza, materia prima para alimentación de animales.

Para azúcar o panela se cosecha cuando la caña de azúcar alcanza su madurez (máxima concentración de sacarosa) entre 14-18 meses según la altitud sobre el nivel del mar. En este caso, puede utilizarse la parte alta del tallo y hojas como forraje.

Para forraje, se corta en edad inmadura picando la planta entera para suministrar a los animales en comederos.

El jugo de caña, puede sustituir al maíz en especies de alta demanda nutricional como cerdos, aves y rumiantes durante la fase de crecimiento precoz, engorde y/o lactancia.

Puede complementarse el bagazo con el cogollo para alimentar rumiantes mayores en estado de menor demanda nutricional.

También en ensilaje, hidrolizada, mezclada con vinazas (residuo líquido de la fermentación y destilación de alcohol), con bagazo o en forma fermentada (saccharina).⁹

Es importante señalar que la caña es una reserva importante de contenido energético y nutricional para la época seca, cuando las pasturas son escasas, sin embargo puede utilizarse durante todo el año. Pese a sus enormes ventajas la caña posee también algunas limitantes como es su bajo contenido de proteína bruta, la cual varía entre 2 y 3% en la materia seca, lo que obliga a complementar la dieta con suministros proteínicos correctores de la deficiencia, entre los cuales es común la adición de urea (46% nitrógeno) preferencial-

9 www.corfoga.org/images/public/.../uso_cana_azucar_como_forraje.pdf.

mente asociada con una fuente a base de azufre, se recomienda adicionar de 7 a 10 gramos de urea por cada kilogramo de caña fresca; también puede mezclarse con una fuente de proteína natural vegetal (crautilia, morera, nacedero, maní forrajero), o animal (pollinaza, cerdaza).

Su condición de especie semiperenne le permite retoñar y generar forraje luego de cada corte, por lo que no requiere inversiones y siembras sucesivas, sólo mantenimiento.

Rendimiento: Puede producir 37 toneladas por corte, 100 a 150 toneladas en 3 cortes por hectárea por año. Primera cosecha, inmadura a los 8 o 10 meses de edad, luego cada 3 a 4 meses de edad, con un promedio de altura de 1,7 m. Dependiendo de la temperatura, luminosidad, pluviosidad (riego) y fertilización se puede obtener 4 cortes al año y rendimientos de hasta 450 toneladas de forraje año.

Valor nutritivo: La caña tiene 85% de jugo con 14% a 17% de sacarosa; 14% a 16% de fibra y 2 a 6% de proteínas.

Variedades: Para forraje se pueden usar todas las variedades que se utilizan para azúcar o panela, teniendo en cuenta que sean variedades precoces, semiblandas, que rinda gran cantidad de biomasa por hectárea, no presenten demasiados nudos y tenga poca pubescencia o pelusa.

SORGO

Los sorgos son un grupo de plantas cultivadas, cuya nomenclatura botánica ofrece dificultades, debido principalmente a la facilidad en hibridarse entre sí. Existen sorgos forrajeros, de grano, doble propósito, etc.

Benítez, A. (1980) refiere que solamente de los sorgos graníferos, Snowdell en Gran Bretaña clasificó 33 especies con un total de 400 variedades.

Las principales especies utilizadas para la alimentación del ganado son:

<i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf	Pasto sudán
<i>Sorghum almun</i> Parodi	Sorgo negro
<i>Sorghum vulgar</i> Brot	Sorgo común
<i>Sorghum caffrorum</i> Snowdell	Sorgo granífero
<i>Sorghum saccharatum</i> Moench	Sorgo azucarado

Figura 5.45
Sorgo negro



Fuente: León, R. 2005

Adaptación

Clima: Tropical, subtropical y templado-cálido seco, semiárido. Resisten francamente la sequía. Se desarrollan bien con 500 mm de lluvia anual. En el país se desarrollan en altitudes comprendidas desde el nivel del mar hasta 2 400 m.

Suelo: Gozan de amplia adaptabilidad a diferentes suelos, arcillosos, francos, hasta los arenosos, disminuyendo los rendimientos a medida que se incrementa el contenido de arena. Se adaptan a suelos pobres y livianos. Resisten la alcalinidad y la salinidad de los suelos.

Flores (1986) refiere que “los sorgos en cualquiera de sus especies y variedades, son plantas esquilmantes y que en una sola cosecha agota completamente la humedad, el nitrógeno y el fósforo del terreno, y deja a éste estropeado con sus raíces azucaradas sobre las cuales prospera una vida microbiana indeseable”.

Aprovechamiento

Uso: Pastoreo, corte y silaje. El pastoreo se lo debe hacer teniendo ciertas precauciones, ya que los sorgos contienen un glucósido (dhurrina), el cual puede provocar graves intoxicaciones por el ácido cianhídrico que libera. Es posible evitar estos accidentes tomando en consideración que el glucósido está presente únicamente durante las primeras semanas de vegetación (1-2 meses); especialmente se deben tomar precauciones cuando esta gramínea se desarrolla en climas secos y en suelos pobres en humus.

La mejor utilización en ensilaje; para este caso debe ser cortado en el momento en que el grano es pastoso. Para eliminar cualquier vestigio de ácido cianhídrico, que hubiese podido acumularse en los espacios vacíos de la masa verde, es conveniente airear el silaje, removiendo o aventando el silaje.

El empleo del sorgo granífero para alimento de los animales es doble, la semilla y el sorgal una vez cosechado.

En cuanto a composición química del grano, es muy parecida a la del maíz, siendo del sorgo 1-2% más rico en proteínas y 1% más pobre en hidratos de carbono. Desde el punto de vista de valor alimenticio, el sorgo es 10% menos digestible que el maíz. Para la alimentación de aves, tiene la ventaja de que pueden suministrarse o integrar mezclas especiales sin que sea necesario romper o moler el grano.

GUATEMALA

Figura 5.46
Guatemala



Fuente: Gutiérrez, F. & Bonifaz N. 2013

Características generales

Nombre común: Guatemala, hierba prodigio.

Nombre científico: *Tripsacum laxum* Nash.

Origen: América tropical. Localización desde México hasta Paraguay.

Descripción: Es una gramínea perenne que crece en matojos. Puede llegar a medir 2.5 metros de altura, tallos glabros, gruesos y posee abundantes hojas anchas y alargadas de color verde oscuro que recuerdan al maíz. Sus flores son inflorescencias monoicas, axilares y terminales.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical de 0 -1 800 msnm, 18-30° C., 800-4 000 mm/año, tolera la sequía.

Suelo: Suelos fértiles con buen drenaje y húmedos, tolera la acidez (pH > 4,5) y el Al. No soporta inundaciones.

Establecimiento

Método: Como este pasto no produce semilla, la propagación es a través de tallos y material vegetativo, en surcos a 50-70 cm. El establecimiento del pasto guatemala es lento comparado con otros pastos tropicales.

Asociación: No se asocia con otras especies forrajeras.

Aprovechamiento

Uso: Corte cuando el pasto esta tierno, aproximadamente cuando tiene 1.50 metros de altura. Los cortes se realizan cada 3-4 meses. Para asegurar la supervivencia el corte de este pasto debe hacerse a 20 cm del suelo así se conservan las reservas orgánicas. Muy utilizado como forraje para cuyes.

Rendimiento: Produce de 160 a 200 toneladas de forraje verde/h/año. A las cuatro semanas de corte tiene 12,7% de proteína bruta.

Maíz

El maíz (*Zea mays*), su cultivo forrajero se presenta en Recursos Forrajeros de la Región Interandina.

Leguminosas

De la subfamilia Papilionodeae, los géneros *Eritrina*, *Gliricidia*, *Stylobium*. De la subfamilia Mimosoideae los géneros *Leucaena*.

ERITRINA

Del género *Eritrina* existen varias especies de importancia:

<i>Eritrina glauca</i> Willd	Caraca
<i>Eritrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Cachimbo
<i>Eritrina edulis</i> Triana ex Micheli	Chachafruto o frijol de árbol

CARACA

Figura 5.47. Caraca en semillero Figura 5.48. Cerca viva de caraca



Fuente: Gutiérrez, F. & León, R. 2018

Características generales

Nombre común: Caraca.

Nombre científico: *Eritrina glauca* Willd. Sinonimia: *Eritrina fusca*.

Origen: América tropical.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Descripción: Arbusto o árbol de 8 m. de altura.

Aprovechamiento

Uso: Como suplemento de potreros pobres, plantada como cerca viva, como sombrío, nitrificante del suelo. Tiene mal sabor, esta característica se pierde oreando las hojas por 1-2 días.

MATARRATÓN

Características generales

Nombre común: Matarratón, nacedero, piñón cubano.

Nombre científico: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.

Origen: Zonas bajas de México, Colombia y Venezuela.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.49. Semillero de matarratón Figura 5.50. Cerca viva de matarratón



Fuente: León, R. 2011

Descripción: Es una planta arbórea que alcanza alturas hasta 10 m. Sus ramas son cilíndricas, frondosas, arqueadas y plumosas, con hojas compuestas y opuestas, de color verde brillante. Las flores son rosa-púrpura y crecen en grandes cantidades cuando casi todas las hojas del árbol caen. Las vainas de cerca de 10 cm de largo toman color café oscuro cuando se maduran y contienen entre 8-10 semillas en forma de disco.

Adaptación

Clima: Se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 1 300 m. Prefiere condiciones de clima húmedo y cálido pero tolera condiciones de sequía, sin embargo las ramas viejas sufren defoliación cuando la sequía se prolonga demasiado.

Suelo: Se desarrolla bien en una gran variedad de suelos, incluso en suelos inundables o de alto nivel freático.

Establecimiento

Método: Aun cuando se puede multiplicar por semilla, es más recomendable hacerlo por estacas, prefiriendo aquellas que tengan más de 6 meses de edad, de color café verdoso, de buen diámetro (3.5 cm) y de longitud entre 45-60 cm. Si se usan estacas más pequeñas, el crecimiento y la ramificación se reducen. Cuando se utiliza para cercos o sombra, se recomienda usar estacas de 1.50 m o más para evitar que el ganado se coma los retoños.

Se recomienda hacer un corte sesgado para lograr un mejor enraizamiento. La estaca se entierra unos 15 cm y se presiona bien el suelo alrededor de ésta. Se puede colocar parafina u otro material en la punta de afuera, para evitar la deshidratación y aumentar el porcentaje de establecimiento. La

distancia de siembra es de 3 m entre surcos y 1 m entre plantas. Los brotes comienzan a salir a los 15-20 días si la humedad del suelo es adecuada, sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta planta hecha brotes antes de enraizar, por lo tanto, no se debe cortar antes de las diez semanas de establecida, para permitir un buen enraizamiento.

Vera y Muñoz (2002) recomiendan como método de siembra poner la estaca vertical para obtener un alto porcentaje de prendimiento, utilizar la densidad de siembra de 3 x 2 m (1 666 plantas/ha) para disminuir el porcentaje de malezas, que al momento de hacer el corte de igualación se corte de hacia arriba tratando de no provocar partidura de la estaca y que se deje siempre una rama para que esta haga fotosíntesis y emitan con mayor prontitud sus brotes.

Asociación: Con todos los pastos.

Aprovechamiento

Uso: Se puede cosechar cuando ha alcanzado un buen desarrollo. El intervalo de cortes es aconsejado hacerlo cada tres meses, cuando el rendimiento de hojas es máximo, se pueden picar tanto la hoja como el tallo tierno y suministrarlo solo o mezclado con otros pastos de corte.

También puede sembrarse dentro de los pastizales para que los animales “ramoneen” sus hojas y ramas, en este caso la siembra debe ser por semilla. El matarratón debe podarse una vez al año, al finalizar el invierno; con la humedad residual la planta rebrota y los animales disponen forraje tierno en verano. Sin embargo, debe indicarse que el uso principal del matarratón es para corte y la leucaena para pastoreo.

Debe indicarse también que hasta hace poco se recomendaba tener “bancos de proteína” (potrero sólo de leguminosas), donde los animales podían pastorear 2 horas al día para completar su dieta forrajera; hoy en día Araujo (2002a) recomienda tener “cajeros automáticos” de proteína, grupos de 10-20 árboles leguminosos, en varios sitios dentro del potrero de gramíneas, a donde los animales acuden a tomar bocados de proteína, cada vez que lo deseen, balanceando de esta manera, en forma natural su dieta.

Usado en niveles bajos, el forraje de matarratón sirve para pigmentar la yema de los huevos o la piel de los pollos. Sus flores son utilizadas en la alimentación humana y son fuente de néctar para las abejas.

Rendimiento: Varía de acuerdo con la edad, tamaño de la planta y condiciones ecológicas donde se desarrolla. Cuando los cortes son muy frecuentes durante el primer año, parece que tiene un efecto negativo en los rendimientos de los siguientes años; por lo tanto, durante los 2 primeros años no se recomienda cosechar más de 2 veces por año para permitir un buen establecimiento. Se considera que la estabilización y máxima producción ocurren a los 5 años.

Valor nutritivo: 27% de proteína, tiene mayor cantidad de aminoácidos que la leucaena y la alfalfa.

POROTO ATERCIOPELADO

Figura 5.51. Poroto aterciopelado Figura 5.52. Vainas de poroto aterciopelado



Fuente: Gutiérrez, F. 2018

Características generales

Nombres comunes: Frijol terciopelo, Poroto aterciopelado.

Nombre inglés: Velvet bean

Nombre científico: *Stizolobium deeringianum*, Bort. Sinonimia *Mucuna deeringiana*, (Bort.), Merr.

Origen: India.

Ciclo vegetativo: Anual o bianual.

Descripción: Plantas gruesas que crecen en forma de enredadera. Raíces suculenta, gruesa y poderosa. Tallos largos, finos, flexibles o volubles que alcanzan 7-15 m de largo. Hojas grandes, con tres folíolos anchos, el central de forma romboidal y los laterales ovoides como “orejas de elefante”, densamente pubescentes. La inflorescencia es un racimo noduloso con flores a lo largo del raquis, blancas o violáceas. Las vainas son grandes, anchas, cortas y comprimidas, con pico curvo; semillas grandes y ovales, de varios colores.

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical. Desde el nivel del mar hasta los 1 600 msnm, entre los 20-28°C. Clima semiseco (Quevedo), no tolera sequías prolongadas.

Suelo: Prefiere suelos francos, bien drenados y fértiles. Crece también en suelos pesados. En suelos pobres, rojos, con pH inferior a 5.5 crece muy lentamente y las hojas se tornan de color amarillento.

Establecimiento

Método: Por semilla, en surcos a 80 cm de distancia, utilizando alrededor de 20 kg/ha de semilla, se colocan 1-2 semillas cada 15 cm. Se siembra intercalado con maíz. Siembras al voleo no son recomendables. Control de malezas con machete durante los primeros 30 días de la siembra.

Asociación: Con maíz, sorgo y pastos erectos (elefante).

Aprovechamiento

Usos: Como forrajera, por su facilidad de cultivo, gran rendimiento, excelente composición química y perfecta aceptación por el ganado. Como planta de cobertura para proteger y fertilizar huertos de cítricos y otros frutales. Para abono verde. Para ensilar, sola o asociada con una gramínea.

El estado de desarrollo más apropiado como forraje o abono verde es el de la floración. Se puede aprovechar por tres ocasiones, al cabo de las cuales la población decrece en forma considerable y es necesario sembrar nuevamente. No debe cortarse a ras del suelo.

Rendimiento: Hasta 36 t/ha de forraje verde en la primera cosecha (5-6 meses después de la siembra). Las otras dos cosechas rinden menor cantidad de forraje. La producción de semilla en climas cálidos es escasa, en condiciones de clima medio es mejor. Florece y produce vainas durante 6 a 7 meses, por lo cual la semilla no madura uniformemente.

Valor nutritivo: Parte aérea fresca 19,1-19,6% de proteína bruta con un 75% de digestibilidad. Las legumbres tienen 21% de PB, las semillas 28% de PB, con un 81% de digestibilidad.

ACACIA FORRAJERA

Características generales

Nombre común: Acacia, tamarindo bastardo.

Nombre científico: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Sinonimia *Leucaena glauca* (L) Benth

Origen: América Central y del Sur, Antillas e Islas del Pacífico.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.53
Leucaena



Fuente: Gutiérrez, F. 2013

Descripción: Arbusto o árbol de 2-10 m de altura, de raíces profundas; hojas bipinadas, foliolos lanceolados y flores de color blanco amarillento en cabezuelas de pedúnculos largos.

Adaptación

Clima: Netamente tropical con precipitaciones de 1 000-1 500 mm de lluvia anual, en altitudes de 0-1 700 msnm. Es resistente a la sequía.

Suelo: Se adapta a suelos de baja fertilidad y no es exigente en abono. Requiere de buen drenaje. No tolera los iones de aluminio ni la acidez extrema.

Establecimiento

Método: Por semilla, en siembra directa (no trasplantar). En cultivos puros se utilizan de 8-15 kg/ha de semilla, en líneas separadas de 90-120 cm y a una profundidad de 5 cm; también puede sembrarse en hileras dobles con calles de 2 m. Las semillas maduras, tienen cuando frescas, hasta un 95% de semillas duras, por lo que es necesario escarificarlas. Su crecimiento inicial es lento.

En Colombia se acostumbra a establecer los pastizales asociados con leucaena de la siguiente manera: se cultiva maíz o sorgo y al pie de este cultivo luego de la segunda deshierba se siembra la leucaena en hileras paralelas. Se cosecha el cereal, se corta el rastrojo, y queda establecida la leucaena. A continuación se abre un pequeño surco en medio de la leucaena y se siembra pasto estrella con material vegetativo.

Se puede establecer por estacas, a distancias de 60 cm x 20 cm, para formar bancos de proteína para corte. También puede utilizarse como sombra del cultivo del café, en cuyo caso se aconseja las distancias de 6 m entre hileras y 1.50 m entre plantas.

Asociación: Se acostumbra mezclarla con algunas gramíneas, como pasto guinea, estrella, bermuda de costa, pasto miel y grama Rhodes. En este caso la gramínea debe sembrarse 2-3 meses después de haberse sembrado la leucaena con la finalidad de cultivar libremente los espacios entre hileras durante las primeras fases de crecimiento; tiempo para establecerse bien.

Aprovechamiento

Uso: Por tener su forraje un alto contenido proteico, se le utiliza como suplemento de potreros pobres y bajos en proteína. Para pastoreo, como cerca viva, y árbol de sombra. Ayuda a mantener la producción en época seca, intensifica la producción en época de lluvia (mejora la carga animal), mejora el estado de los terneros, mejora la condición corporal y la eficiencia reproductiva de las vacas.

En época de lluvias los animales comen mejor la gramínea pero en verano la leguminosa está en mejores condiciones y los animales la consumen mejor, pudiendo llegar a dejar desnuda a la leucaena.

Cuando se lo cultiva como planta forrajera de pastoreo (variedad Cunningham), el establecimiento tiene que ser por semilla. El primer aprovechamiento debe realizarse cuando la planta tiene de 50-60 cm de altura y debe hacerse de 5-10 cm del suelo; generalmente ha transcurrido de 5-9 meses de la siembra; los siguientes pastoreos deben hacerse a intervalos de 3-4 meses. En el primer año el pastoreo debe ser suave, hasta que establezcan bien las plantas; posteriormente esta planta resiste bien un pastoreo intensivo que permite mantener los arbusto bajo control. Cuando crecen mucho y se vuelven leñosos es necesario podarlos. El ganado come las hojas y pequeñas ramas.

Se aconseja que sólo debe pastorear el ganado bovino, ya que debido a su contenido de *mimosina* (leuconol), causa la caída del pelo de los animales monogástricos (equinos, porcinos, conejos. etc.); puede causar la caída de lana en las ovejas si es consumida en grandes cantidades. La sustancia puede causar pérdida de sabor de la leche, y, es ligeramente tóxica a los pollos. Este problema se soluciona inyectando una bacteria que digiere la mimosina y de esta manera los animales quedan protegidos.

Moliendo las hojas secas se puede producir una harina rica en proteína y caroteno, la cual es muy apreciada para la elaboración de concentrados. La leucaena aumenta en un 22% la producción de leche y puede reemplazar hasta

el 90% del concentrado, para producir 9 L/vaca/día. Las vainas y las semillas también se pueden emplear como alimento concentrado.

Sirve de cobertura y como materia prima para preparar harina, en las plantaciones de café, cacao y caucho. Se utiliza también para formar setos vivos.

Si no hay cortes la planta se comporta como perenne, pero si los cortes son muy frecuentes o se pastorea muy intensamente se comporta como anual o bienal. Produce semilla en abundancia razón por la cual no es problema encontrar semilla.

Rendimiento: En estado tierno la producción es baja, ya que el establecimiento es lento, 7 meses después de la siembra alcanza algo más de 1.50 m; pero cuando ha alcanzado alturas alrededor de los 1.50 m cortando la planta sobre los 50 cm, puede dar en 7 cortes 26 t/ha de forraje seco, lo que equivale aproximadamente a 120 t/FV/ha. En bancos de proteína, sembrada a distancias estrechas, puede rendir hasta 60 t/corte/ha.

Valor nutritivo: las hojas 25,9% proteína bruta, las vainas 14% de proteína bruta 50% de azúcares solubles.

Árboles no leguminosos

ALISO

Características generales

Nombre común: Aliso.

Nombre científico: *Alnus acuminata* Kunth, de la familia de las betuláceas.

Descripción: Árbol de hasta 20 m de altura, tronco único desde la base, a veces varios, corteza escamosa, gris, con lenticelas observables a simple vista, el follaje es perenne cuando crece en quebradas húmedas, y caducifolio en laderas semisecas. Hojas: alternas, simples, ovoideas, algo resinosas, con el ápice acuminado y el borde aserrado. Flores: unisexuales, masculinas y femeninas sobre un mismo árbol, pero en inflorescencias diferentes, flores masculinas agrupadas en amnetos, péndulos, flores femeninas con brácteas formando un cono estrobiliforme. Frutos: nueces pequeñas, aladas, protegidas dentro del estróbilo leñoso, liberadas a la madurez y diseminadas por el viento y el agua.

Figura 5.54
Silvopastoreo con aliso



Fuente: Chamoro & Rey, 2010

Adaptación

Clima: Subtropical y templado húmedo. 1 400-3 200 msnm, 1 000-3 000 mm/año.

Suelo: Crece en suelos profundos o medianamente profundos con subsuelo rocoso y buen drenaje, aunque también puede desarrollarse en laderas con menor humedad y expuestas a vientos secos. Amplio rango de textura desde arenosa hasta arcillosa.

La capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis con micorrizas Actinomicetes, le permite colonizar suelos pobres y fertilizar los suelos donde crece, acumulando una extraordinaria cantidad de materia orgánica en un tiempo relativamente corto.

Aprovechamiento

Uso: Especie pionera para mejorar los suelos y pasturas naturales, especialmente adecuada como protector de las laderas erosionadas y en las cuencas hidrográficas. La madera se utiliza en las construcciones livianas, cajas, muebles, utensilios domésticos, instrumentos musicales y artesanías. La corteza rica en taninos se utiliza para curtir cueros. Mejora la productividad ganadera.

Asociación: Se asocia bien con el kikuyo y el pasto miel.

MORERA

Características generales

Nombre común: Morera.

Nombre científico: *Morus nigra* L. de la familia de las moráceas.

Figura 5.55
Hojas de morera



Fuente León, R. 2011

Adaptación

Clima: Tropical y subtropical húmedo. 1 000-1 800 msnm, 1 000-1 300 mm/año.

Suelo: Exigente en suelos.

Aprovechamiento

Uso: Sistemas de corte para alimentar gusanos de seda, bovinos y otras especies domésticas como cerdos, equinos, cabras, ovejas, búfalos, conejos, cuyes y aves de corral (gallinas, patos y pavos).

Valor nutritivo: Alta digestibilidad de la materia seca y proteína.

BOTÓN DE ORO

Características generales

Nombre común: Botón de oro.

Nombre científico: *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

Origen: Esta especie es originaria de Centro América, un amplio rango de adaptación y de distribución en la zona tropical en América desde el sur de México hasta Colombia y en el mundo, Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.56
Botón de oro



Fuente: León, R. 2018

Descripción: Planta herbácea, su altura oscila entre 1.5 a 4.0 m, posee hojas con bordes aserrados y pedúnculos que pueden variar de 5 a 20 cm de largo. Su inflorescencia se presenta en capítulos y es de color amarillo, posee un gran volumen radicular y una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo.

Adaptación

Clima: Un amplio rango de adaptación y de distribución en la zona tropical.

Suelo: Tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo.

Aprovechamiento

Uso: Cerca viva. Flora para apicultura. Ornamental. Silvopastoreo de ganado bovino. Forraje de corte en la alimentación de cerdos, ovejas, conejos, bovinos y búfalos, gallinas ponedoras. Antiparasitario para animales. Paja para cama en ganadería. Abono verde en cultivos, siendo este último el uso más difundido.

Es una especie muy ruda y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema. Además, tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo.

Rendimiento: la producción de biomasa puede variar entre 30 a 70 t/ha de forraje verde dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo.

Valor nutritivo: contenidos de proteína en sus hojas que oscilan entre 14,84-28,75% en base seca dependiendo de su estado vegetativo, altos niveles

de fósforo (0,32-0,39%) y Ca (1,65%-2,25%), con un porcentaje de degradabilidad de la materia seca del 90% a las 48 horas, contenidos de extracto etéreo entre 1,4 y 2,43 de la materia seca, contenidos de FDN entre 35,3 y 41%, contenidos de fenoles entre 0 y 1,23% y de taninos entre 0 y 0,01.

Digestibilidad in vitro de la materia seca del 63,3% y un 65,9% para la digestibilidad in vitro del nitrógeno. Ríos (1998), reporta una producción potencial de forraje de 31.46 toneladas/ha en densidades de siembra de 0.75 m x 0.75 m y una producción potencial de 21.16 toneladas/ha en densidades de 1 m x 0.75 m, sin diferencias significativas entre estas distancias. No obstante, menciona que es posible obtener mayor rendimiento por unidad de área en la densidad de 0.5 m x 0.75 m, aunque se podrían correr los riesgos fitosanitarios inherentes a esta forma de cultivo. En cuanto a la recuperación del cultivo después del corte, Ríos (1998) encontró que utilizando densidades de siembra de 0.75 m x 0.75 m, las plantas lograban un incremento de 6.2 cm en cortes cada 21 días, 19 cm.

NACEDERO

Características generales

Nombre común: Nacedero, palo de agua.

Nombre científico: *Trichanthera gigantea* (H. et B.) Nees, de la familia de las acantháceas.

Origen: América tropical.

Ciclo vegetativo: Perenne.

Figura 5.57
Nacedero



Fuente: León, R. 2012

Descripción: Árbol mediano que alcanza 4-12 m de altura y copa de 6 m de diámetro, muy ramificado. Las ramas poseen nudos muy pronunciados,

hojas opuestas aserradas y vellosas verdes muy oscuras por el haz y más claras por el envés; las flores dispuestas en racimos terminales son acampanadas de color amarillo ocre con anteras pubescentes que sobresalen de la corola. El fruto es una cápsula pequeña redonda con varias semillas orbiculares.

Establecimiento: Por semilla, sin embargo, es más común por material vegetativo (estacas).

Aprovechamiento

Uso: Como cerca viva y como planta destinada a proteger y mantener vertientes de agua. Para protección y reforestación de cuencas. Además, como alimento de diferentes especies animales de cautiverio como conejos, cuyes, gallinas, ovejas africanas y cerdos de ceiba y cría. Medicinal.

Valor nutritivo: Las hojas 18% de proteína.

Otras forrajeras

En pastos tropicales existen muchas especies gramíneas y leguminosas útiles, que no se tratan en este texto por habernos limitado a señalar las de mayor importancia y uso común. Sin embargo, quien desee ampliar y profundizar en la materia puede leer literatura específica del CIAT, INIAP, Benítez, A., Bernal, J., Salamanca, Flores, J. etc., algunas de estas especies son:

Gramíneas

- Grama Rodhes (*Chloris gayana*) clima tropical y subtropical resistente a la sequía.
- Yaragua (*Hyparrhenia rufa*) muy resistente a la sequía, suelos pobres.
- Cegua (*Leersia hexandra*) zonas húmedas, bajas, terrenos ricos y pantanosos.
- Pasto dallis (*Paspalum dilatatum*) clima húmedo. Común en el oriente. Muy parecida a la *Brachiaria decumbens*.
- Pangola (*Digitaria decumbens* Stent) tolera la sequía, crece rápidamente en el verano, óptima palatabilidad, valor nutritivo y digestibilidad. No se adapta al trópico húmedo, ni resiste suelo fangoso.
- Gamalote (*Paspalum fasciculatum*) clima húmedo, maleza rastrera, pasto obligado, muy rústico.
- Vetiver: *Chrysopogon zizanioides*. Extremadamente resistente a sequías, anegamiento, contaminación y salinidad. Muy útil para con-

trol de erosión y deslizamiento de tierras, estabilización de taludes, protección de cárcavas, canales y riveras de ríos.

Leguminosas

- Guandúl (*Cajanus* sp.) rústica, suelos pobres, alimentación humana y animal.
- Rabo de iguana (*Calopogonium muconoides*) no soporta exceso de humedad, suelos pobres.
- Crotalaria (*Crotalaria* sp.) climas seco y suelos pobres.
- Añilera (*Indigófera hirsuta*) trópico y subtropical húmedo.
- Lespedeza (*Lespedeza* sp.) resistente a la sequía, excelente para ganado de leche, resistente a los nemátodos.
- Poroto de Egipto (*Dolichos lablab*) clima húmedo, resistente a la sequía.
- Caupí (*Vigna sinensis*) necesita suficiente humedad, alimentación humana y animal.

No convencionales

- Yuca (*Manihot sculenta*) las hojas tienen elevado valor proteico (alrededor del 20%), se puede sembrar a distancias cortas solamente para cosechar el follaje. La raíz es una magnífica fuente de energética (almidón) que puede reemplazar al maíz en zonas tropicales húmedas.
- Bore (*Alocasia macrorrhiza*). En la región oriental las hojas del bore son utilizadas como parte de la dieta alimenticia de aves de corral, peces y cerdos. Se puede hacer hasta 8 cortes de hoja al año (3 hojas por planta), con un rendimiento total de 22 kg de hoja por planta y por año, y un total de 220 000 kg ha/año. La planta tiene una vida útil de 5-6 años. Se le cultiva sola o asociada a cacao, chontaduro o plátano.
- Papa china (*Colocasia sculenta*). Después de la yuca y el plátano es el alimento básico de la población de la región oriental ecuatoriana, el tubérculo se utiliza como alimento humano y las hojas sirven como forraje.

CAPÍTULO VI

Fertilización de pasturas

Voisín citado por Pinheiro (2004), manifiesta que las plantas son el reflejo del suelo donde crecen y los bovinos son el producto del pasto que consumen. Si el suelo no cuenta con todos los elementos nutritivos que las plantas necesitan para elaborar y formar su materia orgánica, estas adolecerán de carencias que repercutirán en su propio desarrollo produciendo enfermedades carenciales o metabólicas en el animal que las consume.

La fertilización consiste en cubrir la diferencia entre los nutrientes requeridos por los pastos y los nutrientes disponibles en el suelo.

Existen 16 elementos químicos esenciales para las plantas: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y, los elementos fertilizantes que se dividen en macro elementos y micro elementos.

Macro elementos primarios: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Macro elementos secundarios: azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Micro elementos: hierro (Fe), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cloro (Cl). Actualmente se ha demostrado que el níquel (Ni), sodio (Na), selenio (Se), cobalto (Co) y silicio (Si), son esenciales para algunos grupos de plantas.

Antes de fertilizar una pastura tenemos que revisar el análisis de suelo conocer el pH y la Capacidad de Intercambio Catiónico, para de ser necesario primero realizar las enmiendas respectivas.

pH

Este tema se trató con amplitud en el capítulo “Factores que influyen en el establecimiento y producción de las pasturas”, para efectos de este capítulo,

diremos que el pH afecta a la disponibilidad de nutrientes y a la actividad de microorganismos; en términos generales las gramíneas crecen bien en pH 5,6-6,5; las leguminosas en pH 6,5-7,0.

Existen plantas indicadoras del pH del suelo, así por ejemplo son indicadoras de suelo ácido, los helechos (en el Litoral y la Amazonía) y la palta o lengua de vaca (Región Interandina).

Los suelos de regiones tropicales, son de reacción sumamente ácida 4,5, pobres en fósforo y calcio y medianos a pobres en potasio y magnesio, con elevado contenido (niveles tóxicos) de Al, Fe y Mn. Las leguminosas tropicales producen bien a pH 4,0 sin que necesiten aplicaciones de cal, si todos los nutrientes se encuentran en cantidades suficientes. También hay pastos que soportan la salinidad.

(Delorenzo, 2014) comenta que trabajos en trigo, en la década de los 80 en condiciones de nutrientes óptimos, concluyen que la especie puede producir bien hasta pH 4,5, sin embargo en suelos donde existen altos niveles de aluminio en la solución de intercambio, su desarrollo radicular se ve severamente afectado, alcanzando la muerte antes de pH 5,0. El desorden causado por el Al_3^+ fue ampliamente estudiado en suelos volcánicos de Nueva Zelanda y Chile en décadas pasadas, y la evolución en parte ha sido el uso de especies de ecotipos adaptados, pero cuando se requiere aumentar la productividad en litros/ha, es necesario cambio de especies.

En regiones tropicales (Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, etc.) la adaptación o tolerancia de algunas especies de pastos a la acidez de los suelos, es la mejor opción cultural para disponer forraje en estos ambientes, frente a otras alternativas como el encalado del suelo que libera CO_2 , contaminando la atmósfera.

Capacidad de Intercambio Catiónico

Tema también tratado en el capítulo “Factores que influyen en el establecimiento y producción de las pasturas”.

Las partículas de arcilla y materia orgánica tienen carga negativa y por medio de atracción magnética atraen, retienen y liberan a los cationes (nutrientes) que tienen carga positiva (H^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Al^{+++}). Los suelos arcillosos o con niveles de materia orgánica altos pueden retener gran cantidad de agua y cationes y prevenir la pérdida por lixiviación, de allí su fertilidad. Las partículas de arena no tienen carga y no reaccionan, de allí que los suelos arenosos tienen baja CIC, y retienen cantidades pequeñas de agua y

cationes. Esto también tiene relación con la época y las dosis de aplicación de los fertilizantes: por ejemplo en suelos arenosos no es aconsejable aplicar K o N cuando las precipitaciones son intensas, las aplicaciones deben fraccionarse para evitar pérdidas por lixiviación y erosión.

No existe un mecanismo exacto para retención de aniones (-) en el suelo, el nitrato (NO_3^-) es completamente móvil y se desplaza libremente en el suelo; cuando llueve se mueve hacia abajo y en condiciones secas se mueve hacia arriba con el agua. El ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) puede ser retenido con poca fuerza y a pH bajo se pueden desarrollar cargas positivas en los extremos rotos de algunas arcillas. La materia orgánica puede también desarrollar cargas positivas que atraen sulfatos.

Enmiendas

Por enmiendas se definen todos aquellos materiales que se incorporan al suelo con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas, químicas o biológicas a largo plazo. Estos materiales se aplican al suelo con el objetivo de:

- Corregir el pH.
- Rehabilitar o incrementar la saturación de bases (Ca, S y Mg).
- Disminuir la toxicidad del Al, Fe y Mn.
- Aumentar la disponibilidad de P.
- Mejorar las propiedades físicas del suelo.
- Mejorar el ambiente radicular.
- Promover la actividad biológica del suelo.
- Incrementar la fijación biológica de nitrógeno.

La mejor época de aplicación de las enmiendas es:

- En potreros nuevos, mínimo seis meses antes de establecer la pastura perenne. Incorporar antes de la preparación del suelo de un cultivo forrajero de baja extracción (*Brassicas* de pastoreo directo) o un abono verde (avena-vicia). Si esto no es posible, antes de las labores de preparación del suelo, por lo menos 20 días antes de la siembra.
- En potreros establecidos, al inicio de la época de lluvias.

Básicamente, existen dos tipos de enmiendas minerales y enmiendas orgánicas.

Enmiendas minerales

CAL

Ver también Calcio, más adelante en Fertilización de mantenimiento, Aplicación de los fertilizantes, Macro elementos.

Si el suelo es ácido antes de fertilizar es necesario corregir el pH, el principal material utilizado es la cal, existiendo dos fuentes principales: cal agrícola (carbonato de calcio) y dolomita (carbonato doble de calcio y magnesio).

Figura 6.1
Aplicación de cal



Fuente: León, R. 2015

La cal contiene un 50% de Ca. En el suelo, el O_2 de la cal ($CaCO_3$) reacciona con los H^+ del suelo y forman agua, de esta manera disminuyen los H^+ , además, los cationes H^+ son sustituidos por cationes Ca^{++} , de esta manera sube el pH del suelo. Esta reacción emite CO_2 a la atmósfera que contamina el ambiente (400 kg de CO_2 por cada tonelada de cal aplicada al suelo). La cal debe ser aplicada e incorporada al suelo un mes antes de la siembra.

La cal dolomita (Calizas San Antonio, Guayas, Ecuador) contiene 57,6% de Ca y 11,6% de Mg. Aunque la dolomita reacciona más lentamente en el suelo que la cal, tiene la ventaja de que suministra Mg, elemento con frecuencia deficiente en suelos ácidos. Incorporar la dolomita al suelo tres meses antes de la siembra.

Los suelos derivados de ceniza volcánica de la región interandina, llamados Andisoles, tienen una alta capacidad tampón (resistencia al cambio de pH, también llamada capacidad buffer) y una moderada CIC. La alta capacidad tampón de los Andisoles se debe a que las arcillas resultantes de la meteo-

rización de las cenizas volcánicas (alófana, imogolita y complejos humus-Al) tienen una superficie muy reactiva.

Bernal (2003) indica que existen tres factores de encalamiento que se pueden resumir de la siguiente manera:

Tabla 6.1
Factores de encalamiento

Tipo de cultivo/suelo	Cantidad de cal
Cultivos muy susceptibles a toxicidad de aluminio.	2,0 ton/ha x Al (meq/100 g).
Cultivos menos susceptibles a toxicidad de aluminio	1,5 ton/ha x Al (meq/100g).
Suelos orgánicos con alto contenido de aluminio	3,0 ton/ha x Al (meq/100 g).

Fuente: Bernal, 2003

La cal aplicada bajo estos criterios neutraliza entre 86 y 95% del aluminio intercambiable, quedando una cantidad pequeña que no afecta el crecimiento de los cultivos.

La cal debe mezclarse bien con el suelo, por ello se aplica antes de las labores de preparación del suelo para la siembra.

Otro criterio para encalar es según el pH y la textura del suelo:

Tabla 6.2
Criterios para encalar según el pH y la textura del suelo

Textura del suelo	Cambio de pH 4,5-5,5	Cambio de pH 5,5- 6,5
Arenoso	2,25 t/cal/ha	1,5 t/cal/ha
Franco	3 t/cal/ha	2 t/cal/ha
Limoso	3,75 t/cal/ha	2,75 t/cal/ha
Arcilloso	4,25 t/cal/ha	3,5 t/cal/ha

Fuente: Bernal, 2003

YESO

El yeso agrícola o sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un producto natural que se encuentra en numerosos yacimientos en todo el mundo, la mayoría de ellos provenientes de rocas de evaporitas sedimentarias. El yeso también se obtiene como subproducto de los procesos industriales de producción del ácido fosfórico, en la fabricación de fertilizantes fosfatados como el superfosfato triple y los fosfatos amónicos.

A pesar de su poca solubilidad en agua, el yeso puede reaccionar a mediano plazo en el suelo y constituir una fuente de Ca y S para los cultivos. Su composición varía de 17 a 20% Ca y de 14 a 18% de azufre (S) (Espinosa y Molina, 2001). El sulfato del yeso es la forma más absorbible de azufre para las plantas.

El yeso (sulfato de calcio) mejora, acondiciona y fertiliza el suelo. Las principales ventajas del yeso son:

- Mejora la tierra compactada: la compactación en muchos suelos puede ser disminuida con yeso, sobre todo cuando se combina con la labranza profunda. La combinación con mejoras orgánicas también ayuda, sobre todo previniendo a que vuelva a compactarse.
- Disminuye la densidad aparente del suelo: concomitante con el punto anterior, el suelo tratado con yeso tiene una menor densidad en comparación con los suelos no tratados. El suelo blando es más fácil de arar, y los cultivos al igual que el suelo mejoran.
- Mejora la estructura del suelo: el yeso proporciona el calcio que se necesita para flocular las arcillas en el suelo. Es el proceso en el que muchas partículas pequeñas de arcilla se unen para dar un número mucho menor de partículas más grandes. Tal floculación es necesaria para dar la estructura del suelo favorable para el crecimiento de las raíces y para el movimiento del aire y del agua.
- Mejora la velocidad de infiltración y conductividad hidráulica, en consecuencia la capacidad a los suelos de tener un adecuado drenaje.
- Ayuda a preparar el suelo para manejar la no labranza: La aplicación generosa de yeso es un buen procedimiento para iniciar la gestión de no labranza del suelo o de los pastos. La permeabilidad persistirá durante años y los fertilizantes aplicados en la superficie penetrarán más fácilmente a consecuencia del yeso.
- Disminuye la pérdida de nitrógeno de los fertilizantes hacia la atmósfera: El calcio del yeso puede ayudar a disminuir la pérdida por volatilización del amoníaco nitrogenado de las aplicaciones de nitrato de amonio, urea, sulfato de amonio, o cualquiera de los fosfatos de amonio. Y también mejora la absorción de nitrógeno por las raíces de las plantas sobre todo cuando las plantas son jóvenes.
- Libera el fósforo: En suelos con alto contenido de hierro y aluminio, el fósforo se encuentra fijado como fosfatos de hierro y fosfatos de aluminio; al aplicarse el yeso se forman complejos de $AlSO_4$ y $FeSO_4$ formas en las cuales es lixiviado por las lluvias, quedando el fósforo libre y disponible para las plantas. Los efectos tóxicos del aluminio soluble

pueden ser reducidos incluso en el subsuelo favoreciendo un enraizado más profundo con los consiguientes beneficios para los cultivos.

- Corrige la acidez del suelo y del subsuelo: En suelos con alto contenido de hierro y aluminio como se explicó anteriormente, el yeso forma complejos que son lixiviados por las lluvias; también reacciona con los hidróxidos de hierro para liberar los iones hidroxilo que dan el efecto de la cal de aumentar el pH del suelo.
- Ayuda a la proliferación de lombrices de tierra: un suministro continuo de calcio con materia orgánica es esencial para las lombrices de tierra que mejoran la aireación del suelo, mejoran la concentración del suelo y mezclan el suelo. Las lombrices de tierra puede realizar el labrado para la agricultura no labrada (Gypsum, 2018).

El yeso es un buen complemento al encalado en suelos ácidos, su aplicación simultánea se puede hacer por mezcla física de ambos, dicha mezcla debe tener una proporción de 70-75% de carbonato de calcio y 25-30% de yeso, según Bernal (2003).

Recomendación práctica: a la siembra o en la fertilización de arranque o recuperación, corregir el pH con las recomendaciones indicadas al hablar de la cal y en el futuro como mantenimiento, aplicar anualmente 7 sacos de 50 kg de cal más 3 sacos de 50 kg de yeso/ha.

Para determinar la cantidad de yeso que se va a emplear, se puede usar la textura de los suelos como se indica a continuación:

Tabla 6.3
Criterios para aplicación de yeso

Textura	Yeso t/ha
Suelos arenosos	0,5
Suelos francos	1,0
Suelos arcillosos	1,5
Suelos muy arcillosos	2,0

Fuente: Bernal, 2008

ROCA FOSFÓRICA

Es un fertilizante fosfato natural, ecológico de efecto residual prolongado y de fácil aplicación directa. Aporta fósforo (18-22%), calcio (26-30%),

magnesio (0,6%), azufre (4.4% en forma de sulfato de calcio o yeso), sodio (1,4%), fluor (2,9%), materia orgánica (4,9%). (Tecnifertpac, 2011).

Las rocas fosfóricas son materiales relativamente insolubles, el tamaño de sus partículas tiene un efecto importante en su tasa de disolución en el suelo, cuanto más fino es el tamaño de la partícula, mayor es el grado de contacto entre la roca fosfórica y el suelo, y por lo tanto más alta es la tasa de disolución.

Para que una roca fosfórica dada sea agronómicamente eficiente, no solamente debe disolverse, sino que también debe estar disponible para las plantas. Las propiedades del suelo que favorecen la disolución de la roca fosfórica son un pH ácido (menos de 5.5), una baja concentración de iones Ca en solución, un bajo nivel de fertilidad en P y un alto contenido de materia orgánica. Esto parece ser la resultante de la alta capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica, la formación de complejos Ca materia orgánica y la presencia de ácidos orgánicos que disuelven la roca fosfórica y bloquean los sitios de absorción del P en el suelo.

La precipitación pluvial es dentro de las condiciones climáticas, el factor más importante que influencia la disolución de la roca fosfórica y su eficiencia agronómica. El aumento del agua en el suelo, resultante de la lluvia o del riego incrementa la disolución de la roca fosfórica. La incorporación de cal tiene un efecto negativo sobre la disolución de la roca fosfórica en el suelo debido a que incrementa la concentración de Ca^{++} en la solución y reduce la acidez del suelo, sin embargo el encalado puede incrementar la disponibilidad del P disuelto para los cultivos mediante el incremento del pH del suelo y la reducción de la toxicidad del aluminio (Cantera *et al.*, 2008).

La roca fosfórica se utiliza se acuerdo con la cantidad de ppm que se quiera cambiar (enriquecer) el suelo, en suelos de alta retención de P se requiere 22.9 kg de P_2O_5 por cada ppm que se quiera elevar.

SILICATO

El silicio aumenta la disponibilidad del fósforo, actúa como neutralizante de la acidez del suelo, incrementa el pH e inactiva formas tóxicas de aluminio, hierro, manganeso y metales pesados presentes en el suelo, que pueden ser nocivos para la planta. Los silicatos tienen alta movilidad y capacidad de penetrar en el suelo.

Las principales fuentes de silicato son el silicato de calcio (SiO_4Ca_2) y el silicato de magnesio (SiO_3Mg).

Según Bernal J. (2006), en Colombia los ganaderos elaboran enmiendas combinadas de los materiales antes indicados, utilizando 300 kg de cal, 200 kg de roca fosfórica, 200 kg de yeso y 100 kg de silicato por hectárea, pudiendo aplicarse dos veces al año (en la sierra ecuatoriana podría ser en octubre y en marzo).

ZEOLITA

Las zeolitas, según Haro (2011) son minerales aluminosilicatos micro porosos de origen sedimentario volcánico que se destacan por su capacidad de hidratarse (30% de su peso en agua) y deshidratarse reversiblemente. Su interior está formado por cavernas y canales (50%) que lo convierten en un cristal hueco con un gran porcentaje de su capacidad volumétrica para almacenar agua, la cual por procesos de intercambio catiónico, es cedida racionadamente a las plantas; posee además, polaridad negativa que le permite atraer todo tipo de cationes, existiendo especial selectividad por K_2O , NH_4 , P_2O_5 , Ca, Mg, y otros esenciales en la nutrición de los cultivos. Cuando se mezcla con un fertilizante, absorbe los nutrientes y mantiene un nivel de humedad y de nutrientes a disposición de las plantas por más tiempo, de tal manera que los cultivos lo aprovechan de forma más eficiente, de esta manera la zeolita se utiliza como potencializador de fertilizantes y regenerador de suelos.

La zeolita provoca varios impactos en la agricultura:

- Mejora las propiedades físicas de los suelos tales como estructura, retención de humedad, aireación, porosidad, densidad, ascensión capilar, reduciendo la compactación.
- Aumenta el pH y la capacidad de intercambio catiónico total del suelo.
- Aumenta la retención de humedad en el suelo permitiendo reducir las dosis de riego en más de 15%.
- Reduce el lavado o pérdidas de nutrientes en la propagación o crecimiento de plántulas, siendo un efectivo medio para el enraizamiento, y producción de plántulas.
- Facilita la solubilización parcial del fósforo natural mediante intercambio con los cationes de calcio de las rocas fosfóricas.
- Permite sustituir hasta un 20-25% de fertilizante soluble.
- Incrementa sustancialmente la masa radicular y vitalidad de los cultivos, disminuyendo el ataque de plagas e incrementando el rendimiento de los cultivos en un 15%.
- Ecológicos:

- Disminuye la cantidad de fertilizantes.
- Elimina los malos olores provocados por las emanaciones de nitrógeno amoniacal al ambiente
- Remueve elementos que contaminan aguas de riego y suelos (hierro, aluminio, plomo, cadmio y otros)
- Atrapa el gas amonio producido por las excretas y el alimento no digerido por los camarones.
- Elimina vectores y malos olores en camas de ganado.

Enmiendas orgánicas

La materia orgánica es un conjunto complejo de sustancias constituidas por restos vegetales y organismos 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 cuantitativamente, tanto a corto como a largo plazo.

La materia orgánica es un coloide y se comporta en forma similar a las arcillas, con respecto al intercambio catiónico y a la retención de humedad, los principales efectos de la materia orgánica en el perfil de suelo son:

Sobre las propiedades físicas:

- 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.
- En suelos arcillosos reduce el riesgo de formación de costra.
- Protege el ambiente.

Sobre las propiedades químicas:

- Aumenta la capacidad tampón.
- Regula el pH.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Forma fosfohumatos y quelatos.
- Mejora la nutrición mineral de los cultivos.
- Mantiene las reservas de nitrógeno.

Sobre las propiedades biológicas:

- Regula la actividad microbiana.
- Favorece la germinación de semillas.
- Favorece la respiración radicular.
- Favorece el estado sanitario de las raíces y demás órganos subterráneos.
- Aporta reguladores de crecimiento vegetal.
- Activa la rizogénesis.

En regiones tropicales el contenido de materia orgánica de los suelos depende de la humedad, en regiones húmedas la vegetación es exuberante en consecuencia los residuos orgánicos son abundantes y el contenido de materia orgánica en el suelo es alto, pero en regiones secas la formación de materia orgánica es limitada y aparte las altas temperaturas aceleran su descomposición, por lo tanto estos suelos son bajos en materia orgánica. En el subtrópico húmedo del noroccidente de Pichincha (ej. Nanegalito) los suelos contienen niveles muy altos de materia orgánica (9-10%).

Los suelos del páramo presentan textura equilibrada, buena estructura y adecuada formación de agregados, con abundante materia orgánica, reacción ácida, niveles aceptables de nitrógeno, pobres en fósforo y calcio, buen contenido de potasio y magnesio. En el páramo, debido al frío la descomposición de la MO es lenta.

Tabla 6.4
Interpretación de los contenidos de materia orgánica en los suelos del Ecuador

Nivel	Contenido de MO %
Muy Bajo	<1.0
Bajo	1.1 a 2.0
Medio	2.1 a 3.0
Alto	> 3.0

Fuente: Espinosa Marroquin, Sosa Cobo, & Rivera Montesdeoca, 2015

Si el suelo no tiene la suficiente cantidad de materia orgánica, entonces es necesaria aplicar enmiendas orgánicas.

El compost, el té de compost y el humus son algunas formas de enmiendas orgánicas que se les entiende como estables y medibles en su valor como nutriente aportado.

En el caso de suelos pobres en materia orgánica, es necesario aplicar esta enmienda. Para calcular la cantidad de materia orgánica que se debe aportar, se procede de la siguiente manera:

En primer lugar, es necesario conocer (mediante el análisis de suelo) el porcentaje de materia orgánica que tenemos y, conociendo que para mantener el suelo en condiciones de óptima fertilidad el mínimo de materia orgánica que este debe tener es 2% e ideal 3%, se establece por diferencia el porcentaje que es necesario incrementar. Si por ejemplo se requiere subir el porcentaje de MO en un 1%, se calcula de la siguiente manera:

$$MO = 104 \times da \times p \times \%mo = 104 \times 1,5 \times 0,3 \times 1\% = 45 \text{ t/MO/ha}$$

Siendo:

MO: cantidad de materia orgánica en el suelo.

da: densidad aparente = peso específico del suelo (kg/dm^3).

p: profundidad de la muestra de suelo (m), o profundidad del suelo que se quiere mejorar.

%mo: porcentaje de materia orgánica en el suelo (en este caso, % que se quiere incrementar).

ENMIENDAS DE ORIGEN ANIMAL

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 sí es rico en micro-nutrientes. Para un buen efecto, se necesitan grandes cantidades y pocas veces se usa en áreas grandes.

Continuando con el cálculo anterior de MO, para saber la cantidad de estiércol que se debe aplicar como enmienda (en Abonamiento Orgánico, se analiza el tema de nutrientes) se hace el siguiente razonamiento: 1 tonelada de estiércol fresco tiene 20% de materia seca (80% de humedad), guardado 25% de MS, por lo tanto para aplicar 45 t/MO necesito:

1 t/MO tiene 20% de MS por lo tanto:

$$45 \text{ t/MO/ha} / 0,20\% \text{ MS} = 225 \text{ t/estiércol fresco/ha}$$

$$45 \text{ t/MO/ha} / 0,25 \% \text{ MS} = 180 \text{ t/estiércol guardado/ha}$$

Como se puede observar es necesario conocer la cantidad de materia seca que tiene el estiércol, lo cual depende de la especie (bovino 20%, ovino 25%), pero también de la alimentación, disponibilidad de agua, etc.

Esta cantidad de estiércol, se esparce al voleo en el terreno que va a ser cultivado, para que luego con las labores de preparación del suelo, quede enterrado en la capa superficial del suelo.

ENMIENDAS ORIGEN VEGETAL

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.

Las cantidades a aplicar de materia orgánica como enmienda (y como abono) se detalla más adelante en Abonamiento Orgánico, luego de la Fertilización Química.

Fertilización

En pasturas tenemos los siguientes tipos de fertilizaciones:

- Fertilización de siembra, que comprende: Fertilización inicial, y fertilización complementaria.
- Fertilización de recuperación.
- Fertilización de mantenimiento.

Fertilización de siembra

La fertilización de siembra comprende: 1) Fertilización inicial o de base, constituye una corrección de las deficiencias de nutrientes del suelo y su propósito es elevar la reserva de elementos fertilizantes del suelo a un nivel óptimo. 2) Fertilización complementaria, fracción no aplicada en la siembra (nitrógeno).

Fertilización de recuperación

Es aquella que se realiza en un potrero débil, que no ha sido fertilizado durante mucho tiempo. El propósito es similar a la fertilización de siembra, corregir las deficiencias y situar los nutrientes a un nivel óptimo (según los objetivos del productor) y provocar una regeneración de la pastura. Se procede de igual manera que la fertilización de siembra.

Fertilización de mantenimiento

Es la fertilización del potrero que se realiza a partir del segundo pastoreo, a fin de mantener la fertilidad del suelo.

Para una fertilización correcta, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: fuente, dosis, época y localización:

FUENTE

Las condiciones físico-químicas del suelo determinan los tipos de fertilizantes y las mezclas a realizar. Las mezclas se deben hacer con los fertilizantes que sean compatibles.

La elección de los fertilizantes para la siembra es muy importante puesto que por un lado evitará que se causen daños a las semillas, específicamente en las del trébol que son muy susceptibles, y por otro evitará que los índices de reacción del suelo se modifiquen (pH), con esta óptica los fertilizantes pueden clasificarse por su grado de seguridad y tenemos:

Fertilizantes seguros, el superfosfato triple de calcio y la roca fosfórica pueden ser colocados con una máquina sembradora o al voleo, luego de distribuida la semilla. El molibdeno se puede aplicar en forma segura mezclándolo con la semilla al momento de la siembra.

Fertilizantes inseguros, son aquellos que no deben entrar en contacto directo con la semilla ya que afectan a la germinación, y de ser usados las cantidades deben ser mínimas, pertenecen a este grupo la urea, el sulfato de amonio y otros fertilizantes que contienen boro o cobre. Si es necesaria la aplicación nitrógeno, éste deberá aplicarse 2-4 semanas luego de la germinación ya sea en forma de urea o preferentemente de sulfato de amonio usando de 25-50 kg N/ha.

Los efectos de los nutrientes sobre los cultivos son interactivos, generándose beneficios superiores con la aplicación conjunta (fertilización compuesta) que con la aplicación individual de cada uno de ellos. La producción está limitada por el elemento que está en menor cantidad (o que no está en una forma disponible para la planta); a esto se conoce como Ley del Mínimo (Figura 6.2).

Para pastos en el Ecuador hay diversas formulaciones comerciales, mezclas balanceadas para establecimiento, para recuperación y para mantenimiento de pasturas. También fertilizantes foliares como complemento del fertilizante edáfico.

En fertilizantes, lo ideal es emplear fórmulas químicas antes que mezclas físicas. Las formulaciones garantizan una aplicación fácil, homogénea y uniforme ya que cada gránulo suministra al cultivo el mismo contenido nutricional de la fórmula y en consecuencia los resultados son superiores.

Figura 6.2
Ley del Mínimo



Fuente: Marcano, 2018

DOSIS

La precisión es fundamental, ya que las deficiencias limitan la productividad y los excesos son costosos y contaminan el medio ambiente.

La aplicación de fertilizantes debe realizarse con criterio técnico y económico, buscando el punto de equilibrio óptimo (nivel crítico), debido a que una aplicación incorrecta, puede ocasionar un desequilibrio nutricional; se debe señalar que existe interacciones entre los nutrientes, antagonismo entre algunos y sinergismo entre otros que es necesario conocer, ya que la aplicación de un nutriente puede limitar la absorción de otro, o potencializarlo según sea

el caso. Algunos nutrientes deben mantener en el suelo cierta proporción, por ejemplo: la relación Ca/Mg, y la relación Mg / K. (Tabla 6.7).

De haber en el suelo algún mineral en cantidades excesivas, será tomado por la planta y puede tener efecto dañino en los animales (ej: el exceso de N provoca toxicidad por nitratos). Cantidades excesivas de fertilizantes pueden eventualmente afectar al balance mineral del animal, por ejemplo alto contenido de K puede disminuir los contenidos de Ca, Mg y Na en la sangre del animal hasta llegar a niveles peligrosos. Un sobre-encalado puede afectar adversamente la absorción de micronutrientes por la planta y afectar eventualmente al animal que consume ese forraje.

Aun cuando un suelo tenga abundante materia orgánica, si en la preparación del suelo se entierran rastrojos (caña de maíz, tamo de trigo o cebada), a la siembra es necesario el uso de fertilizantes nitrogenados, debido a que durante la descomposición de la materia orgánica los microorganismos utilizan el N del suelo y de los fertilizantes para formar proteínas en sus cuerpos, por lo que si no se aplica N extra, las pasturas recién sembradas pueden sufrir de deficiencia temporal de N, hasta que se logre un nuevo equilibrio en el suelo. En esta etapa hay una alta relación C/N (carbono/nitrógeno).

Por otra parte, no todas las especies forrajeras tienen los mismos requerimientos, ni responden en la misma forma a la aplicación de los fertilizantes: las gramíneas necesitan N mientras que las leguminosas y especialmente la alfalfa son plantas ávidas de P, K, Ca, S, Mg y Cu; también necesitan Co, B, y Mo elementos que estimulan la fijación de N.

Hay que tomar en cuenta que no todos los elementos son esenciales para la planta y para el animal, pero si pueden serlo independientemente para uno u otro; así por ejemplo el K es esencial para la planta, pero menos valioso para el animal; el P, Ca, Mg y Cu son esenciales para la planta y para el animal; en cambio el Co y el I son esenciales para los animales y no para las plantas (IICA/ZN-ROCAP, 1971).

Las herramientas que se utilizan en la determinación de dosis o cantidad de fertilización de siembra, son: 1) Análisis del suelo e interpretación de los resultados. 2) Requerimientos nutricionales del cultivo. 3) Experimentación de campo.

El Patrón para interpretar los análisis de suelos, y las recomendaciones de fertilización del INIAP 1979, se indica en las siguientes tablas:

Tabla 6.5
Valores para determinar los niveles de los elementos químicos en la Costa

Nutriente	Unidad	Bajo	Medio	Alto	Tóxico
N	ppm	< 31	31-40	>100	
P	ppm	< 8	8-14	> 14	
K	meq/100 ml	< 0,2	0,20-0,38	> 0,38	
S	ppm	< 4	4-19	> 19	
Ca	meq/100 ml	< 5,1	5,1-8,9	> 8,9	
Mg	meq/100 ml	< 1,7	1,7-2,3	> 2,3	
Zn	ppm	< 3,1	3,1-7	> 7	
Cu	ppm	< 1,1	1,1-4	> 4,0	
Fe	ppm	< 20	20-40	> 40	
Mn	ppm	< 5,1	5,1-15	> 15	
B	ppm	< 0,20	0,20 -0,49	> 0,49	1,0
Cl	ppm	< 17,0	17-32,9	> 32,9	
Al+H	meq/100 ml	< 0,5	0,5-1	> 1	
Al	meq/100 ml	< 0,3	0,3-1	> 1	
Na	meq/100 ml	< 0,5	0,5-1	> 1	
M.O.	meq/100 ml	< 3	3-5	> 5	
Nutriente	Unidad	No salino	Lig. Salino	Salino	Muy salino
C.E.	mmhos/cm	< 2	2-4	4-8	> 8

Fuente: Arroyave et al., 1979

Tabla 6.6
Valores para determinar los niveles de los elementos químicos en la Sierra

Nutriente	Unidad	Bajo	Medio	Alto	Tóxico
N	ppm	< 30	30-60	> 60	
N	%	0 – 0,15	0,16-0,3	>0,31	
P	ppm	< 10	11-20	> 21	
K	meq/100ml	< 0,2	0,20- 0,38	> 0,4	
S	ppm	< 12	12-24	> 24	

Ca	meq/100ml	< 1	1-3	> 3	
Mg	meq/100ml	<0,33	0,33-0,66	> 0,66	
Zn	ppm	< 3	3,1-6	> 6,1	
Cu	ppm	< 1	1,1-4	> 4,1	
Fe	ppm	< 20	21-40	> 41	
Mn	ppm	< 5	5-15	> 16	
B	ppm	< 1	1-2	> 2	
Al+H	meq/100ml	< 0,5	0,5-1	> 1	
Al	meq/100ml	< 0,5	0,5-1	> 1	
Na	meq/100ml	< 1	1-2	> 2	
M.O.	meq/100ml	< 1	1-2	> 2	
Nutriente	Unidad	No salino	Lig. Salino	Salino	Muy salino
C.E.	mmhos/cm	< 2	2-3	3-4	> 4 - 8

Fuente: Arroyave et al., 1979

Tabla 6.7
Relaciones entre nutrimentos

Relación C / N =	≤ 15
Relación N / S =	(15 a 1)
Relación Ca: Mg: K (meq/100 g de suelo) =	10 : 4 : 1
Relación Ca: Mg: K (en kg/ha) =	16,7 : 1 : 3,2

Fuente: CIAT, 1995.

ÉPOCA

Durante el proceso de siembra de pasturas se debe tratar de fertilizar y colocar la semilla en un mismo momento con lo cual conseguiremos un mejor establecimiento y un rápido crecimiento de la plántula, salvo los fertilizantes nitrogenados (urea, sulfato de amonio, etc), que es preferible aplicarlos en forma fraccionada y de preferencia luego de un mes de la germinación.

La fertilización de mantenimiento completa es preferible realizarla durante la época de lluvias y en la época seca el nitrógeno o fertilización foliar completa (complementado con riego), conforme al régimen de lluvias de la

región interandina, se sugiere el Calendario de la tabla 6.8. En la costa debido al régimen de lluvias de esta región, la actividad agrícola en general y las fertilizaciones se concentran de diciembre a abril.

Tabla 6.8
Calendario de siembra y fertilización de potreros
en el centro norte de la Región Interandina

Enmienda/Fertilizante	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	Humedad disponible											
	h	h	mh	h	s	ms	s	h	sh			
Enmiendas (Ca, Mg, S, P)			X							X		
Preparación del suelo	X							X	X			X
Siembra-Resiembras	X	X							X	X	X	X
Fertilización completa (N, P, K, S, Mg) más microelementos.	X	X	X	X	X					X	X	X
Fertilización nitrogenada o foliar						X	X	X	X			

Siglas: h (húmedo), mh (muy húmedo), sh (semihúmedo), s (seco), ms (muy seco).

Elaboración: León, R.

LOCALIZACIÓN

Las fertilizaciones de mantenimiento se realizan en forma superficial, por lo mismo, alteran fuertemente la zona superficial del suelo con mayor población de raíces juveniles, en esta zona existe una alta actividad química, donde intervienen sustancias liberadas por las raíces, la actividad de los microorganismos, propiedades de la materia orgánica y de las arcillas.

Fertilización de siembra

Guía de recomendaciones de fertilización para la siembra, según el INIAP

FERTILIZACIÓN PARA LA SIEMBRA DE ALFALFA

Ante todo controlar el pH del suelo y encalar si es necesario. Controlar el contenido de Ca en el suelo periódicamente (cada 2 años). Encalar con cal dolomita, para mantener la relación calcio-magnesio en el suelo.

Aplicar todo el fertilizante a la siembra.

Tabla 6.9
Recomendaciones de fertilización para la alfalfa

Interpretación del análisis de suelos	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Bajo	50	70	70
Medio	30	50	50
Alto	20	30	30

Fuente: INIAP, 1979

Cuando se usa inoculante se recomienda aplicar 20 kg/N/ha como arranque del cultivo. La fertilización nitrogenada a la siembra en cantidades pequeñas puede propiciar una mayor eficiencia de fijación debido al aumento del vigor en las plantas al iniciarse la nodulación. Dosis mayores deberán emplearse en el caso de no haber utilizado inoculante. Sobre esta recomendación de INIAP, (Delorenzo, 2014) manifiesta que no se debería utilizar fertilizante nitrogenado a la siembra cuando se inocula una leguminosa con el inoculante adecuado, en razón de que el uso de cualquier fuente de N durante el establecimiento de la relación planta-rizobio es riesgoso en cuanto al resultado final.

Es útil aplicar a la siembra, molibdato de amonio y bórax según lo indicado en elementos menores.

FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE AVENA

Tabla 6.10
Recomendaciones de fertilización para la avena

Interpretación del análisis de suelos	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Bajo	60	80	60
Medio	40	50	40
Alto	20	20	20

Fuente: INIAP, 1979

Aplicar el fertilizante compuesto a la siembra a chorro continuo.

A los 45 días cuando inicia el macollamiento aplicar 23 kg N/ha si el cultivo es para grano o, 46 kg/ N/ha si el cultivo es para forraje. Se puede repetir esta fertilización nitrogenada a los 75 días, si se desea maximizar la producción y mejorar el contenido de proteína en el forraje.

En suelos con bajo contenido de azufre se recomienda usar sulfato de amonio, como fuente de nitrógeno. A la siembra es preferible no utilizar cantidades altas de este fertilizante, ya que afecta a la germinación de las semillas.

FERTILIZACIÓN PARA LA SIEMBRA DE PASTOS DE LA SIERRA

Para la formación del potrero:

Aplicar el fertilizante completo, más 40 kg de S al voleo, el N solamente lo que forma parte de la fórmula del fertilizante completo (30-50 kg/N/ha) incorporar con una rastra, luego sembrar. El N complementario se aplica luego del primer corte o pastoreo, así evitamos daños a la germinación y pérdidas por volatilización, lixiviación, etc.

La mejor fuente de potasio para pastos es el sulfato de potasio y magnesio, ya que además de aportar potasio, contribuye con azufre y magnesio, cubriendo las necesidades de los tres elementos.

Tabla 6.11
Recomendaciones de fertilización para pastos de la sierra

Interpretación del análisis de suelos	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Bajo	70	120	100
Medio	50	80	60
Alto	20	40	60

Fuente: INIAP, 1979

Para mantenimiento del potrero: aplicar el nitrógeno complementario de la siembra después de dos pastoreos.

FERTILIZACIÓN PARA LA SIEMBRA DE PASTOS DE LA COSTA

Tabla 6.12
Recomendaciones de fertilización para pastos de la costa

Interpretación del análisis de suelos	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha
Bajo	150	80	80
Medio	120	60	40
Alto	100	20	20

Fuente. INIAP, 1979

Para la formación del potrero: El fertilizante completo distribuir al voleo, incorporar con una rastra y luego sembrar.

El nitrógeno complementario se aplicará después de 2-3 cortes o pastoreos.

Fertilización de mantenimiento

En la medida en que se incrementa la carga animal (consumo de forraje) se aumenta la extracción de nutrientes de la pradera, por ello para mantener altas y estables producciones se requiere reponer al suelo los nutrientes extraídos por los pastos y que salen del sistema (aquella fracción que no retorna con los residuos orgánicos animal y vegetal) y de esta manera asegurar los balances apropiados de nutrientes en el sistema suelo-planta-animal, a fin de mantener vigoroso al potrero.

La fertilización y la calidad de los pastos tienen íntima relación con la ganadería, los principales efectos de la fertilización son:

- Recuperación más rápida del potrero.
- Incremento de la producción de forraje, lo cual permite duplicar o triplicar la capacidad de carga (más producción por hectárea). En producción animal intensiva esto representa una mayor flexibilidad que sembrar forraje de corte.
- Mejora la calidad del pasto y por lo tanto la nutrición del hato, lo cual redundará en una mejor reproducción y en un aumento de la producción de carne o leche por UB y por hectárea.
- Evita dar sales minerales al ganado. Una pastura bien fertilizada, provee de todos los minerales que necesitan los animales (vacas secas y vacas lecheras de mediana producción).
- Aumenta la resistencia al ataque de plagas y enfermedades de los pastos.

- Mejora la competencia con malezas y plantas indeseables, reduciendo el control químico.
- Elevada densidad de plantas disminuyendo la evaporación desde el suelo; y los sistemas radiculares más densos y profundos, aumentan la eficiencia de uso del agua.
- Mantiene una alta disponibilidad de forraje a lo largo del tiempo, con un alto aporte de materia orgánica al suelo lo que mejora las características edáficas (físicas y químicas).
- Mejora la persistencia del potrero y disminuye la necesidad de resiembra.

Sobre este tema investigaciones del INIAP (1968) refieren lo siguiente:

Las prácticas adecuadas de manejo y fertilización influyen en la conservación y longevidad de los pastizales. En cuanto a los resultados, al quinto corte el rendimiento de las parcelas que no recibían fertilización adicional fue inferior al de los primeros cortes. Se pudo apreciar que los rendimientos declinaron en forma lineal del segundo al quinto corte con una sola aplicación de fertilizante. La aplicación adicional elevó los rendimientos para todos los tratamientos en el quinto corte. En general los porcentajes de malezas se incrementaron hacia el quinto corte, y luego disminuyeron con respecto a los cortes anteriores gracias a la aplicación adicional de fertilizante, en relación con las parcelas que no la recibieron.

Salvador y León (2000), también demostraron que la fertilización ayuda a los pastos mejorados a persistir compitiendo de excelente manera con el kikuyo, durante varios años.

Se recuerda que en el mantenimiento de pasturas:

- Los fertilizantes deben aplicarse al inicio del rebrote (crecimiento vegetativo) de los pastos, 5-7 días luego del pastoreo.
- Es ideal que el punto anterior coincida con condiciones ambientales favorables (lluvia o riego) para lograr altas tasas de crecimiento, sin humedad en el suelo no hay respuesta a los fertilizantes aplicados.

HERRAMIENTAS PARA LA FERTILIZACIÓN DE MANTENIMIENTO

- Síntomas de deficiencia
- Análisis de suelos
- Análisis foliar
- Perfil metabólico
- Restitución de los nutrientes
- Registros

Además, es necesario tomar en cuenta otros factores complementarios (que se irán explicando paulatinamente y de manera transversal), tales como:

- Recursos de la finca
- Características específicas del sitio
- Condiciones climáticas
- Carga animal
- Nivel de producción
- Nivel de suplementación de los animales
- Especie de pasto

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Los síntomas de deficiencia de nutrientes es la primera herramienta que tiene el productor para inferir las necesidades de fertilización, posteriormente, los análisis del suelo y foliar confirmarán las carencias.

Los síntomas se explican con detalle, más adelante en los nutrientes que se deben aplicar al suelo.

ANÁLISIS DE SUELO

Cada 2 años se debe monitorear el contenido de nutrientes en el suelo. La profundidad de la toma de muestra de suelo para la fertilización de mantenimiento de potreros, está en función de la ubicación de la mayor concentración de raíces absorbentes o pelos radiculares (Tabla 6.13).

Tabla 6.13
Profundidad de muestreo de suelo según la especie forrajera

Especie	Profundidad
Raigrás	7,5 - 10 cm
Guinea	10 - 15 cm
Kikuyo, braquiaria, estrella	15 - 20 cm
Alfalfa	15 - 20 cm

Elaboración: León, R.

En base de los resultados del análisis, el laboratorio de suelos emite una recomendación de fertilización, las recomendaciones del laboratorio se basan en la fundamentación técnica, la experimentación de campo e intercambio de información entre laboratorios.

El Patrón para interpretar los análisis de suelos, y las recomendaciones de fertilización del INIAP, se indicó con anterioridad.

ANÁLISIS FOLIAR

El conocimiento del contenido de nutrientes en la MS es una herramienta importante en fertilización de pasturas como orientación, pero no debe ser el único criterio utilizado, es necesario conocer también los otros instrumentos como análisis de suelos, el reciclamiento de los nutrientes, etc.

El análisis foliar es necesario pues, las plantas pueden sufrir de deficiencias sin presentar ningún síntoma visual (hambre escondida). Al momento que aparecen los síntomas visibles, ya la planta ha perdido una considerable porción del potencial de rendimiento (INPOFOS, 2003).

Para el caso de pastos de clima frío, si la pastura no está creciendo bien, Hill Laboratories LTD de Nueva Zelandia recomienda tomar muestras y enviar para el análisis químico el trébol blanco, como planta indicadora de toda la mezcla forrajera. La razón es que como las leguminosas fijan nitrógeno y conducen la producción de la pastura asociada, para maximizar la función y producción de las leguminosas se requiere un alto status de fertilidad del suelo en términos de fosfato, potasio, azufre, carbonato y elementos traza. Ante la deficiencia de algún nutriente, en el trébol se desarrollan los síntomas antes que en las otras especies de la pastura. Colectando muestras de plantas de trébol con crecimiento pobre, en el análisis de laboratorio resaltarán las deficiencias que pueden estar afectando a toda la pastura. Si se fertiliza (y maneja) bien el trébol blanco, toda la pastura saldrá ganando.

Las necesidades de nutrientes varían en función de los requerimientos de cada especie o variedad y de la remoción total de nutrientes de la mezcla forrajera.

Los cálculos de requerimiento deben basarse en el contenido de la materia seca. Si se comparan especies y cultivares, se comprobará que el contenido de materia seca, presenta un comportamiento diferente al peso fresco (Aguilera y León, 2000), sería de esperar que el pasto con mayor contenido de materia seca requiera más nutrientes.

Para propósitos de nutrición animal, Osorio (2009) recomienda monitorear el contenido mineral del pasto en la medida que los efectos climáticos varíe el tiempo de pastoreo, para con esta información si no es posible corregir los problemas en el suelo, hacer los ajustes en el diseño de la sal mineral que se suplementa al ganado.

Laboratorios especializados como R. J. Hill Laboratories, en base del análisis del suelo y del forraje y del cálculo de los requerimientos de las plantas y de los animales, ofrecen reportes de resultados con recomendaciones de fertilización para el suelo e histogramas del balance mineral en la dieta animal.

PERFIL METABÓLICO

Análisis de tejidos y de los fluidos orgánicos (sangre y leche), para determinar la concentración en que se encuentran los minerales en el organismo animal, esto se explica mejor en el capítulo Calidad de forraje y producción animal. Esta herramienta permite afinar las dietas de alimentación animal y en lo que corresponda la fertilización. En este caso, se debe tomar en cuenta que en el perfil metabólico se va a reflejar tanto los minerales de los pastos (provenientes del suelo), como los de las sales minerales de la suplementación.

REGISTROS

Es necesario medir y registrar las producciones de pasto (materia verde y materia seca) semanalmente, igualmente las fertilizaciones, las siembras y resiembras, así como la leche producida en cada potrero. Los registros en Excel son de gran ayuda a la hora de evaluar resultados, costos y tomar nuevas decisiones. Ejemplo de registros, se incorporan en Anexos.

Tipos de recomendaciones de fertilización de mantenimiento

Existen dos tipos o modelos para fertilizar las pasturas:

- Fertilización de acuerdo a las recomendaciones del laboratorio, en base al análisis de suelo, a la producción esperada (en función de la carga animal) y al análisis foliar (Nueva Zelanda). Como ya se explicó las recomendaciones de laboratorio se respaldan en el conocimiento generado por la investigación, experiencia e intercambio de información con otros laboratorios y centros de investigación.
- Restitución de nutrientes. El principio es el cálculo de la restitución paulatina de los nutrientes extraídos del suelo por la pastura y consumidos por los animales.

En términos generales, las metodologías son aproximaciones, la investigación aporta nuevos conocimientos que actualizan permanentemente el uso de los fertilizantes sobre todo desde el punto de vista ambiental; queda a criterio del profesional, utilizar una u otra metodología y hacer sus propios ajustes en función de la nueva información, sus propios conocimientos y experiencia profesional.

Recomendaciones del laboratorio de suelos

Fertilización de mantenimiento para especies forrajeras según el INIAP

FERTILIZACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA ALFALFA

Controlar el pH y el contenido de Ca en el suelo periódicamente (cada 2 años). Encalar con cal dolomita (mejor enmienda completa), para mantener en el suelo una relación calcio-magnesio.

Aplicar elementos menores.

Mantenimiento del alfalfar: Luego del primer año, aplicar:

45 kg de P (103 kg de P_2O_5).

30 kg de K (36 kg de K_2O).

35 kg de S (108 kg de SO_4).

24 kg de Mg (40 kg de MgO).

En los años siguientes, hacer análisis de suelos para ajustar la fertilización. Es aconsejable incorporar materia orgánica al suelo, con cierta periodicidad, a fin de mejorar la estructura física y mantener el equilibrio de la microfauna del suelo, evitando la patogenicidad de los nemátodos.

FERTILIZACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA PASTOS DE LA COSTA

Mantenimiento: las recomendaciones para la siembra de P y K, aplicar cada dos años. Las recomendaciones de N aplicar cada año fraccionando cada 2 o 3 pastoreos.

FERTILIZACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA PASTOS DE LA SIERRA

Controlar el pH, cada dos años. Cuando sea necesario aplicar enmienda, hacerlo con enmiendas completas, para integrar la acción benéfica de la cal dolomita, yeso, roca fosfórica y silicatos de Mg.

Fertilización nitrogenada, luego de la siembra, a partir del segundo corte o pastoreo, N según la carga animal, presencia o no de leguminosas y uso del potrero. Los pastos de elevado potencial productivo responden niveles de hasta 400 kg/N/ha/año.

Fertilización P, K, Ca, S, Mg a partir del cuarto pastoreo (seis meses de la siembra): P, 75 - 80 kg/ha/año de P_2O_5 en combinación con 40 kg/ha/año

de S, y 20 kg/ha/año de Mg fraccionado en dos partes, 50% con las lluvias de octubre-noviembre y 50% con las lluvias de abril-mayo.

Es conveniente aplicar a la salida de las lluvias 60 kg/ha de K_2O , para ayudar al pasto a resistir el verano. Se puede reforzar la tolerancia a la sequía aplicando fertilización foliar a base de silicato de potasio (K_2SiO_3).

Puede también emplearse las fórmulas “forrajeras” de las casas comerciales, 2-4 sacos por /ha después de cada pastoreo, dependiendo de la intensidad de manejo. Si no se dispone de riego, se debe aprovechar la temporada de lluvias y repartir la fertilización anual en la sierra, en tres partes: al inicio, al medio y al final del invierno (octubre, enero y mayo).

A continuación se expone algunas de las recomendaciones de autores reconocidos:

Tabla 6.14
Recomendaciones de fertilización en Colombia

Recomendaciones de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio para algunas gramíneas y leguminosas forrajeras								
Especie	Producción esperada	Producción de materia seca t/ha/año	Extracción kg/ha/año			Cantidad a aplicarse kg/ha/año		
			N	P	K	N	P2O5	K2O
Kikuyo	Baja	4.5	125	27	133	100	46	60
	Media	7.5	208	45	222	150	69	90
	Alta	14.0	389	83	415	200	137	120
Raigrás perenne	Baja	1.8	54	21	60	50	46	30
	Media	3.6	108	45	127	100	69	60
	Alta	8.0	240	95	268	200	137	120
Raigrás anual	Baja	3.5	95	24	105	100	46	60
	Media	8.0	216	55	240	200	92	90
	Alta	16.0	432	110	480	400	183	120
Pasto azul	Baja	1.7	55	15	49	50	23	30
	Media	3.0	96	26	86	80	46	60
	Alta	7.0	224	61	201	200	115	120
Alfalfa	Baja	8.0	285	43	215	75	92	120
	Media	12.5	445	67	336	125	137	240
	Alta	25.0	890	134	672	200	275	360
Guinea	Baja	6.7	79	27	114	75	46	60
	Media	16.5	195	67	288	180	115	120
	Alta	28.0	332	113	488	280	183	180
Elefante	Baja	8.0	88	42	175	75	69	60
	Media	17.0	186	90	371	150	137	120
	Alta	31.0	339	164	677	250	321	180

Fuente: Bernal y Espinosa, 2003.

Elaboración: Autores

Tabla 6.15
Fertilización de mantenimiento para pasturas a base de gramíneas y leguminosas en el centro norte de la sierra, de acuerdo a la carga animal de vacas lactantes

Carga animal (UB/ha)	P ₂ O ₅ kg/ha / año		K ₂ O kg/ha/año	S kg/ha/año	Ca kg/ha/año	Mg kg/ha/año
	Baja retención	Alta retención				
1.0	20	30	43	14	5	5
1.5	30	44	65	21	8	8
2.0	39	59	87	28	10	10
2.5	49	74	108	35	13	13
3.0	59	89	130	42	16	15
3.5	69	103	152	49	18	18

Fuente: Paladines, 2003

Elaboración: Autores

Restitución de los elementos

La metodología de “Cálculo de la extracción y reposición de los elementos al potrero se enmarca en el contexto de una visión de la ganadería como un Sistema de Producción Sostenible, es decir que el productor debe devolver al suelo lo que saca con la producción de pasturas (Batallas, 2007). La técnica utilizada por Batallas calcula las extracciones, exportaciones, transferencias, devoluciones, fijaciones y pérdidas de minerales y luego de un balance determina los elementos puros a devolver y los fertilizantes comerciales a aplicar. Esta metodología fue complementada por los técnicos de la División Agrícola de Brenntag-Agrofeed, División Agrícola-Ecuador, ellos sugieren que luego de determinar los minerales (elementos puros) a reponer en un año, dicha información se traslape con los resultados del análisis de suelo y los rangos que se quiere alcanzar, pues pueden haber deficiencias o excesos notorios. Finalmente el Autor sugiere incorporar a estos cálculos, los minerales retenidos por el organismo animal y la fracción de minerales (residuo de la suplementación) que los animales incorporan al suelo.

La metodología sería la siguiente:

- Revisión del análisis foliar de los pastos de la finca. Comparación de este análisis con rangos referenciales y establecer criterios para manejar de mejor manera la fertilización, pero también la nutrición animal.
- Estimación de la extracción de nutrientes con base en la “ingesta de una vaca” (se encuentra multiplicando la cantidad de materia seca

ingerida por una vaca de acuerdo al peso vivo, por el contenido de nutrientes del análisis foliar).

- Cálculo los minerales que se exportan del sistema (vía leche o carne y la retención en el organismo animal).
- Cálculo de los nutrientes excretados en heces y orinas.
- Deducción de las pérdidas de minerales en caminos, establo y corrales, etc.
- Cálculo del reciclaje real, diferencia entre las extracciones menos las salidas vía exportaciones, también las retenciones (fijación de P) y pérdidas (lixiviación del N).
- Establecimiento del déficit (cantidad de elementos puros a reponer al suelo) por cada vaca y según la carga animal (número de vacas/ha).
- Descuento del residuo de las sales minerales suministradas a los animales como suplementación.
- Transformación de los elementos puros a moléculas de fertilizante (P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO).
- Revisión el análisis del suelo (niveles y cantidades de nutrientes disponibles).
- Traslape del contenido de nutrientes del suelo con los rangos de interpretación del análisis de suelos, para determinar si existen excedentes o deficiencias con respecto a rangos deseables y en qué porcentaje.
- Interpolación de estos porcentajes de excesos o deficiencias, con la cantidad de fertilizante que se iba a aplicar al suelo para ajustar las cantidades de nutrientes que finalmente se van a incorporar al suelo.
- Definición del plan de fertilización balanceado (cantidades, fórmulas comerciales) que beneficien tanto al pasto como al animal.
- Finalmente, establecimiento del calendario de aplicación y los costos.

En los sistemas de producción en estabulación o semi estabulación el estiércol debe ser recogido y devuelto a los potreros para que se produzca reciclaje.

Debiendo indicarse, que todas las metodologías son aproximaciones, queda a criterio del profesional, utilizar una u otra metodología y hacer sus propios ajustes, utilizando sus conocimientos y experiencia profesional.

Los cálculos de Restitución de elementos puestos en una hoja Excel, son como los que se ilustran a continuación.

Tabla 6.16
Cálculo de reposición de elementos al potrero

Cálculo del consumo		N	P	K	S	Ca	Mg
Análisis foliar del pasto (hipotético)		3,45%	0,35%	2,87%	0,30%	0,53%	0,21%
Rangos de análisis foliares							
Alto		0,04	0,004	0,0308	0,0054	0,0077	0,004
Medio		0,0345	0,003	0,0252	0,004	0,0051	0,003
Bajo		0,029	0,002	0,0196	0,0025	0,0024	0,002
Peso medio de las vacas en kg	500						
Consumo diario de pasto kg/MS/UB/día	15,00						
Minerales del pasto, consumidos por las vacas, en g/UB/día		517,5	52,5	431	45,00	79,50	31,50
Cálculos de las salidas							
Contenido en 1 litro de leche	1	0,5	0,96	1,38	0,30	1,30	0,12
Litros de leche/vaca	18	9,00	17,28	24,84	5,40	23,00	2,16
Retención del organismo animal		2,12	7,00	14,90	1,27	8	3,6
Minerales utilizados (leche+organismo)		11,2	24,28	39,74	6,67	31	5,76
Minerales excretados en las heces y orinas		506,3	28	391	38	49	26
Pérdidas fuera del potrero (caminos, establo, etc.)	15%	75,95	4,23	58,61	5,75	7,00	3,86
Fijación en el suelo	30%		8				
Pérdidas por erosión, lixiviación, volatilización, etc.	20%	101,26					
Devolución al potrero		329,10	15,52	332,15	32,58	41,50	21,88
Calculo de la reposición							
Por reponer UB / día (consumo menos devolución al potrero)	1	188,41	36,98	98,35	12	38	10
Por reponer de acuerdo a la carga animal gramos/UB/día	3	565,22	110,94	295,06	37	114	29
Cantidad de nutrientes minerales a reponer kg/ha/año		206	40	108	14	42	11

PASTOS Y FORRAJES DEL ECUADOR
SIEMBRA Y PRODUCCIÓN DE PASTURAS

Residuo de la suplementación mineral diaria, excretada en heces y orinas g/UB/día			20			40	
Residuo de la suplementación mineral diaria, excretada en heces y orinas kg/ha/año			7,3			14,6	
Diferencia entre la reposición calculada y el residuo de la suplementación mineral		206	33	108	14	27	11
Cantidad de compuestos químicos a reponer kg/ha/año		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	MgO
N		206					
P*2,25			74				
K*1,205				130			
S					14		
Ca*1,4						38	
Mg*1,65							17
Ajuste con el análisis del suelo							
Unidad		ppm	ppm	meq/ml	ppm	meq/ml	meq/ml
Análisis químico del suelo (hipotético)		60	18	0,2	15	9	1,6
Rangos de análisis de suelos							
Alto		>60	>30	>0,38	>24,0	>5,0	>1,50
Medio		45	20	0,29	18	3,5	1
Bajo		<30	<10	<0,2	<12,0	<2,0	<0,5
Exceso o deficiencia del suelo con respecto al rango medio		33%	-10%	-31%	-17%	157%	60%
Fertilización corregida, kg/ha/año		138	81	170	16	0	7

Elaboración: León, R.

Tabla 6.17
Plan de fertilización

Elementos y compuestos químicos	Cantidad	N	P₂O₅	K₂O	S	CaO	MgO
Requerimientos kg/ha/año		138	81	170	16	0	7
Productos	kg/ha	Aportes					
8-20-20	0	0	0	0			
10-30-10	0	0	0	0			
Cal	0					0	
DAP 18-46-0	125	22,5	57,5				
SFT 0-46-0	0		0				
15-15-15+2CaO+2MgO	0	0	0	0		0	0
Muriato de K 0-0-60	230			138			
Urea 46-0-0	0	0					
YaraVera Amidas 40-0-0 + 6 (S)	200	80			12		
Nitromag	0	0				0	0
Sulfato de calcio	0				0	0	
Sulpomag	0			0	0		0
Sulfato de potasio	0			0	0		
Azufre molido 98%	0				0		
Magnum	0	0	0				
Nitrato Amonio 34-0-0	0	0					
Nitrato calico	0	0				0	
Nitrato de potasio	0	0		0			0
Sulfato de magnesio	0				0		0
Borax B11	0				0		
Sulfato amonio	0	0			0		
Potreros							
17-12-12+Ca+Mg+Zn+B	0	0	0	0	0	0	0
Potreros max							
15-21-12+Ca+Mg+S+Zn+B	0	0	0	0	0	0	0
Fertiforraje produccion							
21-12-15-3-4	200	42	24	30	6	0	8
Fertiforraje boro							
19-12-15-4-5-0,47	0	0	0	0	0	0	0

Fertiforraje nitro							
28-0-13-4-5-0,3	0	0	0	0			
Fertiforraje establecimiento							
12-31-10-4-5	0	0	0	0	0	0	0
Fertialfalfa							
12-24-12-4-5-0,99	0	0	0	0	0	0	0
Roca fosfórica	0		0		0	0	0
Total kg aportados/ha/año	755	144,5	81,5	168	18	0	8
Total sacos fertilizante ha/año	15,1						
Revisión de los requerimientos		138	81	170	16	0	7

Elaboración: León, R.

Manejo de la fertilización

Como complemento a las recomendaciones de fertilización de siembra y de mantenimiento del INIAP, a continuación se analiza el manejo de la fertilización en pasturas. Se indican las generalidades y los resultados de investigaciones de varios autores del INIAP, de Nueva Zelanda y de Colombia, primero de forma separada y al final del capítulo en forma global, a fin de quien lea este libro pueda manejar el tema con más criterio.

Macroelementos

Nitrógeno (N)

CONTENIDO EN LA PLANTA

El N en las plantas varía entre el 1-5% del peso seco, en pastos un contenido < 2,9% es bajo, 3% normal, > 4% alto.

CONTENIDO EN EL SUELO

Los parámetros son <30 ppm bajo, entre 30 y 60 ppm medio y > 60 ppm alto.

ROL DEL NITRÓGENO

Las gramíneas normalmente absorben el nitrógeno en las formas de NO_3^- y NH_4^+ , aunque la mayor parte es bajo la primera forma y se transforma en las hojas en NH_3 , luego en aminoácidos y por último en proteínas; en las leguminosas este proceso se realiza en las raíces. El N aumenta la cantidad de

biomasa (macollos, el tamaño de la hoja, la tasa de aparición de hojas), el diámetro de las raíces y la relación parte aérea / raíz. De esta forma, el N aumenta tanto el contenido de proteína como la producción materia seca.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Como el N es parte integral de la molécula de clorofila, un adecuado suministro de N se reflejará en un color verde intenso del follaje y un crecimiento vigoroso de la planta a través de una mejor utilización de los carbohidratos producidos por fotosíntesis y a través de una mejor eficiencia en el uso del agua. Mientras que cuando hay deficiencia de N la planta paraliza su crecimiento, se pone clorótica sobre todo las hojas viejas, de aspecto leñoso y fibroso, escasa producción.

Uso

El N es uno de los principales macro elementos cuando se refiere a las gramíneas. El N es un elemento muy móvil, la recuperación del N en las gramíneas forrajeras es del orden del 60% aún cuando puede variar desde 10% hasta el 88%, el resto queda en el suelo o se pierde por escurrimiento, lavado, denitrificación, volatilización, inmovilización biológica, etc. debido a esta tendencia, el N debe ser aplicado en forma fraccionada para que repercuta con mayor eficiencia. Tanto gramíneas como leguminosas dependen del N del suelo para su desarrollo inicial. La aplicación de fertilizantes nitrogenados debe hacerse al inicio del crecimiento fisiológico de la planta, para que pueda ser utilizado eficientemente. La cantidad requerida varía con las especies y las condiciones climáticas. Las especies tropicales de largo período vegetativo, responden más a altas dosis de N que aquellas de clima templado frío.

En las pasturas de gramíneas fertilizadas con exceso de N, se ha determinado una disminución del consumo voluntario.

FUENTES DE NITRÓGENO

Existen varias fuentes de N, las principales:

- La materia orgánica es una reserva de nitrógeno orgánico en el suelo, contiene alrededor del 5% pero formando parte de los compuestos orgánicos. La materia orgánica muerta debe mineralizarse (las bacterias saprófitas descomponen la MO y liberan bioelementos: CO₂, NH₃, H₂S, etc.). Una parte del amoníaco es tomado por las plantas y otra por las bacterias nitrificantes. Las bacterias nitrificantes (ni-

trosoomas y nitrobacter) a su vez convierten el amoniaco en nitrito y nitrato, el N queda disponible, conforme se descompone lentamente la materia orgánica en el suelo.

- Leguminosas (bacterias *Rhizobium*).
- Fertilizantes nitrogenados, ayuda de corto plazo.

La fuente de fertilizante nitrogenado y los niveles que se escoja depende del clima, del suelo, además del costo por unidad del elemento puro (Tabla 6.18).

La urea, fuente más común de nitrógeno, es muy soluble de allí que cuando es aplicada en lluvias, se lixivia; o, si el suelo está seco se descompone rápidamente por hidrólisis enzimática y el carbonato de amonio se volatiliza, por lo que es aconsejable aplicar la urea en las últimas horas de la tarde después de un riego o muy temprano en la mañana para aprovechar la humedad proveniente del rocío. Estas pérdidas son menores con las otras fuentes de N. Para corregir las pérdidas, en el mercado es posible encontrar:

- Urea azufrada, esta urea posee un recubrimiento a base de azufre lo cual la hace mucho menos volátil, además a medida que se va degradando las plantas también aprovechan el azufre el cual en el caso de las leguminosas favorece la nodulación y la formación de proteínas.
- Urea verde, es un tipo de urea que está protegida con Agrotain (nombre comercial del NBPT (n-(n-butil) triamida tío fosfórica) que es un compuesto que inhibe a la enzima ureasa evitando la acelerada volatilización del nitrógeno y el daño de plántulas por la producción de la ureasa.

Tabla 6.18
Principales fertilizantes nitrogenados utilizadas en pastos

Fuentes de nitrógeno	Concentración
Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	N 46%
Sulfato de amonio ($\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$)	N 21% + S 24%.
Amidas (urea + sulfato de amonio)	N 40% + S 6%
Nitrato de amonio (NO_3NH_4)	N 34% (N nítrico 17% + N amoniacal 17%)
Nitrato de potasio (NO_3K)	N 13,5% + K_2O 45%
Nitrato de calcio (NO_3Ca)	N 15,5% + CaO 26%

Fuente: León, R.

El rendimiento de forraje es mayor cuando se utiliza sulfato de amonio o nitrato de amonio (10-30% más de materia seca). En el nitrato de amonio,

el nitrato es de disponibilidad y absorción inmediata, mientras que el amonio se fija en los coloides del suelo, no se pierde y es disponible por más tiempo. El sulfato de amonio, se aconseja para suelos arenosos o climas lluviosos, y en cualquier caso que se necesite una mejor retención de N, o un efecto favorable del sulfato (para bajar pH alcalino o desbloquear el P fijado por Fe o Al). Se debe tener en cuenta la acción acidificante del sulfato de amonio, acidifica el suelo al fijarse el amonio y liberar ácido sulfúrico y también cuando el amoniaco se nitrifica convirtiéndose en ácido nítrico. El uso del sulfato de amonio contribuye a mantener un correcto balance N/S (si en la fertilización no se utiliza otra fuente de azufre), el S favorece un mejor aprovechamiento del N para la formación de aminoácidos y proteínas.

Se puede mezclar urea y sulfato de amonio en relación 3:1 para combinar las ventajas de estos dos fertilizantes.

Fertilizantes líquidos de nitrógeno: el beneficio de utilizar estos fertilizantes es la rapidez con la que la planta los absorbe, se aconseja dividir el requerimiento total en dos aplicaciones, una aplicación a la semana (7 días) de salido el ganado y el resto en la época de crecimiento activo (dos semanas, 14 días) época de crecimiento activo. Existen productos comerciales, que incluyen micro elementos quelatados, reguladores de crecimiento y aditivos que evitan la evaporación con lo cual se asegura una mejor respuesta de la planta (ej: Agronitrógeno, Nitrogrow, etc). La aplicación foliar es más económica y evita los problemas de fertilización al suelo como: lixiviación, fijación, antagonismos. Más adelante se indican dos alternativas más de fertilización foliar.

RECOMENDACIONES

El uso de fertilizantes nitrogenados es una opción estratégica para producir alimento extra cuando los requerimientos de los animales exceden al crecimiento “normal” de la pastura, si queremos aumentar el número de animales por hectárea, debemos también poner más N, la respuesta de kg/MS por kg/N aplicado en clima frío varía aproximadamente de 15-30 kg/MS por kg de N aplicado, más exactamente, con urea 12:1, con sulfato de amonio 22:1 y con nitrato de amonio 16:1. En clima tropical la relación es 32:1.

Paladines, citando a Morejón (1993), dice que “el raigrás perenne var. Marathon responde particularmente bien a la aplicación de fertilizante nitrogenado, habiéndose registrado en la zona de Machachi hasta 30 kg de MS de raigrás por cada kg de N aplicado”.

Buitrón (2000), citado por Paladines, estudió la respuesta del raigrás perenne var. Marathon a la aplicación de N en la zona de Píntag, encontrando respuesta lineal hasta 600 kg de N/ha/año aplicado, con una producción promedio de 21 kg de MS por kg de N aplicado.

Carrera y León (2011) investigaron la “Fertilización del kikuyo con tres fuentes nitrogenadas, dos sólidas y una líquida, en tres niveles y dos frecuencias” sobre la base de una enmienda y fertilización completa, en la parroquia Rumipamba del Cantón Rumiñahui (Sangolquí) a 2 740 msnm y encontraron las siguientes respuestas: con urea 26,71 kg/MS/kg de N, con sulfato de amonio 33,18 kg/MS/kg de N y con Agronitrógeno (fertilizante líquido con fitohormonas) 42,98 kg/ MS/kg de N, la fertilización foliar además es mucho más económica. “Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de los fertilizantes a los 7 días después del corte”. Si se desea utilizar fertilizantes sólidos se recomienda utilizar, urea 77,71 kg/ha/corte, equivalente a 250 kg/ha/año”.

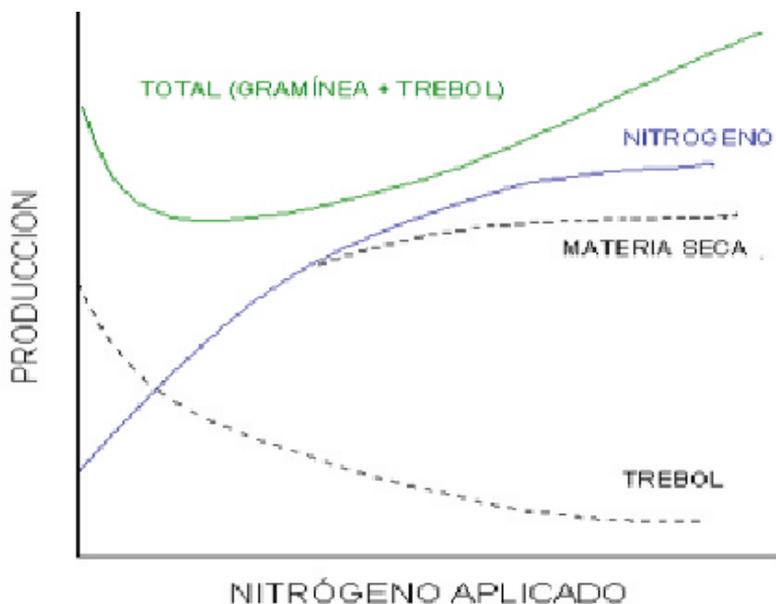
Mena y León (2011) en la “Evaluación del efecto de Agronitrógeno y Ecotróton 40 con urea, en potreros de pastos mejorados, en el sector de Machachi” a 3 500 msnm se estableció que la fertilización nitrogenada incrementó el contenido de materia seca de la mezcla forrajera obteniéndose producciones de 2 980 kg de MS/ha/corte, mejoró (disminuyó) la fibra detergente neutra (FDN) de un promedio de 53% del testigo a un promedio de 47,22% e incrementó el potencial de producción de leche calculado con base en la energía metabolizable (EM) de 12 L/día a 17,37 L/día.

Ochoa, Vega, y León (1998) demostraron que bajo las condiciones del IASA, el raigrás Nui diploide, con la adición de 23 kg de N (un saco de urea) después de cada pastoreo logró un incremento de la capacidad receptiva del potrero en 1,5 unidades bovinas adultas por hectárea (5,4 t/MS/ha/año).

En leguminosas, la aplicación de N posterior al período de siembra no es necesaria y más aún es contraproducente debido al efecto inhibitorio que el N nítrico y el N amoniacal tienen sobre la nodulación, en consecuencia altas dosis de N reducirán rápidamente la población de trébol. Sin embargo, cantidades pequeñas pueden propiciar una mayor eficiencia de fijación, debido al aumento del vigor en las plantas al iniciarse la nodulación.

En efecto Teuber y Dumont (1996) indican que el uso del nitrógeno incrementa la población de macollos de raigrás en un 15% y el rendimiento anual de la pradera mixta en un 50%; la cantidad de materia seca total del potrero es mayor por la respuesta de las gramíneas frente a este elemento, sin embargo, la aplicación de N reduce la población de trébol en al menos 65%.

Figura 6.3
Efecto del nitrógeno en la producción de forraje



Fuente: Teuber, Dumont 1996

El INIAP (1977) determinó:

La producción de materia seca por hectárea y capacidad de carga de dos fuentes de pastoreo. Los tratamientos aplicados fueron: N1, 100 kg de N por hectárea/año; N2, 400 kg de N por hectárea/año; N3, 700 kg de N por hectárea/año. Se usaron 3 vacas mestizas Holstein con peso promedio de 447 kg. Según los resultados, la más alta producción de leche se obtuvo en el tratamiento N2, 400 kg/ha/año; en cuanto a la producción de materia seca, es menor la comparación con el tratamiento N° 3, donde se obtuvo el más alto rendimiento y mayor número de díasvaca (pp. 41-42).

Paladines citando a Regalado (2001) indica que:

Todos los materiales provenientes de los países de los cuales se obtiene semilla (de pastos mejorados) han sido desarrollados para responder altos niveles de fertilización, por lo que estas variedades no tendrán un buen comportamiento productivo ni sanitario si la fertilización no es suficiente para que ellos demuestren todo su potencial productivo. Las especies europeas en particular son seleccionadas para responder altos niveles de N, considerando que en paí-

ses como Holanda y el Reino Unido los niveles usados en promedio sobrepasan los 400 kg de N/ha/año (p. 45)

Holmes (2005) dice que en Nueva Zelanda se aplican 100 a 120 kg/h/año. Debiendo aclararse que los neozelandeses, utilizan como primera fuente el N fijado por las leguminosas (estimación aproximada de 180-200 kg/ha/año), por lo tanto el N químico es un complemento con el cual finalmente se llega a aproximadamente 300 kg/ha/año.

En lo que a pastos tropicales se refiere, Sangakkara (1988) observó en pasto guinea que la aplicación de N aumentó el número de tallos, y que este incremento fue mayor al aumentar el nivel de N hasta 150 kg/ha. Así mismo, Hacker (1994) en estudios con cultivares de *S. sphacelata*, observó que el número de tallos basales/ m², incrementó con la aplicación de N; la fertilización con 50 kg/ha de N incrementó en 54% el número de tallos, en comparación con el testigo.

Gagliostro (2011) indica que:

La fertilización con urea genera un forraje nutricionalmente más desbalanceado al aumentar significativamente el contenido de proteína total y soluble y disminuir el contenido de carbohidratos solubles (azúcares). Esta situación puede acentuar eventuales desbalances energía/proteína en rumen. En tales casos de verdeo fertilizado con nitrógeno, la suplementación energética aumentó en un 17% la ganancia de peso en novillos. Resulta interesante observar que en ausencia de suplementación energética, el verdeo no fertilizado con un mejor equilibrio entre proteína y carbohidratos solubles, produce ganancias de peso superiores al cultivo fertilizado (p.57)

En vacas lecheras, una metodología para controlar el balance energía/proteína es determinar el valor de MUN en leche (Milk Urea Nitrogen), el valor práctico recomendable está por debajo de 15 mg/d L para optimizar producción y reproducción de los animales y, el uso del nitrógeno en el campo (Bonifaz y Gutiérrez, 2015).

Altas concentraciones de N en el sistema pueden producir intoxicación por nitritos y nitratos, desbalances con la energía y problemas de preñez, en estos casos, se debe ampliar un poco el descanso de los potreros, monitorear el balance energía/proteína (pruebas de MUN o de BUN) y aumentar la suplementación energética al ganado (melaza o maíz).

Resumiendo resultados experimentales y recomendaciones de varios autores (INIAP, 1970, Paladines, 2007, y Holmes, 2005), el nitrógeno puede utilizarse estratégicamente en base de los criterios indicados en la Tabla 6.19.

Tabla 6.19
Uso estratégico del Nitrógeno

Espece	Uso del potrero	Carga	Cantidad de N	Observaciones
Mezcla forrajera con 25-30% de leguminosas	Pastoreo	2-2,5 UB/ha	46 kg/ha a la salida del invierno para regular la producción de hierba en la estación seca.	La fijación de N por las leguminosas, las excretas, la orina del ganado y la mineralización de la MO son la principal fuente de N para el suelo (180-200 kg/N/ha/año).
Pastura con bajo porcentaje o sin leguminosas	Pastoreo	2-2,5 UB/ha	23 kg/ha/después de cada pastoreo (200-230 kg/N/ha/año) para compensar la falta de fijación de las leguminosas.	
Mezcla forrajera con 25-30% de leguminosas	Pastoreo	3 UB/ha	23 kg/ha cada dos pastoreos. (150 kg/N/ha/año)	La aplicación del N químico, reducirá la población de leguminosas pero incrementará la población de macollos de las gramíneas.
Mezcla forrajera de pastoreo	Pastoreo	4-5 UB/ha	46 kg/ha/después de cada pastoreo. (400 kg/N/ha/año).	
Mezcla forrajera	Corte		23-46 kg/N/ha en función de la población de leguminosas.	Para compensar la falta de retorno de las heces y la orina al potrero.
<p>Importante: No se debe pretender aumentar la producción de forraje solamente con nitrógeno. Los niveles de fertilización nitrogenada deben ser el complemento de niveles de fertilización completa y balanceada, caso contrario estaríamos provocando empobrecimiento en el suelo de los otros nutrientes y un desbalance en la composición nutritiva del pasto. Mientras más completa sea la fertilización, mejor será la respuesta productiva de los pastos y el efecto nutricional en los animales.</p>				

Elaboración: León, R.

Fósforo (P)

CONTENIDO EN LA PLANTA

El contenido de fósforo en la planta varía de < 0,21% bajo, 0,325% medio y > 0,44% alto.

CONTENIDO EN EL SUELO

En el suelo se considera contenido < 10 ppm bajo, 10 – 20 ppm y > 21 ppm alto.

ROL DE FÓSFORO

El P es la fuente principal de energía como parte de la molécula de ADP, ATP. Forma parte de las nucleoproteínas, lipoides y fosfolípidos. Desempeña un importante papel metabólico en la respiración, fotosíntesis y en la división y crecimiento celular. El fósforo favorece el rápido desarrollo del sistema radicular y de la planta, la fecundación de las flores, la formación y maduración de los frutos, de los granos y de los órganos de reserva por lo que adelanta la cosecha. El P combinado con el Ca, aumenta el contenido de triftófano en las especies gramíneas.

Se encuentra en el suelo en forma inorgánica en solución y, en la materia orgánica.

La planta absorbe el fósforo, principalmente bajo la forma $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} según el pH del suelo, el primero en medio ácido y el segundo en medio alcalino.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA:

Al igual que el nitrógeno, el P es un elemento de gran movilidad dentro de la planta, de ahí que en condiciones de deficiencia en el suelo, el P contenido en las partes o tejidos adultos de la planta se moviliza rápidamente a los tejidos nuevos o jóvenes, por tal motivo los síntomas de deficiencia, hojas un color violáceo, son visibles primero en las hojas viejas inferiores. Este color se debe a que la carencia de P favorece la acumulación de azúcares en las hojas lo cual a su vez favorece la síntesis de antocianinas (color púrpura). De acuerdo con el grado de deficiencia el crecimiento de la planta se retarda y disminuye la cosecha.

Uso

El fósforo es importante en el momento de la siembra para un buen desarrollo de la plántula ya que repercute en un buen desarrollo de las raíces. Por lo tanto, su aplicación debe hacerse cerca de la zona radicular para favorecer su rápida absorción, evitando de esa manera la pérdida del elemento por fijación. La fertilización fosfatada tiene un efecto residual por dos o tres años, en la producción de las pasturas.

La planta necesita en el desarrollo juvenil relativamente poco nitrógeno y por el contrario, mucho ácido fosfórico y potasa.

La respuesta de los potreros a la fertilización con P y N se manifiesta de la siguiente manera: una mayor disponibilidad de N favorece a las gramíneas sobre las leguminosas y, por el contrario, una mayor disponibilidad de P favorece a las leguminosas sobre las gramíneas.

En suelos ácidos ricos en hierro, aluminio, el P forma fosfatos de hierro y fosfatos de aluminio; en suelos ricos en calcio forma fosfatos de calcio, formas no asimilables por las plantas. Del fósforo aplicado al suelo la recuperación es solo un 20% (Paladines, 2003), menciona que “hay indicativos que los suelos vírgenes del páramo del Ángel, pueden fijar hasta 90% del P que se aplica como fertilizante”. Según Vera (2003) del P aplicado al suelo en la sierra se recupera el 10% (eficiencia 10-20%) y en la costa el 30%.

En los suelos volcánicos de alta retención de fósforo de Nueva Zelanda, se ha demostrado que se requieren 20,3 kg de P_2O_5 (8.86 kg de P x 2.29 = 20.3 kg de P_2O_5) para elevar en un ppm el contenido de P del suelo. También el Laboratorio de Pastos de la FCA-UC en colaboración con AGSO, encontró que en suelos de alta retención de P (sobre 3000 msnm) de la Sierra Centro Norte del Ecuador se requería 22.9 kg de P_2O_5 para elevar en un ppm el contenido de P. Paladines, O, indica que las cifras (20.3 y 22.9) son para propósitos prácticos, iguales en los dos suelos.

En relación con la producción de materia seca, Paladines, O. (2007), señala que 1 kg de P puro (2,29 kg/ P_2O_5), produce un incremento 40-50 kg/MS, hasta un total de 20-30 kg P puro/ha, recordando que la relación de producción fertilizante / materia seca depende de la textura del suelo (capacidad de intercambio catiónico) y a la capacidad de fijación de P como consecuencia del pH y la presencia de Al, Fe, Mn.

Siendo el P un elemento poco disponible para la planta ya que las distintas condiciones físicas y químicas del suelo lo mantienen fijado de tal manera que se afecta su solubilidad, se debe tener en cuenta sobre todo la reacción del suelo pues de ella dependerá la disponibilidad de este elemento, por lo tanto en suelos ácidos antes de fertilizar con P, primero se debe encalar buscando tener un pH alrededor de 5,8-6,5. (También es importante la aplicación de S como sulfatos para eliminar el Al y el Fe, que inmovilizan el P).

La movilidad del P en el suelo es mínima, se considera que este elemento se moviliza en la sierra, 1 cm por año.

La deficiencia de P es quizá el factor que más limita la producción de leguminosas, tanto en leguminosas tropicales como de zona templada (INPOFOS, 2003).

El humus y otros materiales orgánicos constituyen reserva de fósforo que por mineralización, puede pasar a la forma inorgánica y ser más asequible para la planta.

Ligeras dosis superficiales fraccionadas producen en general más efecto que fuertes dosis a intervalos poco frecuentes.

FUENTES DE FÓSFORO

El superfosfato triple, es un fertilizante neutro por lo tanto no tiene efecto sobre el pH del suelo. El DAP, es muy utilizado por combinar una apreciable cantidad de N con alto contenido de P, lo cual minimiza costos de transporte, almacenamiento y manejo.

De las rocas fosfóricas, la mejor fuente probablemente sea la roca fosfórica Sechura de origen sedimentario marino, considerado como fosfato blando de pH neutro, debido entre muchas ventajas a que tiene una lenta disolución por lo que en suelos con pH menor a 5,5 el fósforo no es bloqueado por los altos contenidos de hierro o aluminio y, puede ser aplicada una sola vez al año.

Las rocas fosfóricas provenientes de minas (Huila en Colombia y Napo en Ecuador) tienen el P en forma de fosfato tricálcico, este compuesto es insoluble en agua, por lo que se debe tener en cuenta su acción lenta, los resultados se empiezan a visualizar a partir de los tres meses de aplicación (Ramón, S. y otros, 2012). Para hacer al P utilizable por las plantas, estas rocas deben acidularse con ácido sulfúrico, nítrico, fosfórico, etc., lo cual encarece al producto final. Las rocas parcialmente aciduladas ya no pueden ser utilizadas por los agricultores-ganaderos ecológicos.

Tabla 6.20
Principales fuentes de fósforo utilizadas en pastos

Fuentes	Concentración
Superfosfato simple	P ₂ O ₅ 20%, S 14%, CaO 20%.
Superfosfato triple Ca(H ₂ PO ₄) ₂	P ₂ O ₅ 46%, CaO 13%.
DAP (NH ₄) ₂ HPO ₄	P ₂ O ₅ 46%, N 18%
Roca fosfórica	P ₂ O ₅ 22-30%, Ca 45%, Mg 0,6%, S 4.4%, Na 1,4%

Elaboración: León, R.

RECOMENDACIONES

Como ya se manifestó anteriormente, en los suelos volcánicos de alta retención de fósforo, se requieren 20,3 kg de P_2O_5 (8,86 kg de P) para elevar en un ppm el contenido de P del suelo.

Para mantenimiento de potreros de la sierra con carga animal media (2,5 UB/ha) el INIAP recomienda aplicar 75-80 kg/ P_2O_5 /ha/año, dividiendo 50% cada 6 meses, durante la época de lluvias.

En Nueva Zelanda, Holmes (2005) indica que comúnmente se aplican 40-60 kg/P puro/ha/año, esto equivale a 92-138 kg/ P_2O_5 /ha/año, respectivamente.

En Colombia, (Bernal, 2003) indica que para raigrás los mejores niveles de P_2O_5 , de acuerdo a las necesidades de producción (carga animal) son: 46 kg para carga baja, 69 kg para carga media y 138 kg para carga alta.

Potasio (K)

CONTENIDO EN LA PLANTA

El potasio varía del 0,2-5% del peso seco de la planta, los rangos son < 1,96% deficiente, 2-3,8% medio y > 4% alto. R.J. Hill Laboratories indica que las mezclas de raigrases y tréboles necesitan típicamente 2,5 - 3,5%.

CONTENIDO EN EL SUELO

En el suelo los niveles son: < 0,2 meq/100 ml bajo, 0,20-0,38 meq/100 medio y > 0,4 meq/100ml alto.

ROL DEL POTASIO

Es vital para la activación de 60 sistemas enzimáticos, INPOFOS, (2003), transporte de agua y nutrientes, mantenimiento de la turgencia, síntesis de ATP, formación y translación de azúcares y almidón, síntesis de proteínas, cierre y apertura estomática (regulación de agua en la planta) y la neutralización de los ácidos orgánicos. El potasio además, mejora la utilización de la luz en períodos fríos y nublados, la resistencia a las heladas, a la sequía y al ataque de los parásitos.

Una abundante absorción de iones de K^+ , eleva la capacidad del plasma para retener el agua, y con ello la presión osmótica de las células, esto se traduce en un descenso del punto de congelación lo que permite a la planta resistir a las heladas.

El potasio debido a las propiedades químicas coloidales específicas, regula el movimiento de agua en la planta, hace más resistentes a los coloides celulares frente a procesos que disminuyen la turgencia, esta propiedad específica influye positivamente sobre la resistencia a la sequía.

El potasio influye también, sobre la capacidad de resistencia de la planta contra los parásitos y las enfermedades, debido a un efecto protector fitoterapéutico, especialmente contra el ataque de la roya y oídio, sobre todo bajo influencia de la abonadura combinada con fósforo. Cuando falta potasio, se produce una elevación el contenido de nitrógeno y con ello es posible un ataque secundario de roya. Una abundante abonadura con fósforo y potasio, aumenta la resistencia indirecta a los trips y moscas, debido al desarrollo precoz y vigoroso de los tallos.

La planta toma el potasio en forma de ión K^+ , del K aplicado al suelo algo se pierde por lixiviación; la mayor parte es inmovilizado directamente por el suelo, aunque luego es liberado y lentamente disponible por la planta; y otra parte está presente en la solución del suelo y en la fracción intercambiable y es fácilmente disponible para la planta.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

El K, al igual que el N y el P, es muy móvil dentro de la planta; así en condiciones de deficiencia puede translocarse rápidamente de tejidos viejos hacia los más nuevos o jóvenes; las hojas viejas se secan prematuramente a partir de los bordes.

Uso

Los suelos de la sierra en general son ricos en K, sin embargo en algunas zonas la fertilización con este elemento da un aumento en el rendimiento. Cuando hay un exceso de potasio las plantas absorben más de lo que necesitan (consumo de lujo), en este caso, el exceso de potasio altera el balance mineral de calcio, magnesio y sodio en la sangre animal, hasta llegar a niveles peligrosos.

FUENTES

El muriato de potasio es el material más utilizado por la alta concentración de elemento puro. El sulpomag además de K suministra Mg y S, elementos fundamentales para la pastura. Si el suelo es pobre en potasio y se requiere aplicar continuamente este elemento, lo aconsejable es alternar los dos fertilizantes.

Tabla 6.21
Principales fuentes de potasio utilizadas en pastos

Fuentes	Concentración
Muriato de potasio (ClK)	K ₂ O 60%. + Cl 40%
Sulfato de potasio (SO ₄ K ₂)	K ₂ O 50% + S 18%
Sulfato de potasio y magnesio (K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄)	K ₂ O 26% + MgO 12% + S 18%.
Nitrato de potasio (NO ₃ K)	N 13,5% + K ₂ O 45%

Elaboración: León, R.

RECOMENDACIONES

Un mes antes de que terminen las lluvias, se recomienda poner 60 kg/ K₂O/ha (recomendación de INIAP para suelos “medios”) para dar resistencia al pasto a la época seca.

En Colombia, Bernal (2007) indica que los mejores niveles de fertilización son: 30, 60 y 120 kg/ha/K₂O, según las necesidades de producción de materia seca (carga animal).

Azufre (S)

CONTENIDO EN LA PLANTA

Si el contenido en la materia seca es 0,25% el rango es bajo, 0,4% medio y es > 0,54% alto.

CONTENIDO EN EL SUELO

En el suelo los niveles son < 12 ppm bajo, 12-24 ppm medio y > 24 ppm alto.

ROL DEL AZUFRE

El azufre forma parte de los aminoácidos (cistina, cisteína y metionina), proteínas, coenzima A y de ciertas vitaminas (biotina, tiamina). Las plantas que tienen mayor contenido de N, necesitan más azufre para la formación de proteína. Existe una relación directa con el K, ya que las plantas que tienen S presentan mayor contenido de K en el tejido. El S es inmóvil dentro de la planta y absorbido del suelo como anión sulfato (SO₄⁻²) (INPOFOS, 2003).

Promueve la nodulación en leguminosas, ayuda a la producción de semillas, mejora el ambiente radicular.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Los síntomas de deficiencia de S son similares a los del N, presentando la misma clorosis en los tejidos. Sin embargo el S por ser un elemento inmóvil, los síntomas se presentan primero en las hojas jóvenes. En el caso del N, elemento móvil, los síntomas se presentan en las hojas viejas.

Las deficiencias de S y P aparecen frecuentemente en suelos tropicales, debido al bajo contenido de materia orgánica y a la alta fijación de P, condiciones que ocurren simultáneamente en muchos suelos tropicales. INPOFOS, 2003. En términos generales el S es bajo en suelos volcánicos.

Uso

El INIAP (1995) encontró que existe una respuesta significativa cuando se aplica fósforo y azufre en combinación. Esto se debe a que el P al ser aplicado al suelo forma fosfatos de Fe, Al o Mn formas no aprovechables por la planta; pero por otra parte el S aplicado como sulfato, reemplaza al fosfato formando sulfatos de Fe, Al, Mn dejando disponible al fósforo para las plantas y mejorando el ambiente radicular.

FUENTES

En la mayoría de los suelos cultivados, el azufre se encuentra en forma orgánica, como componente de las proteínas, y es asimilado por la planta cuando la materia orgánica retorna al suelo, se descompone y mineraliza; esta es la fuente principal en regiones húmedas. En regiones áridas se le encuentra en forma de sulfato de calcio, magnesio, sodio y potasio.

Otra fuente de S es la atmósfera, especialmente en áreas próximas a centros industriales que utilizan productos que contienen este elemento y eliminan a la atmósfera anhídrido sulfuroso (SO_2). La mayor parte es llevada a la tierra por el agua de lluvia.

Tabla 6.22
Principales fuentes de azufre utilizadas en pastos

Fuentes	Concentración
Sulfato de calcio (yeso) (SO_4Ca)	S 19% + Ca 33%
Sulfato de magnesio (SO_4Mg)	S 13% + MgO12%
Flor de azufre	S 85%

Elaboración: León, R.

Como ya se explicó en enmiendas, el yeso es un material utilizado como enmienda debido a su capacidad de neutralizar al Al^{3+} a profundidades a las cuales no llega la acción de la cal y a que no emite CO_2 a la atmósfera; este material no incrementa el pH. El yeso es buen complemento al encalado en suelos ácidos. La aplicación conjunta del yeso y cal ayuda a reducir los problemas de acidez en el subsuelo, en un período de tiempo menor al que se logra con la aplicación exclusiva de cal. Normalmente, la proporción de la mezcla es de 70 a 75% de cal y 25 a 30% de yeso, esto permite la aplicación de dos enmiendas en una sola operación. También se puede incluir materiales como roca fosfórica y silicatos para hacer enmiendas más completas (Londoño, 2000).

También se debe tener en cuenta que algunos fertilizantes como el superfosfato simple contienen sulfato como impureza.

Si se utiliza Flor de azufre (azufre molido), es necesario recordar que necesita aproximadamente 6 meses para oxidarse con la ayuda de los *Thiobacillus thiooxidans* y pasar a ácido sulfúrico y luego a sulfato.

RECOMENDACIONES

El mejor nivel de S como ya se indicó, es 40 kg por ha/año, se aplica dividido en dos partes, junto con el fósforo.

Sobre el empleo de yeso en pastos, Guerra y León (2000) indican que el contenido de fósforo en la planta es directamente proporcional a los niveles de sulfato de calcio, y que a medida de que aumenta los niveles de yeso los promedios de leguminosas en el potrero se incrementan.

Calcio (Ca)

Ver también Calcio en enmiendas.

CONTENIDO EN LA PLANTA

Se considera que el forraje es deficiente en Ca cuando presenta una concentración menor al 0,24%, medio 0,51% y, alto cuando es superior al 0,77%. De manera más específica, en gramíneas el contenido normal en la materia seca oscila entre 0,3-1% y en leguminosas entre 0,60-2,5%.

CONTENIDO EN EL SUELO

En suelos de la sierra, se considera < 1 meq/100ml, es bajo; de 1-3 meq/100 ml medio y >3 meq/100 ml/100 ml alto.

ROL DEL CALCIO

El calcio es considerado como un corrector de la acidez y por lo tanto de la estructura del suelo, es un elemento constituyente de los tejidos principalmente de las hojas, forma parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca. Es necesario para el desarrollo de los meristemos apicales y su ausencia no permite la división mitótica. Es cofactor de algunas enzimas (INPOFOS, 2003).

El calcio es un elemento utilizado por las leguminosas, promueve su desarrollo radicular y la nodulación, así como la fijación de nitrógeno por simbiosis. También las gramíneas se favorecen con la corrección de la acidez, en particular el kikuyo, el pangola y el pasto elefante.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Siendo el calcio poco móvil en la planta, en condiciones de deficiencia no se trasloca de los tejidos maduros a los tejidos en crecimiento, por lo tanto disminuye la actividad y crecimiento de las yemas terminales y afecta el normal crecimiento de la parte aérea (hojas jóvenes) y de las raíces. Los puntos de crecimiento se dañan o mueren y se produce la pudrición en las flores o frutos en desarrollo.

Uso

El calcio se encuentra en el suelo como elemento de intercambio, es decir absorbido en las micelas del complejo del suelo; es tomado por la planta en su forma catiónica Ca^{++} , se encuentra sujeto a pérdidas en el suelo por la absorción de las plantas y por lavado así, un cultivo de alfalfa que produce 5 toneladas, extrae alrededor de 90 kg de calcio, lo que equivale alrededor de 230 kg de piedra caliza.

A pesar de ser un elemento esencial para la planta y los animales, la industria de fertilizantes le considera como secundario, puesto que forma parte de los fertilizantes preparados como fuente de algún otro elemento, especialmente nitrógeno o fósforo, de esta manera el calcio es frecuentemente reabastecido al suelo.

La aplicación del calcio, también aumenta la disponibilidad del fósforo y del boro.

FUENTES

Tabla 6.23
Principales fuentes de calcio utilizadas en pastos

Fuentes	Concentración
Piedra caliza (CaCO_3)	Ca 50%
Cal dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)	Ca 57% + Mg 11,6%
Cal viva, cal quemada (CaO)	Ca 80%
Cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Ca 60% (hidróxido cálcico)
Roca fosfórica (fosfato tricálcico)	Ca 45%, P 30%

Elaboración: León, R.

RECOMENDACIONES

El encalamiento generalmente se debe hacer con materiales que contengan tanto calcio como magnesio, del tipo de cal dolomita, para mantener en el suelo una reacción calcio-magnesio que oscile entre 2:1 y 4:1, que es la adecuada para el normal desarrollo de las leguminosas.

Fuente de Ca también es el yeso, pero en este caso el Ca sirve como nutriente y no como neutralizante de pH.

La cantidad necesaria de cal para subir un grado de pH en el suelo, depende de la capacidad tampón del suelo (con que fuerza el suelo resiste al cambio de pH) y esto depende de la cantidad y tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica, los suelos arcillosos requieren de mayor cantidad de cal que los arenosos; en términos muy generales podemos decir que puede variar desde 1 a 4 t/ha, ver Cuadros 6.1 y 6.2 en Enmiendas. No es necesario encalar hasta cerca de la neutralidad en suelos altamente meteorizados de los trópicos (Ultisoles y Oxisoles dominados por caolinita y óxidos e hidróxidos de Al y Fe), así por ejemplo la toxicidad del Al puede corregirse solamente subiendo el pH de 5-5,3 a 5,5-6,0. En suelos de páramo, derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), la alta capacidad tampón de las arcillas producto de la meteorización de las cenizas volcánicas (lo cual depende del clima y altitud) complican la evaluación de los requerimientos de cal; para recomendar con precisión necesariamente se debe solicitar la ayuda de un laboratorio de suelos.

Desde el punto de vista sanitario, la aplicación de la cal tiene un efecto antiséptico y ayuda a controlar muchos patógenos del suelo, sobre todo *Clostridium* sp.

Los suelos arenosos de regiones secas como Huachi en Tungurahua o Salinas en Imbabura, tienen pH elevados alrededor de 8, y además en el caso de Tungurahua el agua tiene también más calcio.

Un exceso de calcio en el suelo puede bloquear la absorción de micronutrientes por la planta (Fe, Mn, Cu, B, Zn), se dificulta la fotosíntesis y la planta pierde vigor; los animales que consumen este forraje pueden sufrir de carencias de estos elementos.

Por el contrario los suelos deficientes en Ca son ácidos, de tal manera que la deficiencia de Ca frecuentemente va acompañada de niveles tóxicos de Al y Mn, condición que inhibe el crecimiento radicular.

Como ya se mencionó en Enmiendas, en combinación la cal y el yeso, lo menos que se debe aplicar para obtener respuestas productivas, es: 7 sacos (50 kg) de cal más 3 sacos de yeso por hectárea.

En relación con la acidez provocada por los fertilizantes nitrogenados, Bernal, J, 2007, indica que se requieren 80 kg de cal agrícola para neutralizar el residuo ácido dejado por 100 kg de urea y 110 kg de cal agrícola para neutralizar el residuo ácido dejado por 1100 kg de sulfato de amonio.

Magnesio (Mg)

CONTENIDO EN LA PLANTA

En pastos se considera que las plantas son deficientes cuando el contenido es menor de 0,26% de la materia seca, medio 0,34% y alto cuando la concentración mayor a 0,42%.

CONTENIDO EN EL SUELO

En el suelo los niveles son: bajo < 0,33 meq/100 ml, medio 0,33-medio 0,66 meq/100 ml y alto > 0,66 meq/100 ml.

ROL DE MAGNESIO

El magnesio constituye el núcleo de la molécula de la clorofila, el pigmento verde que es factor indispensable en la función de la fotosíntesis y por tanto de la síntesis de carbohidratos; propicia la formación de aceites y grasas. Actúa como transportador de fósforo. Este elemento cumple también la función de integrante de las enzimas. Es un elemento esencial para los animales y el forraje es la mejor fuente de suministro.

Es un elemento móvil dentro de la planta, es absorbido del suelo como catión Mg^{2+} , y es antagónico con el K, Ca y Na. (INPOFOS, 2003).

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

La deficiencia de magnesio se detecta por marcada clorosis comenzando en las partes viejas de la parte aérea, debido a que siendo un elemento móvil en la planta, se traslada rápidamente a las partes nuevas.

La deficiencia de magnesio se supera con la aplicación de piedra caliza dolomítica cuando se hace el encalado. Si no es necesario hacer encalado, se recurre a la aplicación del sulfato de potasio y magnesio (sulpomag).

Con relación a la nodulación se ha encontrado que el magnesio es requerido en mayores cantidades que el calcio por los rizobios para la óptima nodulación (Singlenton, 1985).

RECOMENDACIONES

Como se indicó en el azufre, si se aplica 40 kg/S/ha/año utilizando como materia prima sulpomag, estaríamos aplicando 20 kg/Mg/ha/año, lo que en la práctica es un buen nivel.

Las leguminosas responden muy bien a las aplicaciones de magnesio.

Microelementos

Los microelementos son generalmente requeridos por varios sistemas de enzimas de plantas y animales o en la actividad nerviosa de los animales. Se encuentran en el suelo en pequeñas cantidades. Para la nutrición de los vegetales pueden no estar disponibles, debido a condiciones de suelo que no permiten su directa utilización (pH, materia orgánica, humedad, porosidad, textura, etc.) así, una excesiva alcalinidad o acidez de un suelo puede causar deficiencias. Por el contrario, en zonas tropicales el Al, Fe y Mn frecuentemente se encuentra en niveles tóxicos.

Los elementos menores no son móviles y una vez que son depositados en un órgano, permanecen allí hasta cuando termina su crecimiento vegetativo. Por consiguiente, si el suministro de este elemento es deficiente mientras la planta está en período de crecimiento, las partes jóvenes contendrán menor cantidad que las partes adultas o viejas. Esto significa que el análisis de la planta, en general, puede mostrar una concentración razonable, mientras que el análisis de las partes jóvenes o nuevas solamente mostrará concentraciones deficientes.

Los elementos menores son más indispensables para las leguminosas que para las gramíneas.

Boro (B)

CONTENIDO EN LAS PLANTAS

Para la mayor parte de los pastos se considera alto un contenido sobre 30 ppm. y deficiente cuando está debajo de 10 ppm., sin embargo algunas gramíneas pueden producir aceptablemente con contenidos de 4 ppm. Por el contrario, las leguminosas requieren contenidos mucho más altos, en alfalfa se reporta niveles mínimos y máximos de 20-70 ppm (INPOFOS, 2003).

CONTENIDO EN EL SUELO

En el suelo < 1 ppm es bajo, entre 1 – 2 es medio y, > de 2 es alto.

ROL DEL BORO

Importante en el metabolismo del N y translocación de carbohidratos. El B al igual que el Ca, está involucrado en la formación de la pared celular (yemas, flores y germinación y crecimiento del tubo polínico). Influye en la absorción de macro y micronutrientes y está muy asociado con el metabolismo del P, Mg y Ca. La deficiencia de B afecta severamente las flores y los frutos. En el cultivo de leguminosas y en la alfalfa en particular, contribuye en el aumento del triftofano uno de los aminoácidos más favorables de la hormona del crecimiento de las plantas, aumentado con ello no sólo su rendimiento, sino también la calidad biológica del forraje (Juscafresa, 1994). El boro es requerido en mayor proporción para la fijación de nitrógeno que para el propio crecimiento de la planta hospedadora. En ausencia de boro se afecta el tejido nodular y se han reportado casos de solamente 10% de la nodulación normal en suelos deficientes (Bernal, 1994).

La mayor parte del boro disponible para la planta se encuentra en la fracción orgánica, siendo liberado al descomponerse la materia orgánica. Parte es retenida por la planta, parte se lixivia y otra parte es retenida en la fracción coloidal del suelo. Son deficientes en boro los suelos calizos ya que forma con el calcio, sales insolubles. Los límites entre deficiencia y toxicidad para la planta no son muy grandes, por lo tanto el B debe ser utilizado muy cuidadosamente.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Los síntomas de deficiencia provocan deformación y muerte de los puntos de crecimiento. Las hojas aparecen enrolladas, los tallos ásperos y se rajan con frecuencia. La falta de boro afecta severamente la floración y los frutos no cuajan. Las raíces de las plantas deficientes en B sufren mucho y las infecciones bacteriales son con frecuencia una consecuencia secundaria de la deficiencia.

Uso

El B es absorbido del suelo como ion H_3BO_3 y $B(OH)_4$. Se considera que el B es inmóvil dentro de la planta.

FUENTES

Bórax (boro al 11,3%).

RECOMENDACIONES

Si hay deficiencia de B, aplicar 1-3 kg de B puro/ha, equivalente a 10-20 kg/ha de borax, dividido en dos partes, junto con la fertilización nitrogenada.

La alfalfa es un cultivo muy sensible a la falta de este elemento, junto con la remolacha, frutales, coliflor y brócoli. Frecuentemente la respuesta a la aplicación de boro está correlacionada con la presencia de molibdeno y calcio. Las leguminosas varían mucho en sus requerimientos de boro; mientras la mayor parte de ellas responden muy bien a aplicaciones entre 8 y 10 kg/ha/año de bórax, la alfalfa requiere aplicaciones entre 15 y 30 kg/ha/año, dependiendo del contenido de boro nativo en el suelo (Lora, 1994).

No siempre hay deficiencia, en Tungurahua se pueden encontrar suelos con 3% de B, lo cual es un nivel muy alto, bordeando el nivel de toxicidad. Barragán, A. (2003).¹⁰

Cloro (Cl)

El cloro está involucrado en las reacciones energéticas de la planta, específicamente en la disolución química del agua (en presencia de luz solar) y activa varios sistemas enzimáticos. Está interrelacionado con elementos como el P, N y S. Contribuye al transporte de los iones como K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} ; y facilita el control de turgor, regulando la acción de las celdillas estomáticas de

¹⁰ Técnica de FERTISA. Comunicación personal.

protección, controlando la pérdida de agua y el estrés de humedad y mantenimiento de turgencia. Reduce el efecto de las enfermedades radiculares.

Utilizando en la fertilización de potreros, cloruro de potasio (KCl) que contiene 40% de cloro, se evita deficiencias de este elemento.

Cobalto (Co)

Aún no se ha probado que el cobalto sea esencial para las plantas superiores, pero las bacterias nodulares lo necesitan para fijar nitrógeno en las leguminosas. El cobalto es esencial para la fijación simbiótica del nitrógeno en las leguminosas (Raij, 1991).

En la fijación de nitrógeno por *Rhizobium*, el cobalto es parte constitutiva de la vitamina B-12 necesaria para la biosíntesis de la leghemoglobina (Malavolta, 1997). La adición de cobalto a soluciones nutritivas estimula la fijación de nitrógeno y el tamaño de los nódulos. La vitamina B-12 está presente en nódulos eficientes de color rosado hasta cuatro veces más que en nódulos blancos inefectivos.

La fertilización con cobalto puede ser hecha junto con los inoculantes de la semilla o con aspersiones con sulfato de cobalto (CoSO_4) en leguminosas. Las cantidades son del orden a 30 a 150 g/ha de cobalto (Loter, 1993).

Cobre (Cu)

CONTENIDO EN LA PLANTA

En el forraje se considera concentración baja cuando el contenido en la materia seca es inferior a 10 ppm y alto cuando esta cantidad es superior a 31 ppm.

ROL DEL COBRE

Aunque la función del Cu en el metabolismo de la planta no es muy conocida, parece jugar un papel muy importante en la formación de clorofila y en la producción de enzimas oxidantes.

Este elemento es inmóvil dentro de la planta, y es absorbido del suelo como ion Cu^{2+} . En las leguminosas deficiencias de cobre disminuye la nodulación y la fijación de nitrógeno. Al aumentar los niveles de cobre se aumenta el peso de los nódulos. Parece que las plantas hospedadoras compiten con los nódulos por este elemento (Bernal, 1994).

Uso

Es conocido que el cobre y el zinc tienen una influencia importante en fertilidad, crecimiento y desarrollo, respuesta inmune y otros factores.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Su deficiencia es predominante en suelos con altos contenidos de materia orgánica, es decir, que parece ser que es retenido fuertemente por la materia orgánica. La deficiencia se manifiesta con necrosis del ápice de las hojas jóvenes que progresa a lo largo del margen de las hojas, quedando enrolladas.

FUENTES

Sulfato de cobre (Cu al 25%).

RECOMENDACIONES

En el caso de deficiencia de Cu, se aplica 2-4 kg/ha, equivalente a 10 kg/ha de sulfato de cobre.

El Cu es antagónico con el Fe, Zn y Mn. La aplicación de Cu al suelo, tiene además, un efecto antiséptico y desinfectante, sobre los patógenos del suelo.

Hierro (Fe)

CONTENIDO EN LA PLANTA

Concentraciones en el forraje superiores a 360 ppm. se consideran altas, y bajas cuando son inferiores a 70 ppm.

ROL DEL HIERRO

Catalizador en la formación de la clorofila y reacciones enzimáticas; actúa como transportador de oxígeno, es constituyente de los pigmentos respiratorios conocidos como citocromos (porfirinas) (INPOFOS, 2003).

Uso

En los suelos del Ecuador, en zonas húmedas generalmente se encuentra en niveles tóxicos. Puede haber deficiencia en suelos con pH alto, o cuando se aplica dosis alta de cal, y con altos niveles de bicarbonato.

RECOMENDACIONES

Pueden solucionarse los casos de deficiencia, aplicando azufre elemental, que al oxidarse baja el pH del suelo y convierte al Fe no soluble en formas que las plantas pueden usar.

Manganeso (Mn)

CONTENIDO EN LA PLANTA

En forrajes, se considera un contenido alto sobre 290 ppm. y, contenido bajo inferior a 48 ppm.

ROL DEL MANGANESO

El Mn acelera la germinación y maduración de las plantas, incrementa la disponibilidad de P y Ca; además de participar en la constitución de enzimas y en la asimilación de carbono y en la síntesis de clorofila. Su ausencia afecta al metabolismo del N y de los carbohidratos.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

Debido a que no es un elemento móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes, como un amarillamiento entre las nervaduras. Las deficiencias son por alto contenido de materia orgánica y en suelos con pH alcalino; también de un desbalance con otros nutrientes como Ca, Mg y Fe. Es antagonístico con el Fe.

FUENTES

Para las deficiencias de manganeso, se puede utilizar el sulfato de manganeso (SO_4Mn) al 26-30,5%, 10 kg/ha.

RECOMENDACIONES

Un pH extremadamente ácido o por el contrario muy alto, puede provocar toxicidad de Mn, por lo que el pH debe mantenerse entre 6 y 6,5. En suelos ácidos los altos niveles de manganeso asimilable pueden causar síntomas de toxicidad en las leguminosas. La sintomatología se presenta con mayor frecuencia en leguminosas de zonas templadas que en leguminosas tropicales (Lotero, 1993).

Niveles altos de manganeso tienen un efecto adverso en la simbiosis más que a la planta mismo. El enclamiento ayuda a neutralizar esta toxicidad y niveles altos de fósforo favorecen la absorción de manganeso (Malavolta *et al.*, 1997).

Molibdeno (Mo)

CONTENIDO EN LA PLANTA

Las plantas requieren Mo en cantidades extremadamente bajas, generalmente preocupa más una toxicidad que la deficiencia. Los niveles de Mo en la materia seca son 0.5-20 ppm.

ROL DEL MOLIBDENO

Rol vital en el metabolismo de los fosfatos, en la síntesis y activación de la enzima nitrato-reductasa, que es la enzima encargada de reducir el nitrato a amonio dentro de la planta y, en la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico en las leguminosas. Es necesario para convertir el P inorgánico a la forma orgánica en la planta. El Mo afecta al metabolismo del Cu. Se hace disponible a medida que sube el pH del suelo.

Es nutriente inmóvil dentro de la planta y se absorbe del suelo como MoO_4^{2-}

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

La deficiencia se presenta como un amarillamiento y falta de crecimiento.

RECOMENDACIONES

La deficiencia de molibdeno se supera con aplicaciones de molibdato de amonio (54%) 1-2 kg/ha/año. El trébol, necesita aplicaciones de Mo.

Zinc (Zn)

CONTENIDO EN LA PLANTA

En pastos se considera bajo un contenido de Zn en la materia seca inferior a 26 ppm. y alto sobre los 70 ppm. En alfalfa el nivel de deficiencia es 15 ppm.

ROL DEL ZINC

En la planta es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas, participa en la formación de la clorofila y carbohidratos, de las hormonas (auxinas), ácidos nucleicos y aminoácidos (triptófano). Los suelos de textura fina contienen más Zn que los arenosos. Su deficiencia hace que las gramíneas tengan hojas pequeñas y un color amarillamiento claro o blanco en las etapas iniciales de crecimiento de la planta, afecta el desarrollo de entrenudos del tallo, formación de hojas y frutos.

Los suelos con altos contenidos de calcio y grandes cantidades de fósforo se ha encontrado que a medida que aumenta el pH del suelo, frecuentemente son deficientes en zinc.

El zinc es inmóvil dentro de la planta y se absorbe como Zn^{2+} (INPOFOS, 2003).

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

La deficiencia de zinc, se controla con la aplicación de sulfato de Zn (SO_4Zn) al 23-36%, 1-10 kg/ha, cada 3-4 años. (INPOFOS, 1987).

RECOMENDACIONES

Valdemar (1994) opina que con cantidades relativamente pequeñas entre 3 y 8 kg/ha/año, se corrigen la mayor parte de las deficiencias. Según Bertrán (1975, p. 33), dice que las deficiencias de Zn se pueden contrarrestar con pulverizaciones foliares de sulfato de Zn al 0,3%. La presencia de micorrizas en el suelo, ayuda a la planta a absorber este elemento.

Aluminio (Al)

En suelos ácidos se encuentran altas concentraciones de hierro y aluminio solubles especialmente en suelos con bajos contenidos de calcio.

Las aplicaciones de calcio y fósforo pueden neutralizar la toxicidad producida por estos elementos; las cantidades aplicadas deben ser mayores en leguminosas de zona templada que en leguminosas tropicales más tolerantes a acidez y altos niveles de hierro y aluminio (Bernal, 1994).

Niquel (Ni)

Se ha reportado que la función principal del Ni en la planta es participar como cofactor de la ureasa interviniendo de esta forma en el metabolismo del N al desdoblar la urea. En ausencia del Ni se puede presentar intoxicación de urea. No se conoce la concentración óptima de Ni requerida por las plantas, que pudiera ser menor que la de la MO (INPOFOS, 2003).

Fertilización foliar

La fertilización foliar se utiliza como complemento de la fertilización edáfica igual que en cualquier cultivo, es decir como ayuda para complemen-

tar, corregir o potenciar la fertilización al suelo; o durante la época seca, para aprovechar mejor el riego, evitando falta de solubilidad del P, o pérdidas por evaporación del N. Pueden prepararse mezclas con diferentes funciones. Una mezcla completa para incrementar el rendimiento es diluir en 200 l de agua: nitrato de amonio 4 kg, fertilizante foliar completo rico en fósforo (10-50-10) 1 kg, sulfato de potasio 2 kg, sulfato de magnesio 1 kg, ácido giberélico al 10% 10 gr, un producto humectante, adherente, emulsificante; de esta manera se aplican N, P, K, S, Mg, elementos menores y reguladores de crecimiento. Cuando inician las lluvias, se puede estimular la recuperación del sistema radical reemplazando el ácido giberélico por auxinas (AIA), citoquininas (CK), además de aminoácidos y silicato de K.

Si se prefiere la fertilización orgánica, puede utilizarse el biol, como se explicará más adelante.

Abonamiento orgánico

Luego del pastoreo quedan en el potrero, residuos vegetales vivos y muertos. A partir del residuo vivo rebrota el nuevo del pasto. El residuo vegetal muerto cae al suelo y se transforma en materia orgánica. Por otro lado, la mayor parte del forraje consumido no es digerido por el animal y sale en forma de excretas, las cuales también se descomponen y se incorporan al suelo. Además los animales aportan al suelo la orina que contiene sustancias nitrogenadas y potásicas. Esta realidad se explica mejor, en la siguiente tabla adaptada de Hutton *et al.* (1965).

Tabla 6.24
Reciclaje y pérdida de nutrientes de las excretas y orinas del ganado

Elemento	Reciclaje %			Pérdidas %		
	En heces	En orina	Total	En leche	Retenido por el organismo	Total
N	26	53	79	17	4	21
P	66	-	66	26	8	34
K	11	81	92	5	3	8
Mg	80	12	92	3	5	8
Ca	77	3	80	11	9	20
Na	30	56	86	8	6	14

Fuente: Hutton et al. 1965
Elaboración: Autores

En términos generales, una tonelada de estiércol fresco equivale aproximadamente, a 45 kg de fertilizante 10-5-10, lógicamente la cantidad, composición y valor del estiércol varían de acuerdo con la especie, peso del animal, naturaleza y cantidad de alimentos y la clase y cantidad de cama.

En suelos sueltos se aconseja incorporar antes de la siembra de un potrero 20 t/estiércol/ ha. Con 20 toneladas de estiércol, se está dando 3 000 y 4 000 kg/ha de materia orgánica. Una estimación más precisa se tiene realizando el análisis químico del abono que se va a utilizar (gallinaza, pollinaza, cerdaza, equinaza) y realizando los cálculos de aplicación como cualquier fertilizante, de acuerdo a las recomendaciones de laboratorio.

Si un elevado porcentaje de los nutrientes contenidos en los alimentos (pasto, balanceados, sales minerales) salen en el estiércol, es de suma importancia utilizarlos como fuente de fertilización, por ello la necesidad de que los animales permanezcan el mayor tiempo dentro de la pastura y que, la distancia a los corrales y la sala de ordeño sea el mínimo, para reducir las pérdidas. Otra consideración sobre la importancia del abono animal, es cuantificar las deyecciones (sólidas y líquidas). Se estima que un bovino produce el 7% del peso vivo del animal, esto significa:

$$1 \text{ UB } 500 \text{ kg} \times 7\% = 35 \text{ kg de abono/día} \times 365 \text{ días} = 12775 \text{ kg/año}$$

$$\text{Si se considera una carga animal de } 3 \text{ UB/ha} = 12775 \times 3 = 38325 \text{ kg/ha/año} = 38,3 \text{ t/ha/año}$$

$$38325 \text{ kg/ha/año} / 10000 \text{ m}^2 = 3,8 \text{ kg/m}^2\text{/año.}$$

La materia orgánica es de una riqueza incomparable para recuperar, mejorar e incrementar la productividad del suelo. Los nutrientes contenidos en la materia orgánica así como en el humus que proviene de su descomposición, hacen del abonamiento orgánico un alimento para las plantas y una enmienda para el suelo.

El uso del estiércol es un sistema lógico y económico para conservar la productividad del suelo. El Círculo de Fertilidad que deberían manejar los ganaderos del Pastoreo Racional Voisin PRV es: “alimentar animales para que produzcan estiércol, este estiércol hará producir más forraje que servirá para alimentar más animales y así sucesivamente”. A este fenómeno Michael Rúa Franco lo denomina “Ruta de la Fertilidad Creciente” del reciclaje natural ilimitado (www.culturaempresarialganadera.org) y él explicita mejor el tema indicado que a más ganado, más heces y orina, más materia orgánica, más fauna edáfica, más fertilidad natural en el suelo y más forraje. Todo ello, con menos

insumos, menos costos que significan más ingresos, más ganancias, sistemas más sustentables, certificables y alimentos más sanos.

Estrategias para abonar con estiércol los potreros son pastorear con altas dotaciones (6 UB/ha, o 200-400 UB/carga instantánea/ha) para lograr un abonamiento masivo (con estiércol y orina) o, hacer dormir el ganado en ciertos potreros, en este caso es necesario tener presente que va a existir traslado de fertilidad de los potreros diurnos a los nocturnos por cuanto los animales eliminan las excretas, el 25% en el día y el 75% por la noche, es decir lo contrario de la ingestión alimenticia. El abono orgánico para su descomposición, utiliza como insumos la energía solar, la lluvia, el aire y especialmente la actividad biológica del suelo.

Según Voisin, citado por Pinheiro (2004), el abono orgánico:

- Estimula la biocenosis (efecto benéfico sobre los macro, meso y microorganismos del suelo), en la medida en que la biocenosis avanza, mejora la fertilidad del suelo.
- Biocataliza la vida del suelo, promoviendo las reacciones de solubilización y trasmutación de los elementos y promueve el secuestro del carbono.
- Mejora el pH en los suelos ácidos, por la acción alcalinizante de la orina (bovinos pH 7,8-8,4 y ovinos pH 7,5-8).

Sin embargo, por valioso que sea el abono del ganado, hay que tener en cuenta que:

- Los animales consumen un porcentaje de los principios nutritivos de los alimentos.
- Aun empleando los métodos más aceptables para el manejo del estiércol, ocurren ciertas pérdidas (lixiviación, volatilización, etc.) y fijación.
- También la distribución de heces y orinas es desigual, de allí el apareamiento de “manchas o islas” en los potreros que los animales rechazan.
- Por otra parte si el suelo es pobre en ciertos nutrientes las deficiencias nunca van corregirse si no hay restitución de los minerales (P, K, Ca, Mg, etc.) que salen del sistema, de allí la necesidad de realizar enmiendas y fertilización complementaria (mejor si se utilizan productos naturales, sin procesos químicos).

- En el caso del N como sabemos, si hay leguminosas estas agregan N al suelo tomándolo del aire por medio de los *Rhizobium*.
- Si bien la orina del ganado tiene efecto alcalinizante, debido a la distribución irregular es necesario incorporar enmiendas.

Es necesario resaltar que los abonos orgánicos son fertilizantes naturales completos, no específicos en su composición química y por tanto no pueden ser utilizados para corregir deficiencias concretas; en dichos casos, es necesario complementar con abonos minerales provenientes de rocas que hayan sufrido transformación física y no química, es decir, minerales de origen natural y con certificación orgánica (Ver Tabla 6.25).

El efecto benéfico del abono de origen animal, se complementa con el arbolado de los potreros, con lo cual se da paso al silvopastoreo con las ventajas consiguientes.

Tabla 6.25
Abonos aprobados para ganadería ecológica

Deficiencia	Enmienda o fertilizante ecológico
Nitrógeno	Materia orgánica
Fósforo	Roca fosfórica
Potasio	Sulfato de potasio
Calcio	Carbonato de calcio
Magnesio	Carbonato de magnesio, óxido de magnesio
Azufre	Azufre elemental
Micronutrientes. Fe, Mn, C, Zn y B.	Óxido de zinc, sulfatos de cobre, hierro, manganeso y zinc: uxelita, octaborato de sodio, ácido bórico.

Fuente: Montejo, 2016

Elaboración: Autores

Sistemas de tratamientos de residuos ganaderos

El estiércol que de todas maneras cae en los corrales debe ser manipulado en forma económica; la forma más común es diseminarlo directamente en el campo, depositarlo en tanques sépticos o en lagunas para hacer decantar los sólidos y desde allí llevarlo a los potreros.

En ganaderías grandes, los residuos producidos en la producción bovina constituyen verdaderos problemas medio ambientales, sobre todo para las

aguas subterráneas. Estos problemas pueden ser convertidos en beneficios si se les aplica un buen uso y manejo, como:

Separación de la fracción sólida (estiércol) de la líquida (purines). La fracción sólida puede utilizarse para compostaje, bocashi o para lombricultura (producción de humus). La fracción líquida se puede destinar a biogás.

Fermentación anaeróbica en biodigestores tanto de los residuos sólidos como de los líquidos, para producción de abono líquido y biogás.

BOCASHI

Es abono sólido, producido mediante fermentación aeróbica. Bocashi es una palabra japonesa, que significa materia orgánica fermentada (residuos de cosechas, de cocina, estiércol, carbón vegetal, melaza, levadura, etc.). En buenas condiciones de humedad y temperatura, los microorganismos comienzan a descomponer los materiales orgánicos en fracciones más simples, liberando sus nutrientes: azúcares, almidones y proteínas. La fermentación también descompone la fracción más compleja de la materia como es la celulosa, lignina, lípidos y cera.

El Bocashi promueve la reproducción y proliferación de los microorganismos en la tierra. Este cultivo de microorganismos (ácido lácticos, foto sintéticos, etc.) al colocarse en el suelo, hacen una simbiosis entre los nutrientes ya existentes y las raíces de las plantas, logrando una reactivación en la asimilación de nutrientes que las plantas necesitan para su correcto desarrollo, incremento de los escudos naturales (mejor equilibrio biológico y disminución de plagas y enfermedades), y mejora de las características físicas del suelo, resultando todo esto en la obtención de una producción de bajo costo, más saludable para el productor y el consumidor y sin afectar al medio ambiente.

BIOL

Este abono orgánico líquido es derivado de la descomposición del estiércol fresco (de bovinos o equinos, residuos vegetales, cenizas, leche, fermentos) por medio de una fermentación anaerobia dentro de tanques o mangas plásticas, contiene minerales quelatizados que necesita la planta para su completo desarrollo. Estos biofertilizantes pueden ser fortalecidos o preparados con una amplia gama de ingredientes complementarios según sean los requerimientos del cultivo a fertilizar.

En las zonas donde la producción depende de la lluvia y donde el hacer aplicaciones con fertilizantes sólidos genera problemas en época seca, la fertilización foliar o la fertirrigación con biol (dilución de un litro de biol en

19 litros de agua) es una alternativa tecnológica sostenible para hacer aplicaciones sin dañar a la planta y lograr que los eventos de precipitación sean más provechosos.

Trabajos de investigación han demostrado respuestas favorables en pasturas.

LOMBRICULTURA

La lombricultura utiliza a la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para reciclar todo tipo de materia orgánica (en el caso de la ganadería el estiércol sólido y la cama de los terneros) y transformarla en humus. Este es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

CAPÍTULO VII

Manejo de pasturas

El manejo de pasturas comprende el manejo de la parte agronómica (producción agrícola) de las pasturas. Los factores que influyen en la producción de los pastos, son:

- Factores externos (abióticos, ambiente y manejo): energía solar, temperatura, disponibilidad de agua y fertilidad. Estos factores se analizan con detalle en el Capítulo II “Factores que influyen en establecimiento y producción de las pasturas”.
- Factores internos (bióticos dependen de la genética): meristemos, raíces, macollos, área foliar y nutrientes de reserva.

El conocimiento de la dinámica de crecimiento de los pastos es indispensable para saber cómo optimizar los procesos de crecimiento de las pasturas.

El ciclo de vida de los pastos comprende las siguientes etapas:

- Germinación y formación del macollo principal (implantación).
- Desarrollo vegetativo (generación macollos con su follaje).
- Floración (aparecimientos de tallos, formación de inflorescencias).
- Maduración (formación y llenado de granos, madurez).

Del ciclo de vida de los pastos, la fase más importante es la de desarrollo vegetativo ya que la productividad y la vida útil de la pastura depende de la capacidad de los pastos para recuperar el área foliar después de la defoliación.

Los factores internos pueden ser estudiados a partir de la morfogénesis y de la ecofisiología:

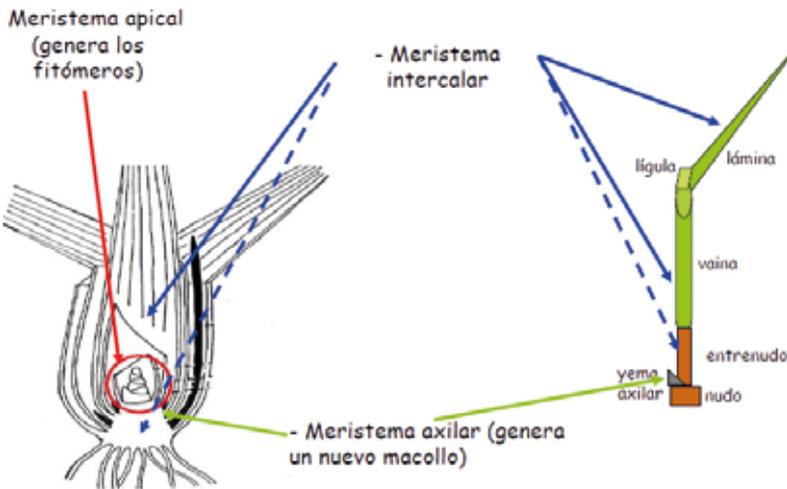
- Morfogénesis: mecanismos de generación, desarrollo y muerte del área foliar.
- Ecofisiología: efecto de los factores del ambiente sobre el crecimiento y desarrollo de los pastos.

Morfogénesis

Meristemos

Meristemos o yemas. Son pequeñas protuberancias que constituyen fuente de células para la producción de nuevos tejidos. El crecimiento en los vegetales se da por división y expansión celular.

Figura 7.1
Ubicación de las yemas en la base de la planta



Fuente: Berone, 2016
Elaboración: Autores

Las yemas dan origen a hijuelos (macollos, renuevos o brotes) hacia arriba, y raíces hacia abajo.

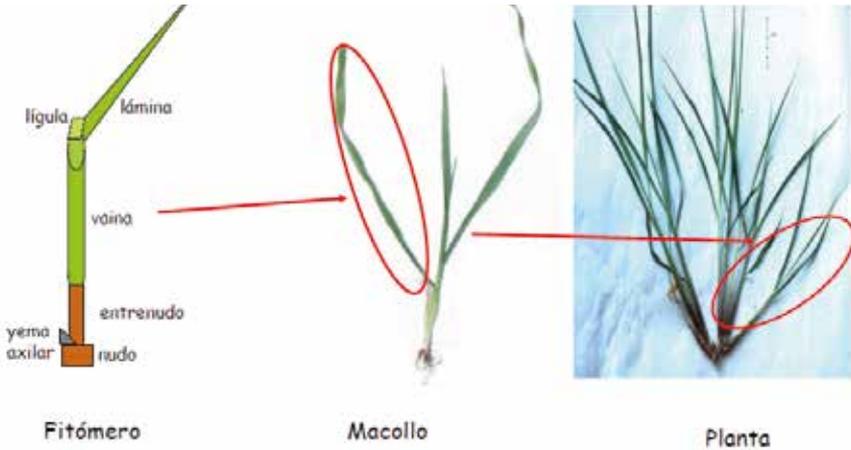
Tipos de yemas. Las yemas de la planta pueden ser apicales, axilares.

Las yemas apicales tienen un desarrollo vegetativo longitudinal, si se pastorea alto sin afectar a la yema apical, la dominancia apical se manifestará en pocos tallos altos. A mayor tamaño del residuo menor número de macollos.

Yemas axilares. En condiciones de luminosidad generadas por una defoliación fuerte las yemas axilares de la base de la planta se convierten en nuevos macollos. Pastoreando bajo se modifica la dominancia apical y se induce al desarrollo de yemas axilares por efecto de la luz, dichas yemas normalmente están inactivas debido a la dominancia apical y al efecto de la sombra. Con este

manejo se obtiene una mayor formación de macollos, la planta se expande hacia los costados ocupando todos los espacios, captura mayor cantidad de luz aumentando la capacidad de fotosíntesis (lo cual se refleja en una mayor tasa de crecimiento) y combate a las malezas en forma más eficiente.

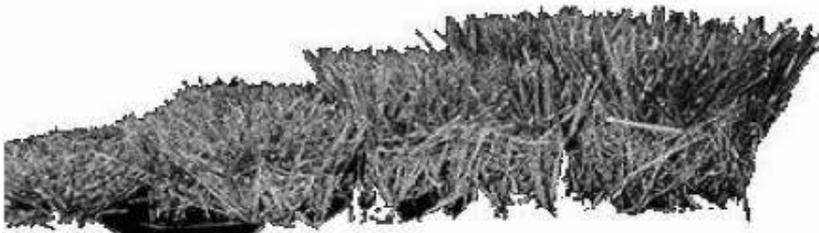
Figura 7.2
Unidad funcional de una planta



Fuente: Berone, 2016
Elaboración: Autores

A más bajo tamaño del residuo sin dañar las yemas más densidad de macollos, por tal motivo, en un potrero de raigrás pastoreado por vacas existen típicamente 4 000-8 000 macollos por m^2 , mientras que en potreros para ovejas puede haber de 10 000-20 000 macollos por m^2 .

Figura 7.3
Relación entre la altura de corte y el número de macollos



Fuente: García, 1995
Elaboración: Autores

En leguminosas rastreras como el trébol blanco y el maní forrajero, las yemas axilares dan origen a tallos rastreros que se distribuyen en el suelo en forma radial, estos tallos son capaces de enraizar en los nudos y formar nuevas plantas que a su vez se multiplicarán en forma similar.

En la alfalfa podemos encontrar dos clases de yemas, yemas de corona y yemas axilares. Normalmente el rebrote de la alfalfa se origina en yemas axilares de los tallos remanentes. Pero si se deja florecer y madurar, estos tallos mueren y el rebrote provendrá de yemas de la corona, en consecuencia la proporción de tallos axilares o tallos de la corona, dependerá del estado de madurez de la planta al momento de corte.

Para fines productivos lo ideal es que el rebrote en alfalfa se origine siempre en la corona, cualquier otra forma es indeseable y solo produce desgaste de la planta (Delorenzo, 2014).

Ubicación de las yemas, tipo de crecimiento y uso del pasto: Las plantas de crecimiento erecto como alfalfa (*Medicago sativa*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y especies de crecimiento matajoso como saboya (*Panicum máximum*), raigrass (*Lolium sp.*), pasto azul (*Dactylis glomerata*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*), tienen las yemas en la base de la planta expuestas al pisoteo excesivo o la eliminación física, por ello los pastos erectos y matajosos se utilizan principalmente para corte y si son pastoreados, se debe hacer en forma moderada para evitar daño de las yemas.

Los pastos con desarrollo rastrero (estolonífero o rizomatoso) como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), signal (*Brachiaria decumbens*), kikuyo del Amazonas (*B. humidicola*) y estrella (*Cynodon sp*) tienen las yemas en los nudos protegidas por las vainas de las hojas, es por ello que toleran defoliaciones intensas especialmente si cuentan con abundantes reservas orgánicas. Situación similar ocurre con las leguminosas estoloníferas como maní forrajero (*Arachis pintoii*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

Las leguminosas volubles o trepadoras tropicales (*Centrosema, Glycine, Pueraria, etc.*) se desarrollan a partir de un grupo de tres yemas localizadas en la axila de la hoja. Las tríadas dan origen a ramas o a inflorescencias por ello es importante no cortarlas o pastorearlas a ras del suelo, siempre se deben dejar remanente de hojas con tríadas (50% de residuo), para que asegure el crecimiento del nuevo rebrote. Estas plantas tienen la habilidad de usar a las gramíneas como soporte físico, pueden formar una cobertura sobre el pasto y de esta manera ganar acceso a la fuente de luz; para su supervivencia necesitan un pastoreo liviano que preserve las yemas para el rebrote. Excepción

a estas consideraciones es el maní forrajero, planta ideal para el pastoreo en asociaciones de clima tropical húmedo, gracias a la abundancia de estolones y rizomas, densidad de yemas, hojas cercanas y paralelas al suelo y reproducción sexual geocárpica.

Las raíces

Las raíces permiten fijar la planta al suelo y captar el agua y nutrientes de él. Las raíces también almacenan reservas de energía para que la planta sobreviva durante los períodos de carencia. Según los neozelandeses, una pastura típica tiene cerca de 70 kilogramos de raíces por metro cuadrado de suelo. Las raíces se regeneran permanentemente a partir de los meristemas ubicados en la base de la planta, de arriba a abajo se encuentra: debajo de la última hoja bajera una raíz en formación, más abajo raíces jóvenes en crecimiento de color blanco, por debajo de estas, raíces adultas y, más abajo raíces viejas que están muriendo; es decir que el ciclo de vida y regeneración de las raíces ocurre similar al ciclo de las hojas. Siendo las raíces jóvenes las funcionales, y estando estas raíces en la superficie (primeros 10 cm), para un óptimo funcionamiento deben tener suelo suelto, fértil y húmedo, lo cual no siempre es así, pues más bien están expuestas a la compactación por pisoteo y al ambiente que seca la superficie del suelo, afectando a la supervivencia de las especies forrajeras.

Paladines (2010), refiere la siguiente distribución de la masa radicular.

Tabla 7.1
Distribución de la masa radicular de una mezcla de gramíneas y leguminosas de clima templado. Tumbaco, Pichincha

Profundidad del suelo cm	kg de MS/m ²	%
0-10	8,0	82
10-20	1,7	18
Total	9,7	100

Fuente: Paladines, 2010
Elaboración: Autores

Cuanto más profunda y sana sea la raíz, tanto más productiva será la planta por esta razón el manejo de pasturas también debe considerar el manejo de las raíces porque permite a la planta sobrellevar períodos prolongados de stress y hasta defender a la pastura de la invasión de malezas.

Figura 7.4
Raíces de los pastos



Fuente: León, R. 2012

Pastoreo y desarrollo de las raíces. La formación de las raíces depende de los nutrientes formados en la fotosíntesis, por lo tanto, el desarrollo radicular depende del tejido aéreo tal como indica Carámbula:

La defoliación influye en el ritmo de producción de raíces, ya que cuando las plantas son sobre pastoreadas, se produce una reducción considerable en los sistemas radiculares (Troughton, 1957), esto es debido a que la planta utiliza los hidratos de carbono almacenados en ella para recompensar la parte aérea, hasta alcanzar una relación parte aérea/raíces que es constante en cada planta en una fase determinada de su desarrollo. Una defoliación continuada produce una depresión prolongada del crecimiento de las raíces y provoca la muerte de algunas de ellas. Este efecto es muy importante en los períodos de sequía donde la reducción del volumen y vigor del sistema radicular puede ser crítica y condicionar no sólo un atraso en el rebrote, sino también la supervivencia de las plantas durante el verano (p.89)

Diferente grado de tolerancia a la sequía. La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo cuando la disponibilidad es limitada depende de la profundidad y extensión del sistema radicular; especies con sistema radicular profundo (alfalfa, festuca, pasto azul, braquiaria, saboya, puntero, etc.) pueden sobrevivir después que se ha detenido el crecimiento de las raíces superficiales o estas han muerto. Las gramíneas con sistema radicular superficial aprovechan el agua en los horizontes superiores y tienen problemas durante las sequías prolongadas (kikuyo, raigrás).

La diversa profundidad de los sistemas radiculares se debe complementar con la textura del suelo, recordando que los suelos arcillosos y/o con alto contenido de materia orgánica tienen mayor capacidad de retención de agua que los franco-arenosos y arenosos.

Las plantas que disponen de órganos de reserva como rizomas, sobreviven mejor a defoliaciones continuas.

En la nutrición de las plantas, las raíces no solamente juegan un papel mecánico en el proceso de absorción, son además organismos vivos que modifican el medio que las rodea (ej. pH del suelo, liberación de iones H a la solución del suelo, los cuales se intercambian con iones Ca, Mg, etc. presentes en la superficie de los coloides del suelo).

Los pastos de zonas inundables (pará, alemán), se adaptan al medio formando aerénquima en tallos y raíces y el desarrollando de raíces adventicias, que contribuyen a la aireación de la planta.

Macollos

En la fase vegetativa la planta es una colección de macollos que se elevan a partir de un nudo que está en la base del macollo, los entrenudos o internudos que separan estos nudos, están fuertemente contraídos por lo que el tallo verdadero no es visible. Los brotes o macollos son pseudotallos (falsos tallos) compuestos hojas enrolladas en círculos concéntricos como el raigrás anual, festuca, holco; o dobladas (conduplicadas) como el raigrás perenne, pasto azul y kikuyo. Inicialmente, la forma como están dispuestas las hojitas sobre la yema se llama prefoliación. Los macollos a pesar de estar unidos por su base son relativamente independientes entre ellos y por ello son considerados como la unidad funcional de la pastura y al igual que las hojas presentan su dinámica de aparición y muerte (Fig. 7.8).

Macollaje. Los macollos tienen hojas en cuyas axilas encontramos yemas que, cuando el macollo principal complete el número máximo de hojas (en función de la especie), darán origen a un nuevo macollo cuyas hojas tienen en las axilas yemas que en el futuro formarán nuevos macollos, así sucesivamente en forma indefinida, esto ocurre casi al nivel del suelo. Los macollos van naciendo de hojas opuestas y en forma alterna. Cada macollo está dotado de raíces propias.

El macollaje o ahijamiento juega un papel muy importante en la formación de la pastura, especialmente después de la siembra, como mecanismo para ocupar el terreno y formar cobertura. La población de macollos por unidad de superficie (m^2), está dada por la cantidad de plantas y por el número de macollos de las mismas.

La densidad de plantas se puede controlar a través de la siembra y la densidad de macollos con la altura de corte o pastoreo.

La producción de forraje materia seca (MS) de una pastura depende de manera directa de la población (cantidad) de macollos/m², del número de hojas vivas y del tamaño (peso) de las hojas.

Si se cuenta el número de macollos por unidad de superficie se obtiene un censo de población válido solamente para ese momento, debido al dinamismo de la pastura en cuanto a la aparición y muerte de macollos.

Tipos de macollos. Cuando los brotes salen de dentro de la vaina de la hoja se denominan intravaginales esto ocurre en plantas erectas como el rai-grás, festuca, holco o en rastreras como el kikuyo; pero cuando el tallo lateral sale perforando la vaina de la hoja que le rodea se denomina extravaginal esto ocurre en plantas con tallos rastreros como el estrella, bermuda, etc.

Vida productiva. Siendo el macollo la unidad funcional de la pastura, en manejo de pasturas el objetivo es manejar los macollos. La vida de una gramínea es potencialmente ilimitada si se la mantiene en constante macollaje (fases de crecimiento vegetativo), sin embargo la producción puede ser limitada: 1) si se deja que entre a la fase reproductiva, 2) por destrucción de las yemas y, 3) por enfermedad.

Culminada la fase de macollaje, se inicia el crecimiento reproductivo (floración) apareciendo el tallo verdadero o caña. Estimulan (aceleran) la fase reproductiva las señales medio ambientales (sequía, disminución de la temperatura, disminución de la luminosidad).

En la floración el crecimiento de los brotes reproductivos detienen el macollaje, lo cual disminuye la densidad de individuos y la persistencia de la especie en la pastura debido al bloqueo de las hormonas de crecimiento y la disminución de las reservas orgánicas. En las gramíneas anuales prácticamente todos los macollos encañan y florecen. En las perennes, solo una fracción variable según la especie, clima y manejo, el resto continúa vegetando.

En el caso de la alfalfa, cuando se corta al inicio de la floración los brotes provienen de yemas axilares, pero si se deja que la planta enflore los tallos mueren y la planta rebrota a partir de las yemas basales de la corona.

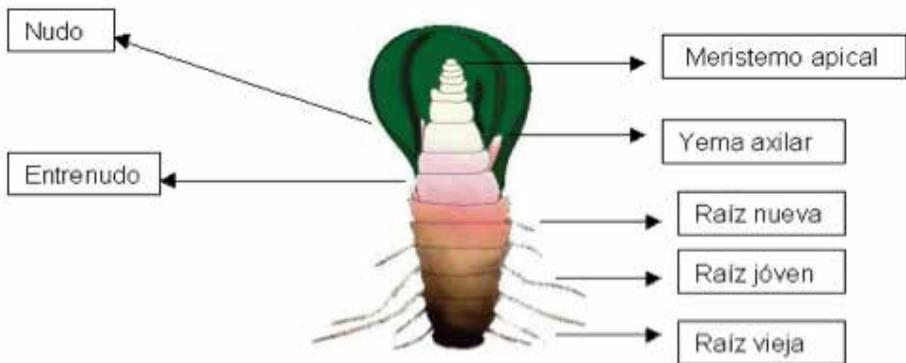
Maduración. Luego de la floración, comienza la formación de los granos o carióspsides; este proceso dura aproximadamente un mes y posteriormente ocurre el desgrane en estado de grano pastoso.

En las especies anuales, después de la fase reproductiva ocurre la muerte de la planta; en las especies perennes los tallos que florecen y maduran también mueren, solamente sobreviven las yemas durmientes basales y raíces que

siguen funcionamiento y apoyando a los nuevos brotes. La supervivencia de la planta depende de la emergencia de nuevos brotes vegetativos.

Unidad de crecimiento de las plantas forrajeras. La unidad de crecimiento de las plantas forrajeras se llama fitómero. Un fitómero es una unidad formada por nudo, yema y entrenudo; de los nudos nacen las hojas y en las axilas de las hojas están las yemas que en el futuro emiten una nueva estructura brotes (hojas, nudo, yemas y raíces). Un tallo consta de una cadena de fitómeros en diferentes estados de desarrollo, sucesivos fitómeros emergen y mueren cada día.

Figura 7.5
Anatomía de las unidades de crecimiento de los pastos



Fuente: Assuero, 2016
Elaboración: Autores

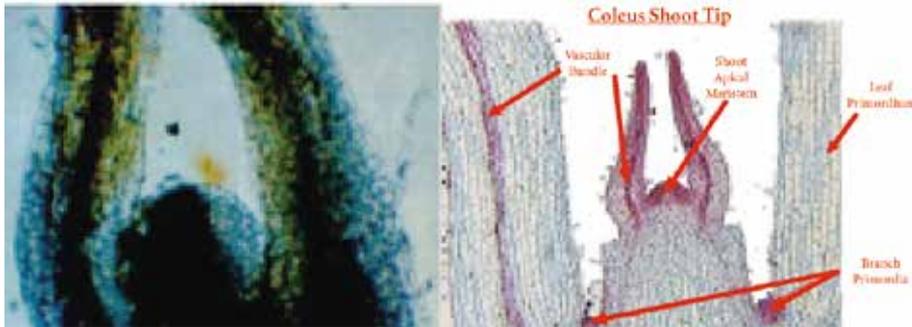
Área foliar

Formación de las hojas. El desarrollo de las hojas comienza con el desarrollo de primordios foliares ubicados en la capa superior de la yema (Fig. 7.6).

La división y aumento de tamaño de las células provocan el desarrollo de una nueva hoja dentro del tubo formado por las vainas de las hojas anteriores y brotan muy próximas unas a otras formando una roseta. A medida que la hoja emerge, cesa el crecimiento de la parte visible, pero la parte protegida continúa creciendo. En la parte visible de la hoja se inician los procesos de fotosíntesis y respiración, la hoja comienza a independizarse y a producir sus propios metabolitos. Mientras la hoja crece recibe metabolitos de las hojas precedentes, pero una vez desarrollada es ella quien aporta a las hojas que le suceden, a los nuevos brotes y a las raíces. Una vez que la hoja se ha expandido completamente y la lígula

queda expuesta al sol, esta deja de crecer. A medida que la hoja envejece los aportes de metabolitos son cada vez menores y aun estando verde, mucho antes de su muerte puede ser ineficiente (William, 1964, referido por Carámbula, 1977).

Figura 7.6
Primordios foliares



Fuente: Assuero, 2016
Elaboración: Autores

Tipos de hojas. Como se explicó anteriormente durante el desarrollo del macollo se pueden observar diferentes tipos de hojas: hojas emergentes, hojas completamente expandidas y hojas senescentes; hojas envueltas u hojas dobladas (conduplicadas) dentro del pseudotallo.

En el Ecuador, en raigrás aproximadamente cada 8-10 días se forma una hoja nueva; cada hoja tiene una vida útil aproximada de 30 días luego se inicia la senescencia y la muerte de la hoja ocurre 3-4 semanas más tarde. Los días de duración de las etapas antes indicadas varían en función de la de la temperatura media y de la acumulación de temperatura, de manera que un macollo emitirá tres hojas a velocidades diferentes dependiendo de la temperatura, siempre que la humedad y la fertilidad no sean no limitantes.

Descanso entre pastoreos. El intervalo o frecuencia de pastoreo (descanso de los potreros) está en función del tiempo que necesita la planta para rebrotar, recuperar las reservas orgánicas y completar la formación de hojas verdes. Tiempo como ya se indicó, siempre en relación con la temperatura a nivel donde se desarrollan las nuevas estructuras.

Número de hojas. El número de hojas vivas (completamente verdes) se mantiene más o menos constante según el pasto, esta es una característica genética; así los macollos tienen los siguientes números de hojas vivas:

Tabla 7.2
Número de hojas vivas, según la especie forrajera

Especie	Número de hojas
Raigrás	3
Pasto azul	4
Kikuyo	5-6
Saboya	6-9
Signal (<i>Brachiaria sp.</i>)	4
Miel	9
Estrella	5-6
Gramalote morado	7-8
Elefante	12
Maíz	12-20

Fuente: León, R.
Elaboración: Autores

Figura 7.7
Número de hojas vivas del raigrás



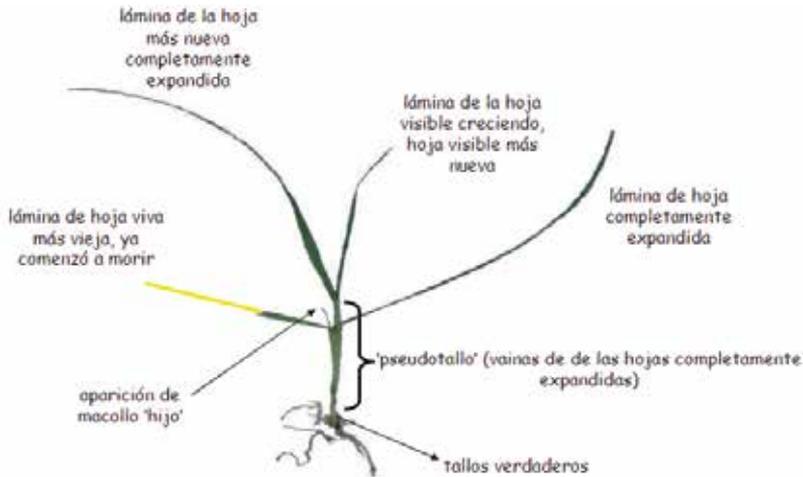
Fuente: Gutiérrez, F. 2016

A partir de este número el macollo continúa creciendo, pero por cada hoja nueva que se forma, una hoja (la más antigua o bajera) comienza a envejecer y morir; si no se corta o pastorea, el material muerto comienza a acumularse en la pastura, se pierde tiempo, palatabilidad y valor nutritivo.

Delorenzo (2014), añade que:

Las hojas muertas son material senescente que ensucian la base, la planta debe gastar energía en eliminar esta estructura y la sombra que genera en la base; no solo reduce su valor nutritivo, sino termina atentando contra el proceso de reproducción vegetativa debido a falta de luz en la base donde se estimula la nueva yema a su reproducción (p.75).

Figura 7.8
Procesos morfogenéticos del macollo



Fuente: Berone, 2016
Elaboración: Autores

Punto óptimo de pastoreo por las hojas. Desde el punto de vista de una alta calidad en relación con la respuesta animal, el punto óptimo de pastoreo es un poco antes de que la planta alcance el número máximo de hojas verdes, es decir cuando la mayor parte de los macollos de raigrás tienen entre 2,5 - 2,7 hojas expandidas; el kikuyo 5 hojas; en la alfalfa 9 nudos con hojas, mientras las hojas bajas estén completamente verdes, los nuevos brotes comienzan a emerger o inicio del proceso de floración; saboya 6-7 hojas, estrella 6 hojas, etc (Tabla 7.2). Luego de que la planta ha alcanzado esta etapa de rebrote, la calidad de forraje y las reservas de energía empiezan a decaer.

Es necesario comentar que este momento de pastoreo es el adecuado para ganado, pero no para cuyes ya que causa trastornos digestivos, la hierba para cuyes necesita culminar el desarrollo vegetativo, y además debe ser oreada o pre secada, para eliminar el agua y concentrar la materia seca.

Estructura. La disponibilidad de pasto en la pastura depende la estructura, ya que está en función de la altura y de la densidad de la biomasa vegetal aérea. La densidad es mayor cuando la población vegetal es heterogénea.

La estructura facilita que las vacas arranquen la hierba con la lengua para conseguir grandes tamaños de mordiscos y facilitar la tasa de ingestión. Los pastos de clima frío tienen una altura ideal de 12-15 cm en pastos originarios de Nueva

Zelanda y 15-20 cm en pastos americanos y, además todo el suelo debe estar cubierto de plantas con alta densidad de hojas, no debería haber espacios vacíos.

Sobre este tema Agnusdei (2010, citando a Wales, Stockdale y Doyle, 2005), indica que las tasas de consumo alcanzan valores máximos de 3,5-4 kg MS/h con alturas mayores a 18 cm; sin embargo las tasas de consumo se mantuvieron altas (3 kg MS/h) en pasturas de 15 cm y que el logro de altos consumos en vacas lecheras puede lograrse tanto con pasturas altas (>15cm) o con pasturas más densas y bajas (<15cm).

La pradera ideal debe tener alta disponibilidad y calidad superior.

Figura 7.9
Pradera con buena estructura



Fuente: León, R. 2015

Área foliar residual. El trabajo fotosintético del área foliar residual del pastoreo alimenta la planta y complementa la energía de las reservas orgánicas responsables de promover un rápido rebrote. Tanto la lámina y como la vaina de la hoja realizan fotosíntesis, sin embargo la capacidad fotosintética de las láminas foliares es mayor que la de las vainas foliares.

Lo ideal es retirar los animales del lote dejando una proporción tal de hojas jóvenes y activas que permita continuar utilizando la radiación solar y el movimiento adecuado de carbohidratos de reserva desde la base de la planta y la raíz, además de que se protegen los órganos reproductivos.

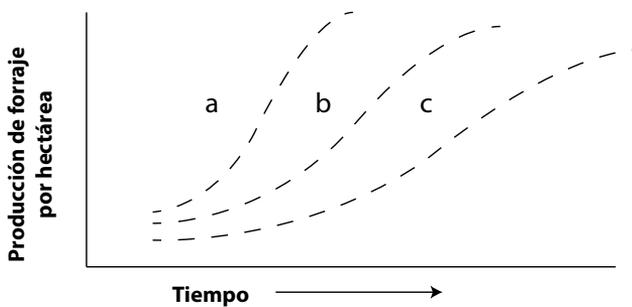
Figura 7.10
Residuo del pastoreo



Fuente: León, R. 2016

Si una planta es completamente defoliada no va a haber órganos que continúen fotosintetizando, además se pierde una parte importante de las reservas que son utilizadas en el rebrote. En pasturas muy defoliadas, se requiere mayor tiempo de descanso para emisión de nuevos brotes foliares y la recuperación de los carbohidratos de reserva.

Figura 7.11
Crecimiento luego de diferentes intensidades de defoliación



- a. Área foliar remanente amplia**
- b. Área foliar remanente reducida**
- c. Puntos de crecimiento vegetativo eliminados**

Fuente: Carámbula, 1977

Elaboración: Autores

Los pastos rastreros como el kikuyo, la estrella, las brachiarias, tienen un desarrollo agresivo debido a que mantienen áreas foliares relativamente grandes independientemente de la intensidad de pastoreo, además de que acumulan sus carbohidratos de reserva, en estolones y rizomas.

Sobre esta temática, Delorenzo (2014) indica que él es del criterio que si en el pastoreo se deja área residual, el siguiente pastoreo será más adelantado debido al factor fotosintético mencionado, pero en los siguientes se incrementa el material senescente y disminuye drásticamente el porcentaje de utilización. Si se dejan solamente 3-4 cm de altura de residuo en el raigrás donde están ubicados más del 75% de las reservas energéticas, si bien existe una fase de retardo en el rebrote, el crecimiento total es muy limpio de altísimo valor nutritivo, en el ciclo anual puede producir levemente menos, pero utilizar significativamente más forraje/ha. Estas observaciones son aplicables a otras especies, considerando las diferencias morfológicas.

Altura de pastoreo y del residuo. Como norma general se admite que, de la altura del pasto al momento del pastoreo, las 2/3 partes pueden ser comidas por los animales, mientras que una 1/3 parte debe reservarse para el rebrote. En forrajeras de corte como alfalfa, elefante, king grass, etc. el corte debe ser lo más bajo posible, sin dañar las yemas o los nuevos brotes.

Tabla 7.3
Altura de corte, pastoreo y altura del residuo de los principales pastos

Pasto	Altura de corte, pastoreo y altura cm	Altura del residuo cm
De pastoreo:		
Raigrás perenne o mezclas de clima frío.	12-15 pastos de NZ 15-20 pastos de USA	3-4 pastos de NZ 5-7 pastos de USA
Kikuyo	40	10 cm en invierno 15 cm en verano
Estrella	40-50	15
Miel	60-70	20
Saboya	90	30
Signal	60-70	25
De corte:		
Raigrás anual o híbrido	35-40	7
Alfalfa	80	5
King grass, elefante	240-250	15

Elaboración: León, R.

Tabla 7.4
Altura de pastoreo y altura de residuo de otros pastos

Pasto	Altura de pastoreo cm	Altura del residuo cm
Mombasa	90	30-50
Tanzania	70	30-50
Brizantha	25-40	25
Tifton	25	10-15
<i>Brachiaria Xaraz</i>	30	15
<i>Brachiaria Mulato</i>	30	15
Elefante	100	40
<i>Brachiaria humidicola</i>	20	10

Fuente: Adaptado de García, 2016

Elaboración: Autores

Ecofisiología

Energía solar. Los ganaderos son agricultores de pastos, la forrajicultura es el negocio de convertir la energía solar en energía alimenticia. La energía solar es almacenada en las plantas a través de la fotosíntesis, en forma de energía química (carbohidratos, lípidos y proteínas). Estos compuestos alimenticios son utilizados por la propia planta y por los animales a través del forraje y los granos. El 90% del crecimiento de la planta depende de la luz solar y 10% de la humedad y nutrientes del suelo. En realidad los animales que pastorean están cosechando la energía del sol (Bernal, 2010).

La energía solar es la principal riqueza de los países tropicales. En la cadena trófica un herbívoro (consumidor primario) aprovecha el 10% de la energía captada por la fotosíntesis.

La energía solar afecta de manera diferente a las especies forrajeras: los pastos tropicales, el maíz, la caña de azúcar y el sorgo tienen la fotosíntesis muy activa tanto con luz brillante como también una respuesta muy pronunciada a la luz de baja densidad por lo que se adaptan a la sombra. Los pastos de clima frío responden poco a la incidencia de más de un tercio de la máxima luz solar y su capacidad de fotosíntesis es aproximadamente la mitad de los pastos megatérmicos.

Por otra parte, Agnusdei (2010) indica que en los ambientes silvopastoriles hay luz difusa (no sombra) que mejora el ambiente para animales y

plantas; en luz difusa se realiza la fotosíntesis, las hojas de las plantas son más anchas, con menos fibra y en consecuencia de mejor calidad que a plena luz.

Aprovechamiento de la energía solar. El manejo de potreros para optimizar la utilización de la energía solar consiste en tener siempre follaje joven en permanente actividad fotosintética, esto se consigue pastoreando en la fase de crecimiento vegetativo y dejando residuales con partes de hojas verdes de tal manera que no se interrumpa el proceso de fotosíntesis, la pastura maximizará la captación y transformación de energía solar que no tiene ningún costo ni contaminación ambiental. La eficiencia del proceso fotosintético depende en gran parte del área foliar expuesta a la radiación incidente y depende del tamaño, la forma, la posición y la estructura de la canopia; como sabemos las leguminosas como el trébol blanco y el maní forrajero tienen folíolos anchos y su posición es horizontal por ello con una sola capa puede cubrir enteramente el suelo, mientras que las gramíneas tienen hojas estrechas, largas y están en posición semi-erecta, necesitan 3 o 4 veces más área foliar para cerrar su cobertura.

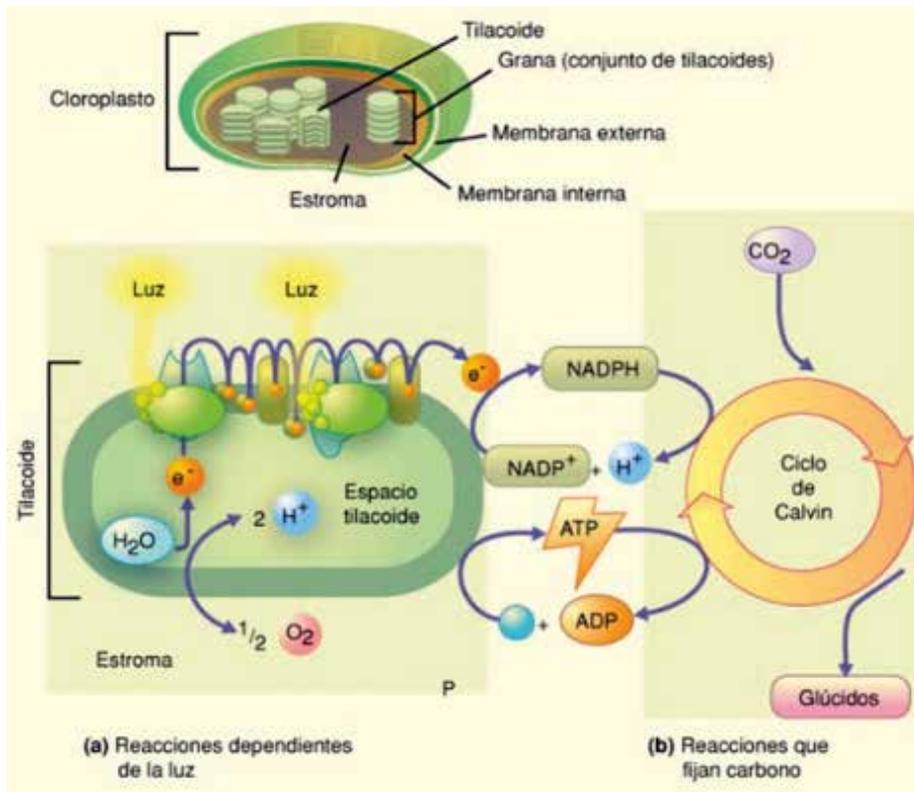
Impacto ambiental. Sobre el tema ambiental Pinheiro (2004, citando a Schenk, 2001); Harper *et al.* (1995); LCPM (2003), indica que un bovino emite durante su vida (promedio 3 años) cerca de 3 500 kg de CO₂ (producto de la conversión de CH₄ (metano) proveniente de la fermentación ruminal, en gas carbónico). Por otra parte, una pastura bien manejada fija 14 467 kg/CO₂/ha/año. Si la carga animal es 2 bovinos/ha, la emisión por ha en los 3 años de vida media, sería 7000 kg de CO₂, pero el secuestro de C en ese mismo periodo sería de 43 400 kg, es decir que por cada unidad de C emitida por el bovino, la pastura fija 6,2 unidades. Por lo analizado, la mejor manera de contrarrestar la contaminación ambiental es manejando el pasto en la etapa juvenil ya que la fotosíntesis de la planta en este periodo es más intensa y por lo tanto hay mayor fijación de C. A su vez, la digestión del forraje poco lignificado origina menor emisión de metano, sobre todo si el grupo de animales es joven.

Fotosíntesis. Durante el día la fotosíntesis permite la transformación de la energía luminosa del sol en energía química. A través de la fotosíntesis una pastura puede fijar 300 kg/CO₂/ha/día, en la noche la fotosíntesis se suspende las plantas respiran, parte de los hidratos de carbono sintetizados (almidón y sacarosa) se oxidan, liberando energía, dióxido de carbono y agua. Debido a este fenómeno, por la tarde y primeras horas de la noche los pastos tienen mayor contenido de azúcares, mientras que por la mañana están empobrecidos y desbalanceados en la relación proteína/energía.

En clima frío la fotosíntesis es mayor que la respiración, por otra parte la división y la expansión celular es muy pequeña, entonces los hidratos de carbono

solubles se acumulan y dan como resultado un alto contenido de energía fácilmente digerible y una alta digestibilidad de la materia orgánica (Sierra, 2002). Por el contrario, en clima megatérmico al aumentar la temperatura se incrementa la velocidad de todas las reacciones bioquímicas, la de los procesos fisiológicos y la respiración, como consecuencia disminuye el contenido de hidratos de carbono solubles, pero hay más C fijado, más tejido de menor digestibilidad.

Figura 7.12
Proceso de la fotosíntesis



Fuente: Rodríguez, 2016

La fotosíntesis fija carbono, pero es la temperatura quien determina la cantidad de C que se transforma en tejido (crecimiento) (Agnusdei, 2010).

Fotosíntesis neta. Es la relación o diferencia entre la fotosíntesis bruta en el día menos las pérdidas continuas por fotorespiración (en el día) y la respiración (en la noche).

Mecanismo para incorporar el CO₂ en la fotosíntesis. La planta mediante la clorofila y otros pigmentos utiliza la energía solar para combinar el dióxido de carbono y el agua, formando los hidratos de carbono (azúcares) y liberando oxígeno (Ciclo de Calvin). Los pastos tienen mecanismos diferentes para incorporar CO₂ en el proceso de fotosíntesis.

Plantas C₃. Los pastos y las leguminosas de zonas templadas así como las leguminosas tropicales pertenecen al grupo de plantas con mecanismo C₃ debido a que para el Ciclo de Calvin utilizan la enzima Ribulosa 1-5-bifosfato carboxilasa-oxigenasa (Rubisco o RuBP) y el primer producto de la fotosíntesis es el ácido 3-fosfoglicérico (3 PGA). Los pastos C₃ producen bajo temperaturas relativamente bajas y a baja intensidad luminosa. La competencia como la compatibilidad entre especies de pastos de clima templado está equilibrada en casi todos los aspectos y, la dominancia final de una de ellas o el mantenimiento de su balance en la pradera, depende del sistema o forma de manejo que esta reciba.

Plantas C₄. Los pastos tropicales, el maíz y la caña de azúcar son C₄, debido a que en el Ciclo de Calvin utilizan la enzima fosfoenolpiruvato (PEP) y el primer producto de la fotosíntesis es un compuesto de 4 carbonos, el ácido dicarboxílico o ácido málico, estos pastos reciclan y concentran el CO₂, realizan un ciclo mas para capturar el carbono, como consecuencia la fotosíntesis aumenta al aumentar la intensidad de la luz; son más eficientes para convertir la energía luminosa en azúcares. Estas especies hacen mejor uso del agua.

Son pastos más altos pero poseen menos macollos que los pastos de clima templado, se lignifican rápidamente lo cual puede afectar a la utilización del pasto, al desempeño animal y a los productos animales por hectárea.

Al ser las gramíneas tropicales mucho más eficientes en aprovechar la luz que las leguminosas, en asociación las gramíneas tienden a dominar; por esta razón el manejo debe ir encaminado a controlar el desarrollo de las gramínea y preservar a las leguminosas que son el componente más débil.

Un resultado importante de la mayor eficiencia en la utilización de energía solar por las gramíneas tropicales es la habilidad para producir materia seca, el pasto elefante puede llegar a producir 85 000 kg de MS/ha/año y el estrella 30 000 kg/ha/año en los dos casos con altos niveles de nitrógeno y riego, lo que revela el alto potencial de producción animal/ha de los pastos megatérmicos vía carga animal.

CAM (Crassulacean Acidic Metabolism). El mecanismo del metabolismo ácido de las crasuláceas permite a la planta maximizar la eficiencia en el uso de agua.

Son plantas adaptadas a condiciones de un desierto (temperatura y sequedad extremas), las cactáceas (tunas) pertenecen a esta categoría. Se distinguen del resto de las plantas del mundo vegetal por no desarrollar fotosíntesis: evitando la transpiración diurna abren los estomas por la noche y convierten el CO_2 en ácido málico; al día siguiente, con los estomas cerrados, convierten el ácido málico en azúcares.

Grados Brix. Es un índice de refracción de la savia de la planta, mide la concentración de sólidos disueltos (azúcares —sucrosa, sacarosa—, proteínas, aminoácidos, etc). La medición se realiza con un refractómetro (instrumento óptico). A más alto valor Brix más calidad así por ejemplo, la alfalfa tiene 2-6 grados Brix por mañana y 8-12 grados Brix por la tarde, los pastos de zona templada pueden llegar a tener 11-15 grados Brix. El grado Brix no depende solamente de la fotosíntesis sino también del contenido balanceado de minerales en el suelo, de la actividad microbial (responsable de la mineralización y humificación de la materia orgánica) y del crecimiento radicular. De esta manera un grado Brix bajo puede deberse a deficiencias en la actividad microbiana del suelo (por compactación), deficiencia de nitrógeno, fosfatos, sulfatos, acetatos o ácidos húmicos y desbalance de la relación Ca/Mg. En el caso de deficiencia de nutrientes comprobada con análisis foliar, los minerales pueden aplicarse foliarmente 5 a 6 días antes del pastoreo (Rojo, Montoya, y Sierra, 2011).

La fotosíntesis y los minerales. El N permite una mejor utilización del C fijado en la fotosíntesis, en consecuencia los niveles de N provocan mayor crecimiento (tasa de elongación de la hoja, tamaño final de las hojas, tasa de aparición de hojas y N° de macollos por m^2).

El P es la fuente principal de energía como parte de la molécula de ADP, ATP, forma parte de las nucleoproteínas, lipoides y fosfolípidos, desempeña un importante papel metabólico en la respiración, fotosíntesis y en la división y crecimiento celular.

El K es necesario para la síntesis de la ATP, el cierre y apertura de estomas y una buena circulación de la savia elaborada, en plantas bien provistas de N y K hay una buena evacuación de los productos de asimilación fuera de la hoja.

El S está relacionado con el N para la formación de proteínas, a más N mayor necesidad de S; el S su vez tiene relación directa con los requerimientos de K. La absorción del ión sulfato (SO_4^-) y del catión K^+ por la planta se ve influida por otros iones como son el ión amonio (NH_4^+), ión cloruro Cl^- y por supuesto por el ión hidrógeno así, la fertilización con S y K está en correspondencia con los niveles de otros elementos nutritivos para las plantas; de ahí la importancia del balance en la cantidad de todos los elementos que se apliquen como fertilizante, tema que se trata con profundidad en el capítulo respectivo.

Fotoperiodo. Para pastos son suficientes 5 a 6 horas luz en el día, por lo que normalmente en el Ecuador este requerimiento está satisfecho. Delorenzo, (2014) indica que el tema de la heliofanía tiene importancia relativa si sabemos que del total de la radiación solo entre 3-5% es convertida en materia seca. En todo caso, debemos recordar que si bien la heliofanía de no puede ser modificada, podemos en cambio modificar el Índice de Área Foliar IAF (aspecto que se tratará más adelante). En el Capítulo de Establecimiento de Pasturas, en la sección Clima se comenta el tema de horas luz de cada región natural del país; más adelante, en Mecanismo para incorporar el CO₂ en la fotosíntesis, también se complementa este tema.

La radiación UV en la región interandina es 18% más alta que a nivel del mar. Los UV pueden afectar al crecimiento de las plantas reduciendo la fotosíntesis y causar daños en la epidermis de las hojas; también puede conllevar incrementos de componentes secundarios de las plantas como flavonoides, alcaloides y antocianinas en la epidermis.

Crecimiento de los pastos luego del pastoreo. Al igual que en todos los seres vivos, el ciclo de vida de los pastos sigue la tendencia de una curva sigmoideal o en forma de S, esta curva tiene tres fases (Ver Figura 7.13). Fase I. Crecimiento lento. En el rebrote hay un balance energético negativo (Respiración > Fotosíntesis), la planta utiliza los nutrientes de reserva y en consecuencia el nivel de reservas orgánicas disminuye. Durante 1^o semana posterior al corte o pastoreo, la acumulación de MS al principio es lenta; a partir de la 2^o semana el crecimiento se va acelerando progresivamente y al poco tiempo ya se observan las primeras hojas. Esta etapa termina con un punto de compensación entre la 2^o y 3^o semana en la cual la energía elaborada por la planta en la fotosíntesis es igual a la gastada en la respiración (Fotosíntesis = Respiración).

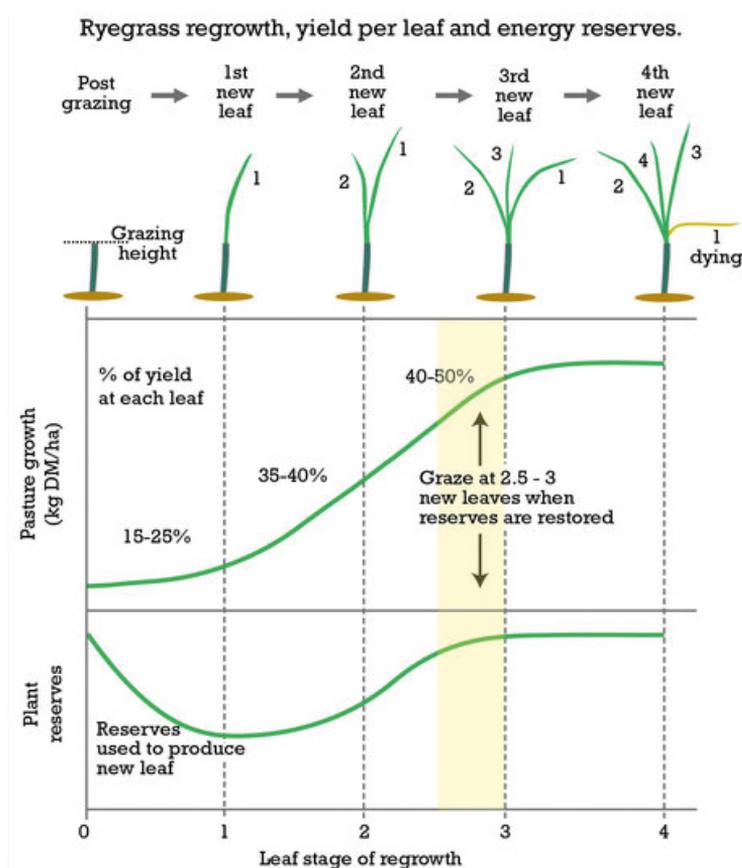
Se debe buscar que el crecimiento inicial sea rápido; esto se logra dejando follaje residual luego del pastoreo, así la fijación de carbono (fotosíntesis) continúa, de esta manera el rebrote no depende de las reservas orgánicas, el tamaño del residuo define la Tasa de Elongación Foliar (Agnusdei, 2010).

Fase II. Crecimiento rápido. Con el desarrollo de las hojas la tasa fotosintética aumenta hasta alcanzar un punto de máxima cantidad y eficiencia en la 3^o y 4^o semana. La planta recupera las reservas orgánicas. A mayor intercepción de luz, mayor fotosíntesis y crecimiento más rápido, de esta manera se llega a tener gran cantidad de biomasa en corto tiempo. Lo ideal que las hojas lleguen a interceptar el 90-95% de la radiación recibida.

La Fase I y la primera parte de la Fase II, son consideradas como la parte o época crítica en el rebrote de los pastos, en lo que se refiere a recuperación de sustancias de reserva necesarias para la supervivencia.

Posteriormente, en la parte superior de la curva la actividad de la fotosíntesis disminuye debido al auto sombreado de las hojas, el crecimiento se desacelera y la planta se prepara para pasar a la fase reproductiva, como consecuencia la curva sigmoidea se inflexiona, estamos en la 5° semana. En la práctica esto indica que ha terminado el reposo o descanso del potrero y ha llegado el momento de introducir el ganado a un nuevo pastoreo.

Figura 7.13
Tasa de acumulación de forraje



Fuente: Delorenzo, 2015

Fase III. Desarrollo reproductivo. Esta fase interesa a los productores de semilla, el follaje de los pastos está demasiado maduro para alimentación animal. Se inicia en el momento que los meristemos vegetativos se transforman en reproductivos, el crecimiento sufre una desaceleración, la tasa de acumulación de materia seca declina hasta que la tasa de acumulación de forraje es cero en la 6^o-7^o semana. Las reservas de las raíces se movilizan para producir semillas y nuevos macollos. A medida que entran en la fase reproductiva, la proporción de los distintos componentes celulares varía. Las proteínas, los lípidos y minerales disminuyen en forma relativa por dilución, los azúcares se acumulan y la pared celular aumenta en forma considerable, al igual que sus componentes (celulosa, lignina y hemicelulosa). Este proceso es la forma natural de las plantas de prepararse para la producción de semillas, de manera que al aumentar la proporción y cambiar la composición de la pared celular, se logra una mayor rigidez de los tallos florales, traduciéndose en una reducción progresiva del valor nutritivo del forraje para los animales. La planta deja de producir hojas para pasar a formar inflorescencias. El follaje comienza a senescer.

Aplicaciones prácticas de estas fases: el momento más adecuado para fertilizar es cuando se va a iniciar el crecimiento acelerado del pasto (5-7 días después del pastoreo); los riegos (en época seca) son más oportunos, el primero junto con la fertilización al 5^o día y luego aproximadamente cada 10 días, es decir al día 15^o y 25^o; por otra parte el corte o pastoreo debe realizarse alrededor de la 4^o- 5^o semana (entre los 28-35 días) cuando disminuye la velocidad de acumulación de la materia seca (estos tiempos van a variar en función de la especie vegetal, temperatura, fertilidad, humedad, etc.).

Tasa de acumulación de materia seca. La Tasa de Crecimiento (acumulación de forraje) en nuestro país en condiciones ideales es 60-70 kg/MS/ha/día.

En Nueva Zelanda, las Tasas de crecimiento, según Delorenzo son: Etapa 1. Primavera en NZ = 25-30 kg MS/ha/día. Etapa 2. Primavera en NZ = 40-50 kg MS/ha/día. Etapa 3. Primavera en NZ = 60-70 kg MS/ha/día.

Según reportes del laboratorio de Investigación de Pastizales de la Universidad Agraria La Molina (Perú) la tasa de crecimiento de forraje en la unidad de producción CONSAC de la S.A.I.S. TUPAC AMARU, ubicada a 3 800 metros sobre el nivel del mar, durante la época seca fue de 27.1 kg/MS/ha/día y durante la época de lluvias fue de 69.5 kg/MS/ha/día (Bernal, 2010).

Momento de pastoreo por la MS. Desde el punto de vista de materia seca, el pastoreo debe efectuarse cuando la pradera ha acumulado aproximadamente 2 600-3 000 kg/MS/ha en época de lluvias y 2 000-2 200 kg/MS/ha en sequía.

Si la pastura no ha completado su período de crecimiento máximo, la cantidad de MS acumulada será baja, las vacas no serán capaces de comer grandes bocados y su ingestión diaria será restringida.

Por el contrario, las pasturas con una masa muy alta más de 3 500 g/MS/ha contienen una proporción más alta de material muerto, aumenta el desperdicio, el pasto es menos nutritivo y la digestibilidad es pobre.

Figura 7.14
Pastura muy densa, con material senescente en la base



Fuente: León, R. 2016

Residuo del pastoreo en materia seca. En pasturas de raigrás y trébol blanco el residuo normal, necesario para un buen rebrote es 1 100-1 200 kg/MS/ha, y en kikuyo 1 500 kg/MS/ha (aproximadamente una tercera parte del forraje disponible, como se indicó en Altura del pastoreo y del residuo).

Forraje aprovechable o utilizable por el ganado. Es el forraje consumido el ganado, se establece por diferencia entre la materia seca disponible para alimentación, en raigrás por ejemplo, si la producción media es 2 800 kg/MS/ha y el residuo 1 100-1 200 kg/MS/ha, aproximadamente lo aprovechable será 1 600 kg/MS/ha.

La temperatura regula las reacciones bioquímicas: fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, transporte de compuestos, actividad de enzimas, etc. por lo tanto el crecimiento de la planta.

La temperatura es el principal factor climático que determina el desarrollo foliar (Anslow, 1966 citado por Colabelli y otros, 1998).

Para la planta, es tan importante la temperatura del aire como la del suelo. La temperatura baja del suelo afecta al comportamiento de las semillas sobre todo a las gramíneas perennes y a las leguminosas como la alfalfa y el loto, de allí que se debe tener precaución de no sembrar en épocas de heladas, mientras que el raigrás anual y el trébol blanco son capaces de germinar a temperaturas más bajas. Las temperaturas bajas afectan también al proceso de simbiosis lo que incide en el crecimiento de las leguminosas. Además la temperatura del suelo tiene relación con la absorción de agua, alargamiento de las raíces, decrecimiento de los procesos metabólicos, etc. (Carámbula, 1977).

Grados/día (°D o °Cd): Los organismos vivos requieren acumular calor para desarrollarse desde un punto de su ciclo vital hasta otro, esta acumulación puede expresarse en Grados/día o Grados centígrados día (°Cd)

Tabla 7.5
Temperaturas a las que se desarrollan los pastos

Especies	T. mínima °C	T. óptima °C	T. máxima °C
Gramíneas y leguminosas temperadas	4-5	20-22	40
Leguminosas tropicales	10-12	30	48
Gramíneas tropicales	10-12	38	58

Adaptado de Pinheiro, 2004 y de Agnusdei (2010)
Elaboración: Autores

El cálculo de los °Cd, se realiza tomando como base la T° mínima en la cual se detiene el crecimiento de los pastos y como límite superior la temperatura media diaria del lugar.

Ejemplo de cálculo para pastos de clima frío: si tomamos como temperatura base 4° C y si la temperatura media en este lugar es 14° C, las unidades térmicas disponibles para el crecimiento son $14^{\circ} - 4^{\circ} = 10^{\circ}\text{Cd}$.

La diferencia de requerimiento de temperatura óptima para crecimiento de las leguminosas y gramíneas megatérmicas explica la dificultad de manejar

las asociaciones pastos tropicales (esto está vinculado a que estas leguminosas son C_3 y las gramíneas C_4 , como se explicará mas adelante).

Suma Térmica, Tiempo Térmico, Integral térmica o Índice climático. Es la suma de las temperaturas ($^{\circ}\text{Cd}$) durante cada fase de desarrollo de la planta, y es un patrón específico para cada especie, cultivar o variedad (Delorenzo, 2014).

En el caso del raigrás por cada hoja: $10^{\circ}\text{C día} \times 11 \text{ días} = 110^{\circ}\text{Cd}$ por hoja.

Para llegar al estado de pastoreo: $110^{\circ}\text{Cd} \times 2,7 - 3 \text{ hojas} = 300^{\circ} - 330^{\circ}\text{C}$.

Para la alfalfa necesita $400-450^{\circ}\text{C}$, para el kikuyo 470°C .

Tasa de aparición de hojas: similar al Tiempo Térmico, son los $^{\circ}\text{Cd}$ entre el intervalo de la aparición de dos hojas sucesivas (entre el nacimiento de una hoja y la siguiente) en el raigrás perenne es $100 - 110^{\circ}\text{C}$ por hoja, raigrás anual $149-160^{\circ}\text{C}$, cebadilla 103°C , pasto azul 114°C , falaris 161°C y festuca alta 220°C . (Lemaire, 1985).

Tasa en tiempo: 110°C del raigrás perenne / $10^{\circ}\text{Cd} = 11$ días por hoja y 20 días en festuca alta.

Filocrono: es el programa cronológico (Suma Térmica) de desarrollo de una planta. Se puede utilizar para diferenciar fases fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, floración, semillación, madurez).

Tasa de elongación foliar: es el incremento en longitud de la lámina foliar en un intervalo de tiempo (cm/día o $\text{cm}/^{\circ}\text{Cd}$). La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud. La elongación foliar es altamente sensible a la nutrición nitrogenada.

Vida media foliar: es el tiempo térmico transcurrido desde la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia de esta; en el raigrás perenne 330°C , raigrás anual $350-400^{\circ}\text{C}$, cebadilla 515°C , pasto azul 342°C , falaris 644°C y festuca alta $440-500^{\circ}\text{C}$. A mayor temperatura la VMF disminuye debido a que el crecimiento y la senescencia se aceleran (Agnusdei, 2009).

Vida media foliar en días, ej:

Raigrás perenne $330^{\circ}\text{C} / 10^{\circ}\text{Cd día} = 30$ días, Festuca $440^{\circ}\text{C} / 10^{\circ}\text{Cd} = 44$ días.

Los cambios de estructura que experimentan los macollos en el transcurso de su desarrollo, se pueden determinar a través de la tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y la vida media foliar.

Las características estructurales de las pasturas, son: densidad de macollos, número de hojas vivas por individuo y tamaño de hojas. Estas últimas características definen el índice de área foliar de las pasturas, y con ello la capacidad de capturar energía lumínica para la fotosíntesis y abastecer funciones de crecimiento (Agnusdei, 2009).

Dentro de cada clima o piso altitudinal, lo que más influye en la tasa de elongación de las hojas y la tasa de acumulación de materia seca es la temperatura media del lugar y la humedad (precipitación y/o riego). A más temperatura crecimiento rápido pero también senescencia rápida en consecuencia vida corta, y al contrario a menos temperatura las plantas crecen más lento pero viven más (senescencia más lenta).

Dormancia. Es el estado de inactividad (reposo, baja de metabolismo) de la planta, inducida por las bajas temperaturas que le permite resistir las inclemencias invernales (en regiones con cuatro estaciones). La dormancia también puede ser provocada por cumplimiento del ciclo vegetativo (semillación) y permite a los pastos de regiones tropicales a sobrevivir a sequías prolongadas (ej: Pasto saboya-Manabí).

Área foliar. La magnitud del área foliar, define la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación fotosintéticamente activa.

Cobertura (Bernal, 2003): el máximo crecimiento ocurre cuando las hojas interceptan alrededor del 90-95% de la luz incidente y menos del 10% se pierde en el suelo, y que grandes cantidades de área foliar no producen aumentos adicionales en producción debido a que las hojas basales se hacen sombra unas a otras, se vuelven ineficientes y a veces mueren, además la sombra afecta a la densidad de los macollos. Los tallos se lignifican y estiran y se pierde valor nutritivo.

Cierre de la Canopia (follaje o cobertura vegetal). Concepto similar a cobertura, pero un poco más específico “es un punto de inflexión en el comportamiento de la pastura, de máximo aprovechamiento de la luminosidad a un progresivo sombreamiento de la misma”. El pastoreo debe realizarse cuando cierre de la canopia pasa del 90-95%, independientemente de cualquier otro criterio, por los motivos indicados anteriormente en cobertura.

Índice de Área Foliar. Concepto vinculado a los dos anteriores. El IAF es la relación entre la superficie superior de las hojas y la superficie del suelo en m², expresa la densidad de hojas de una pastura.

$$\text{IAF} = \frac{\text{Área Foliar (m}^2 \text{ de hoja)}}{\text{Área de suelo (m}^2 \text{ de suelo)}}$$

La superficie de las de hojas depende del tamaño de las hojas, del número de hojas y del número de macollos. El área foliar, la densidad de los macollos y la relación hoja / tallo, dependen del genotipo, pero pueden ser modificadas por el medio ambiente y por el manejo. (Marino, M. 2009).

La radiación interceptada por la planta, la tasa de crecimiento y la acumulación de forraje, tienen relación directa con el IAF. Cuando el 95% de la energía lumínica es interceptada, la tasa de crecimiento es máxima y el valor del IAF es óptimo. Si el IAF es bajo, una parte de la luz se pierde; si el IAF alto, una parte de las hojas se transforman en ineficientes por sombreado pero respiran y hacen perder carbono a la planta.

El IAF en leguminosas es 4:1 (4 m² de hojas por 1 m² de suelo) y en gramináceas 7-11:1 (7-11 m² de hojas por 1 m² de suelo).

La altura del pasto para el ingreso de los animales al potrero para el pastoreo, depende del IAF; la altura ideal para el pastoreo se indica en la Tabla 7.3. Altura de pastoreo y del residuo.

Tolerancia a la sombra. Este aspecto es importante cuando se cultivan mezclas o cuando se va a introducir una especie nueva en una pradera establecida. El trébol rojo y el loto se producen bien bajo condiciones de baja densidad lumínica, mientras que la alfalfa y el trébol blanco requieren de mayor densidad, por esta razón es más fácil introducir trébol rojo y loto en una pradera de kikuyo.

De los pastos megatérmicos, estrella, miel y maní forrajero son tolerantes a la sombra.

El efecto de la sombra de los pastos sobre los tréboles es el factor más crítico para la sobrevivencia del trébol blanco. El incremento de la sombra (falta de luz para las yemas axilares) reduce el crecimiento de los estolones, su propagación y desarrollo; por lo tanto, el manejo del potrero debe estar dirigido a dar luz a la leguminosa mediante un pastoreo bajo. Las mezclas de raigrás y trébol blanco pueden mantener una adecuada proporción entre componentes

de la mezcla, mediante una altura de pastoreo apropiada; pastoreando bajo (< 3 cm) se favorece a la leguminosa que almacena sus reservas en los estolones y tiene foliolos formados, en cambio pastoreando alto (> a 5 cm) se favorece a la gramínea que rebrota rápidamente debido al área foliar remanente y a las sustancias de reserva en la base de los tallos. Este razonamiento puede ser útil para el manejo del maní forrajero, en pasturas tropicales.

El sombreado también afecta a la nodulación y a la capacidad de fijación de nitrógeno, ya que existe una estrecha relación entre: intensidad y calidad de la luz solar, nivel de fotosíntesis, producción de carbohidratos, nivel de suministro de CHO a los rizobios y cantidad de nitrógeno fijado.

Nutrientes de reserva

El CO₂ fijado en la fotosíntesis es convertido en carbohidratos y otros productos similares; parte de los carbohidratos son empleados por la planta para el crecimiento de los diferentes órganos (biomasa aérea y biomasa subterránea), requerimientos fisiológicos como respiración, etc.) y finalmente, el excedente es almacenado como energía de reserva.

Las sustancias de reserva se caracterizan porque son desdobladas en compuestos simples que se traslocan a los puntos de crecimiento y sirven como fuente de nutrientes y energía para el rebrote y la formación de raíces nuevas. Además, ayudan a las plantas a sobrevivir los periodos de sequía y a recuperarse luego de sufrir temperaturas extremas (heladas). Los nutrientes de reserva según Correia (1983), son principalmente: Azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, sucrosa, maltosa, melódica, rafinosa, estaquiosa); polisacáridos (almidón, fructosano y pentosano); también compuestos nitrogenados como proteínas, aminas y amino ácidos (Davidson y Milthorpe, 1966; Ourry *et al.*, 1988; Ourry *et al.*, 1989; Smith, 1973).

Las gramíneas de clima templado almacenan fructosano, glucosa y sacarosa. Las gramíneas tropicales y las leguminosas tanto de clima frío como tropical acumulan almidón, sacarosa y a veces sucrosa como reservas orgánicas (Sheard, 1973). En general, las gramíneas tienen más azúcares que las leguminosas. Gramíneas y leguminosas acumulan almidón en las semillas.

Localización de las reservas. La alfalfa almacena las sustancias de reserva en la parte superior de la raíz y en la corona; los pastos rastreros como kikuyo, estrella, trébol blanco y maní forrajero en los estolones y rizomas; el raigrás (5 cm) y el pasto azul en los primeros 8 a 12 cm de la base de los tallos; el pasto elefante

en las cepas y en la parte superior de las raíces. Debido a esta característica, es importante para regular la altura de corte o pastoreo para cada especie.

Recuperación y acumulación de sustancias de reserva. Como ya se explicó en la Acumulación de la MS, en las especies perennes las reservas almacenadas son utilizadas en la iniciación de un nuevo rebrote, lo que causa una disminución en su nivel (balance energético negativo). La recuperación de sustancias de reserva se inicia en la fase de crecimiento, en el momento en que la cantidad de carbono fijado es mayor que la gastada por la planta (balance energético positivo), el nivel de reservas aumenta y se maximiza al finalizar la denominada Fase II (Crecimiento rápido); la planta emplea estos compuestos en el rebrote o en la floración y maduración.

En el raigrás la recuperación de las reservas orgánicas después del corte o pastoreo toma alrededor de 2-3 semanas (luego de la expansión completa de 2 nuevas hojas) y en la alfalfa 4-5 semanas, en el caso del kikuyo se conoce que si la defoliación se realiza cuando la planta posee 2 hojas/tallo, se afecta al rebrote del pasto, debido a que en este estado la planta no ha alcanzado a recuperar el nivel de carbohidratos de reserva (Donaghy y Fulkersory, 1998), el kikuyo recupera los carbohidratos luego de la 3ª hoja.

El tiempo que demora la planta en recuperar las reservas de carbohidratos solubles, constituye fase crítica de crecimiento o el tiempo mínimo de descanso que debería tener un potrero para no perder su capacidad productiva.

Con los antecedentes indicados, en el caso del raigrás existen los siguientes momentos de pastoreo:

- 1,5 hojas nuevas, demasiado temprano, el pasto no ha recuperado las reservas.
- 2 hojas, tiempo mínimo, todavía es época crítica, fase de recuperación de reservas.
- 2,5 - 2,7 hojas, tiempo óptimo, punto de equilibrio entre recuperación de reservas, buena cantidad de biomasa y buen valor nutritivo.
- 3 hojas, tiempo máximo, culmina la fase II de crecimiento.
- 3,5 hojas, demasiado tarde, contenido de FDN elevado, inicio de la senescencia de la 1ª hoja.

Punto óptimo de pastoreo por reservas orgánicas. Si se deja que se recuperen las reservas antes de una nueva defoliación, las plantas tendrán un rebrote sano y vigoroso, producción de nuevos macollos y estolones, alta densidad de plantas (lo que previene la introducción de otras especies) y será persistente

a través del tiempo. El uso de abonos y fertilizantes en el momento adecuado, contribuyen a facilitar la formación y acumulación de dichas reservas.

Sobrepastoreo. Cortes frecuentes y residuales bajos no permiten al pasto recuperar las reservas, así mismo, si se pastorea en floración el rebrote será lento debido a que las sustancias de reserva de la planta se utilizaron en este proceso, y si este mal manejo se prolonga el pasto morirá por agotamiento formándose espacios vacíos dentro de la pradera, que pueden ser usados por especies no deseadas.

Regla de oro. Para entrar a la época seca, no se debe permitir que los pastos inicien la fase reproductiva, la floración consume agua, agota las reservas orgánicas, los tallos que semillaron mueren, el sistema radicular se debilita, en definitiva la pastura ingresará disminuida a la época seca; la pastura debe llegar a la época seca con follaje pero no en floración o semillación.

Fitohormonas. Las hormonas vegetales son sintetizadas en los meristemos apicales de las hojas y de las puntas de las raíces. Existen dos tipos de fitohormonas: 1) De crecimiento (giberelinas, auxinas, citocininas y adeninas). 2) De maduración (ácido abscísico y etileno).

Las giberelinas (ácido giberélico GA3), interrumpen el período de latencia de las semillas haciéndolas germinar, movilizan las reservas en azúcares, promueven el alargamiento de las células, aumentan el crecimiento de los tallos, estimulan la formación de raíces adventicias e inducen la brotación de yemas.

Cuando la planta surge a la superficie se forman las auxinas (ácido indolacético IAA) que promueven el crecimiento y diferenciación celular, y por lo tanto la iniciación de las raíces y de los pelos absorbentes, el crecimiento en longitud de la planta y la dominancia apical.

Más tarde aparecen las citocininas o citoquininas, encargadas de la multiplicación de las células en tejidos no meristemáticos y su vez ayudan a la ramificación de la planta.

Las adeninas, hormonas que también tienen relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas e influyen de manera activa en la división, la diferenciación y división celular (Torres, 2008).

Una vez iniciada la fase de floración, se inicia la inhibición del crecimiento por acción del ácido abscísico (ABA) y luego el etileno promueve la senescencia (envejecimiento) y caída de las hojas, por esta razón cuando se corta un tallo floral, este muere y el rebrote es lento (Parra, 2009).

Desde el punto de vista hormonal el mejor momento para cortar o pastorear un potrero es cuando los pastos están terminando el desarrollo vegetativo, en este momento el contenido de hormonas de crecimiento va ser alto y el rebrote intenso.

En potreros polifíticos, el pastoreo debe iniciarse cuando la especie forrajera predominante haya culminado el desarrollo vegetativo.

Síntesis. De lo que hemos visto hasta aquí, los factores bióticos y el medio, se complementan. La disponibilidad de meristemas, los nutrientes de reserva, la acción fotosintética del área foliar residual del pastoreo cumplen un rol importante en los primeros días después de la defoliación. Sin embargo el crecimiento de la planta también está en función de la temperatura, absorción de agua y minerales del suelo. Todos estos aspectos en su conjunto contribuyen a un rebrote rápido y vigoroso de los pastos.

Aspectos nutricionales

Valor nutritivo. Cuando el pasto es tierno, el contenido de compuestos nitrogenados solubles es alto, pero el rendimiento de materia seca bajo; y al contrario, si se cosecha el pasto maduro, el rendimiento de materia seca será alto, pero el valor nutritivo bajo. En el momento en que la planta entra a la etapa reproductiva, el forraje reduce su calidad, ya que los nutrientes se concentran en la inflorescencia, además los tallos se lignifican rápidamente (Bernal, 1984).

El potrero debe pastorearse cuando las plantas terminan la Fase II, de Macollaje o Crecimiento Rápido), o en estado de “Cierre de Canopia” momento en el que existe un balance apropiado entre cantidad y calidad de forraje que se ofrece al animal, en este estado a más de producir una mayor cantidad de materia seca, tiene un alto nivel de Energía Metabolizable, el nitrógeno se encuentra casi todo en forma de aminoácidos (Voisin), con bajos niveles de fibra (FDN), por lo que es posible obtener niveles elevados de producción de leche. Estos temas también se analizan en el Capítulo “Calidad de Forraje y Producción Animal”.

Demagnet (2012) explica que las características de los cultivares son diversas y determinan que en un mismo estado fenológico de las plantas, posean diferente valor nutritivo. Existe una gran diferencia entre los cultivares tetraploides y diploides: en estado vegetativo, las plantas poseen un nivel de proteína de 18% a 28%, energía metabolizable 2,5 a 2,7 Mcal/kg, digestibilidad superior a 70% y FDN entre 36% y 45% respectivamente.

Tabla 7.6
Valor nutritivo de los pastos de clima temperado-frío

Composición de pastos de clima frío	Etapa de crecimiento		
	Macollaje	Emergencia de espigas	Espigada
Materia Seca %	15-18 Lluvias 20-25 Verano	30-35	40-45
Proteína % MS	16-20	12-14	8-10
FDN, % MS	35-40	50-60	65-75
Lignina, % MS	2 (5)	5 (8)	9 (13)
Digestibilidad, % MS	70-75	60-65	45-50
EM, Mcal/kg MS	2,5-2,7	2,2 - 2,3	1,8-2

Adaptado de Lucero, 2009. ESPE
Elaboración: Autores

Digestibilidad. En etapas similares de desarrollo, en las hojas de los pastos tropicales (C_4) hay mayor cantidad de haces vasculares en consecuencia más fibra (hemicelulosa, celulosa y lignina) y a su vez menos carbohidratos solubles que los pastos de clima templado (C_3), lo que afecta en forma negativa a la digestibilidad. Si la digestibilidad es menor disminuye la capacidad de ingestión de materia seca.

La digestibilidad tiene relación con la altura de la planta. Plantas altas requieren más tejido de sostén (fibra), las plantas pequeñas tienen más hoja, menos tallo, menos fibra y en consecuencia mejor digestibilidad.

Tiempo de descanso. En varios estudios se han demostrado que los potreros de raigrás llegan a un máximo de total de nutrientes digestibles (TDN) alrededor de los 28-30 días, en kikuyo 45-50 días. Sin embargo dependiendo del tipo de pradera, de las condiciones climáticas (T° y humedad) y de la fertilidad se puede adelantar la rotación en raigrás 21 días, en estrella 14 días, kikuyo 40 días (en la región interandina) y 30 días en valles bajos (estribaciones de cordillera).

Como consecuencia del basamento técnico explicado a lo largo de este capítulo, podemos concluir que los principios técnicos (morfológicos y fisiológicos) son generales para pastos de clima templado y de clima tropical. Cambian los factores ambientales, no la biología.

Momento de pastoreo integrando todos los factores. La pastura debe pastorearse cuando:

- Los pastos hayan recuperado los nutrientes de reserva.
- Los pastos hayan culminado el desarrollo vegetativo. Por lo menos un 80% de la pastura debe estar con hojas verdes y jóvenes.
- Los brotes tengan el número de hojas determinadas para cada especie (raigrás 2,7 hojas).
- En el caso de la alfalfa mientras las hojas bajas estén completamente verdes, cuando comience la emisión de nuevos brotes e inicie la floración.
- Se haya acumulado la Suma Térmica para llegar al estado de pastoreo, en el caso del raigrás 300°C.
- La materia seca acumulada en pastos de la sierra sea entre 2 600 y 3 000 kg en temporada de lluvias y 2 000-2 200 kg en época seca.
- La altura de los pastos perennes en la sierra sea aproximadamente 15-20 cm y de los anuales 30-40 cm, kikuyo 40 cm; en la costa el pasto signal 50 cm, el pasto miel 60-70 cm, y el pasto guinea 90-100 cm.
- Se cierre la canopia (IAF), cobertura sobre el suelo sea 90-95%, antes de que la sombra afecte a las hojas bajas, a la densidad de los macollos y a los pastos más bajos o rastreros.

Todo esto acontece con un Intervalo de Pastoreo de: en la sierra: 21-28 días en invierno y 35-42 días en verano, (kikuyo 35-48-60 días, respectivamente); en la costa: variable de 14 días 28 días en invierno y 35-42 días en verano. Si las condiciones climáticas y de fertilidad son favorables, se puede acortar la rotación.

Las normas anteriores pueden variar por ejemplo, se puede dejar que la pastura complete el macollamiento si el alimento es para animales en engorde se necesita más energía (relación fibra-ácidos grasos volátiles), o si el objetivo es volumen (para elaborar heno o ensilaje) sin importar demasiado la calidad.

Respecto al residuo del pastoreo (momento en el cual el ganado debe terminar el pastoreo y salir del potrero), los criterios son:

- Respetar 75% de altura mínima de reservas (3-4 cm en raigrases NZ y 5-6 cm en raigrases USA).
- Cuando el ganado haya consumido los 2/3 de la hierba, dejando un 1/3 de residuo.
- Siempre debe existir follaje residual para que salvaguardar las reservas orgánicas, preservar los meristemos y asegurarnos de que continúe la fotosíntesis.

- En los pastos de corte no se siguen estas normas, ya que se cortan dejando un residuo mínimo, ej: alfalfa 5 cm, *Pennisetum* y *Saccharum* de clima mega térmico 15 cm.
- En pastos mesotérmicos el residuo es 3-6 cm y en pastos megatérmicos 15-20 cm.
- En leguminosas trepadoras megatérmicas debe quedar el 50% de residuo.

Labores de manejo de pasturas permanentes

Las principales actividades destinadas a lograr un óptimo crecimiento del pastizal, son: riego, control de malezas, control de plagas, labores culturales y fertilización.

Riego

El crecimiento de los pastos depende principalmente de que el suelo tenga suficiente humedad y nutrientes. La principal fuente de humedad es la lluvia y cuando ésta es escasa debe complementarse con el riego. Delorenzo (2014) indica que en época seca regar es más seguro que rezar.

Riego es la aplicación artificial de agua al cultivo a fin de reponer el agua perdida por evapotranspiración y mantener condiciones óptimas de humedad en el perfil enraizable del suelo.

Con el riego se busca obtener rendimientos óptimos por hectárea y por m³ de agua aplicada.

El agua en las plantas

Los pastos tienen del 74 al 82% de agua. El agua es necesaria como medio para la absorción de nutrientes (soluciones diluidas), para las reacciones bioquímicas y para la traslación de sustancias orgánicas e inorgánicas dentro de la planta (INPOFOS, 2003). El agua es solvente del protoplasma y es necesaria para mantener la turgencia de los tejidos, la expansión celular y la elongación de tallos.

Si no existe pluviosidad, el riego es indispensable para mantener la producción de forraje.

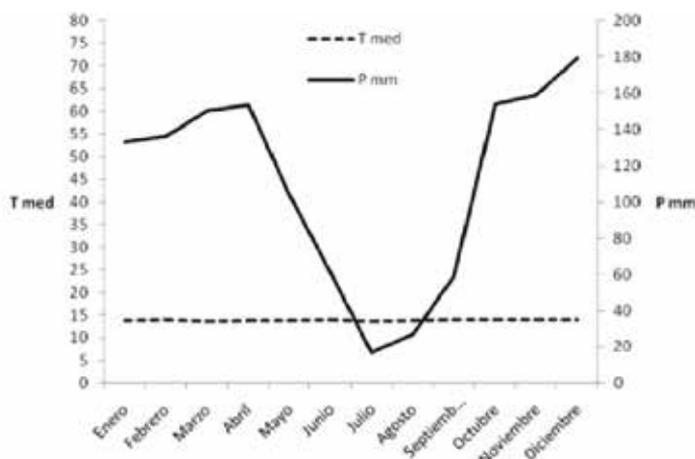
Planificación del riego

Uno de los procedimientos para determinar con precisión las necesidades de agua para riego es el establecido por el documento “Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56”.¹¹ Sin embargo, a manera de orientación en este texto se analizan algunos aspectos relacionados que pueden ser útiles al productor de pastos.

Para estimar las necesidades de riego, es necesario conocer las características climáticas como precipitación (pluviosidad total y su distribución en el año), evapotranspiración, temperatura (máxima y mínima), heliofanía, humedad relativa, vientos, el conocimiento de todo ello permite precisar los períodos críticos de producción, la productividad potencial de los pastos durante el año y las alternativas más adecuadas para contrarrestar la escasez de los mismos por efecto de sequía o inundación. Además, es necesario conocer la cantidad y calidad del agua disponible (superficial y subterránea), el tipo de suelo, agua disponible, el sistema de riego y el requerimiento de la especie forrajera.

Precipitación

Figura 7.15
Distribución de la temperatura y la precipitación
promedios de los años 1998 a 2010



Fuente: Estación Meteorológica, Hda. El Prado (IASA-ESPE).
Elaboración: Autores

11 Puede consultarse en la web de la FAO: <https://goo.gl/CXFGYv>

El primer paso es conocer la pluviometría del lugar, no solamente las medias anuales, sino sobre todo la distribución de la precipitación durante el año, ya que nos permite informarnos de los periodos de mayor humedad y sequía, ideal si se tiene los promedios multianuales de 10 años o más (Figura 7.15). Este aspecto es útil no solamente para riego, sino para planificación de la alimentación y la preparación de forraje conservado.

La duración de la época seca (verano) varía desde dos meses al pie de montaña en la Amazonía, hasta 7 meses en la zona Sur (entre Loja y El Oro). El periodo de lluvia varía desde 10 meses hasta 4 meses (Paladines, 2010).

Uso consuntivo

La planificación del riego se hace mediante la determinación del uso consuntivo que es la cantidad de agua que usan las plantas para crecer, desarrollarse y producir económicamente. El uso consuntivo está constituido por el agua que transpiran las plantas a través de las hojas, el agua que se evapora directamente del suelo y el agua que constituye los tejidos de las plantas. Es conocido que la evaporación y la transpiración constituyen casi el 99% del uso consuntivo sobre todo en el caso de los cultivos de talla baja y uniforme (como los pastos) que cubren totalmente el suelo y que siempre están previstos de humedad aprovechable.

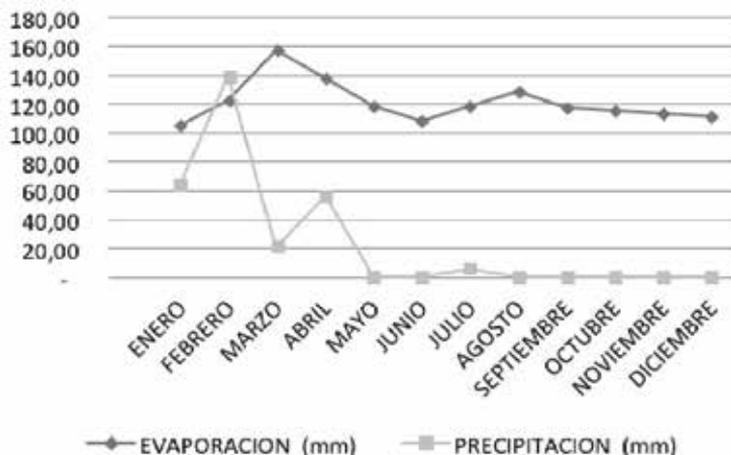
Evapotranspiración

La evapotranspiración (ET) se puede definir como la suma de la evaporación y la transpiración de la planta.

Luego del corte o pastoreo de la pastura, la mayor parte de la ET, casi el 100% es evaporación; en la medida que la planta crece aumenta la transpiración, cuando la pastura cubre el suelo la transpiración es un 90% de la ET.

Los factores que influyen en la ET son: la radiación, la temperatura del aire, la humedad relativa, el viento, el estado de crecimiento de los pastos, por lo que ET depende de la estación del año, siendo mayor durante los meses de verano y menor en invierno. En los valles de la región interandina la ET oscila alrededor de 4 mm/día, en Chone (Manabí) en el mes de marzo la ET supera los 5 mm/día, (Figura 7.16).

Figura 7.16
Evaporación y precipitación del año, Chone, Manabí 2011



Fuente: Estación Meteorológica del INHAMI, Chone.
Elaboración: Autores

Agua disponible

Agua disponible, es la cantidad total de humedad que puede extraer del suelo el sistema radicular de la planta, por lo tanto depende de la textura del suelo y de la profundidad de las raíces.

El límite superior del agua disponible es la capacidad de campo (agua que retiene el suelo una vez que escurre y drena) y el límite inferior es el punto de marchitez permanente (agua que contiene un suelo pero ésta se encuentra retenida con tal fuerza que las plantas no pueden absorberla).

Para que no haya disminución de producción es conveniente usar sólo el 50% de la humedad disponible en el suelo, llegado este punto es recomendable regar. Si se le permite a los pastos que consuman toda la humedad disponible, entran en estrés y hay disminución de rendimiento.

Para controlar la humedad es conveniente establecer la profundidad a la que se encuentran las raíces efectivas de la planta y esta será la zona en la cual se hará el control de humedad (en los pastos de la sierra el 82% de las raíces están en los primeros 10 cm del suelo) debido a que es la zona más dinámica y da mayor sensibilidad.

Para el control de humedad del suelo se pueden usar distintos métodos: observación de las plantas, toma de muestras de suelo con barreno, uso de tensiómetros o sensores electrónicos.

El control de humedad visual se hace observando los pastos, en la alfalfa que normalmente tiene un color verde oscuro, a medida que falta la humedad, se torna verde azulado y el cambio es un buen indicador del estrés hídrico. El agua de riego se debe aplicar antes de que ocurra el marchitamiento, con la consiguiente reducción del rendimiento. Este cambio se da cuando subsiste alrededor del 25 a 30% de la humedad disponible del suelo, por lo que con este método se puede perder mucha producción.

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

Por otra parte si no se tiene el dato de cuánta agua aplicar se puede caer en excesos de agua.

Cuando el período de riego comienza, lo mejor es llenar el perfil con cada riego, durante el período de mayor requerimiento se debe reponer el agua consumida.

Necesidades de agua

Las necesidades de agua de riego se refieren a la cantidad de agua que debe reponerse al suelo en cada riego. La demanda neta de agua de los cultivos se obtiene al hacer un balance entre la precipitación y la evapotranspiración en forma diaria o mensual. En zonas o épocas en que no existe precipitación la demanda de agua por las plantas es igual a la evapotranspiración y debe ser restituida con riego. La aplicación de agua que excede el máximo de la ET o la capacidad de retención del suelo, no tiene efecto en el rendimiento.

En la región interandina, para compensar los 4 mm/día de ET se deben dar riegos de 40 mm cada 10 días y en zonas calurosas y secas para suplir los 5 mm/día de ET el riego debería ser de 50 mm. Por otra parte, 1 mm de agua equivale a 1 L x 1 m², por hectárea, esto es igual a 10000 L x 10000 m² o lo que es lo mismo 10 m³/ha. Si 1 mm es 10 m³/ha, los 40 mm de zonas frías equivalen a: 40 x 10 m³/ha= 400 m³ / ha de riego cada 10 días, y los 50 mm de Manabí, equivalen a 500 m³.

La alfalfa necesita 1100-1200 mm al año (3,3 mm/día) ya sea en forma de riego o lluvias cuando el cultivo está establecido.

Paladines (2003) indica que “la mezcla de rye grass perenne más trébol blanco requiere 83 mm por 1 TM de MS/ha”, y que por lo tanto “para producir 14 TM de MS/ha se requieren $14 \times 83 = 1162$ mm de agua provistos como lluvia más riego”.

Cuándo regar

La frecuencia del riego dependerá de zona, las lluvias, temperaturas, etc. En toda circunstancia deben evitarse los estreses hídricos severos. La aplicación de riego cada 10 días durante la época seca, ayuda a mantener una producción constante, por lo que, aproximadamente 3 a 4 riegos por cada corte o pastoreo, es el número adecuado.

Aplicando tecnología lo mejor manera de conocer cuándo regar es utilizando sensores en el suelo que son los que determinan la humedad y la temperatura y nos dicen cuándo se debe iniciar un riego.

Es necesario regar antes del corte o pastoreo, así habrá disponibilidad de agua suficiente para el rebrote y se puede volver a regar tres a cinco días después del pastoreo. Elaborando un calendario de riego y pastoreo lo ideal sería: pastoreo punto de partida, riego a los días 5, 15, 25 y nuevamente pastoreo al día 30. Si al momento del pastoreo el suelo está seco, los pastos pueden entrar en estrés hídrico.

Tipo de suelo

Es importante la capacidad de retención o almacenamiento de agua en función de la profundidad del suelo y su textura, cuando más rica sea una tierra en coloides (arcilla y humus) mayor es su capacidad de retención, al contrario, las tierras arenosas tienen poder de retención reducido; en suelos arenosos por lo tanto el riego debería fraccionarse, por inundación una vez a la semana o por aspersión 2 veces a la semana. En la práctica, en zonas secas los planes de riegos dependen de los turnos (calendario y número de horas) de entrega y de la cantidad de agua entregada.

Interacción riego y fertilización

Hay una interacción positiva entre riego y fertilización, medida a través de altos rendimientos y eficiencia en el uso de agua. En suelos donde hay deficiencia de nutrientes, la fertilización con riego duplica el rendimiento de pasto. En ge-

neral la absorción de nutrientes se incrementa a medida que la tensión de la humedad del suelo disminuye, desde marchitez permanente a capacidad de campo.

Métodos de riego

Los principales métodos de riego de pasturas son: inundación y aspersión.

Figura 7.17
Aspersores pequeños



Fuente: León, R. 2016

Figura 7.18
Aspersor grande



Fuente: León, R. 2015

Eficiencia de riego

En función de la evapotranspiración y del sistema de riego, se estima que para regar en forma permanente una finca por el método de inundación en zonas bajas (Quinche, Guayllabamba) se necesita 1 L/s/ha; en los valles interandinos 0,8 L/s/ha y en el páramo 0,7 L/s/ha.

Tabla 7.7
Eficiencia de los principales métodos de riego

Método de riego	Eficiencia %
Inundación	65
Surcos	70
Aspersión	80
Goteo	90

Fuente: León, R.

Elaboración: Autores

La eficiencia de riego varía notoriamente por diversas circunstancias, no es lo mismo regar por inundación en suelo uniforme que en suelo desigual, en surcos rectos que surcos en contornos, regar por aspersión en clima cálido seco, que en clima frío y húmedo, con viento o sin viento, etc.

Requerimiento de cada especie

Para tener una idea de las necesidades de riego de diferentes cultivos, se puede indicar que para producir 1 g de materia seca:

- El maíz necesita absorber 350 g de agua
- La papa 375 g
- El arroz 680 g
- La alfalfa 840 g

Resistencia de los pastos a la sequía

Muchas especies de pastos de clima templado como pasto azul, festuca, falaris y alfalfa, los pastos tropicales como estrella, guinea y brachiarias tienen sistemas radiculares profundos que los hacen tolerantes a la sequía. Los estolones del trébol blanco pueden almacenar agua para las épocas secas lo que le permite sobrevivir

en mejor forma que el raigrás (INIAP, 1968), mientras que el raigrás no puede obtener el agua de las capas inferiores, como lo hace el trébol y la alfalfa.

En cuanto a profundidad de las raíces, cada cultivo tiene un patrón de distribución de raíces el cual varía según la edad, condiciones de humedad y naturaleza física del suelo, en términos generales se puede decir que un suelo arenoso permite una mayor profundidad de raíces, que un arcilloso. No habiendo limitaciones, se considera que el sistema radicular del maíz tiene 0,8-1,2 m de profundidad, la cebada 0,6-1,0 m, la caña de azúcar 1,0-1,10 m, praderas de clima templado 0,2 m.

Si al desarrollo radicular en profundidad, la dividimos en cuatro partes, encontraremos que en el primero cuarto (cerca de la superficie) están el 40% de las raíces, en el segundo cuarto 30%, en el tercer cuarto 20% y en último cuarto 10%. Si la mayor cantidad de raíces (las más jóvenes y funcionales) son superficiales es este estrato del suelo que debe estar húmedo y fértil.

Calidad de agua

Un tema importante es la calidad de agua de riego, pues puede contener nitratos, sulfatos, B, K, bicarbonatos, Cl, Na y otras sales, en cuyo caso habrá que adaptar las prácticas de producción (enmiendas, fertilización) de acuerdo a la fuente de agua.

Producción de forraje

En la mayoría de ecosistemas del país, la tasa de crecimiento diaria del verano es 5-20 kg/MS/ha/día, en tanto que en el invierno la tasa sube hasta niveles de 60-80 kg/MS/ha/día. En casos excepcionales y por períodos de corta duración puede llegar a 100 kg/MS/ha/día (Paladines, 2010).

El mismo autor refiere que Buitrón (2000):

Midió la respuesta de raigrás perenne var. Marathon a la aplicación de riego, manteniendo durante la época seca a capacidad de campo. Se obtuvo una tonelada adicional de MS con la aplicación de 536 m³ de agua y un incremento en la producción del verano de 2.8 TM de MS/ha, este incremento es de gran significación económica porque su reemplazo debe compararse con otras fuentes de alimento suplementario, todas ellas de mucho mayor costo.

Más adelante, menciona que “experiencias europeas indican que para la mezcla de raigrás más trébol blanco se requirieron 709 m³ de agua para producir

una tonelada métrica de MS en momentos de deficiencia de humedad en el suelo, para la gramínea sola se requieren 1050 m³". Los neozelandeses indican que la producción de pastos puede incrementarse hasta 5 kg/MS/ha desde la aplicación de 1 mm de agua (similar a los efectos de la lluvia). Por ello, la aplicación de 50 mm de agua cada dos semanas (100 mm en total) producirá un extra de 500-600 kg de MS en un mes seco.

Tabla 7.8
Adaptación hídrica de especies forrajeras importantes

Nombre común	Nombre técnico	Precipitación anual en mm	Grado de tolerancia	
			Sequía	Inundación
Gramíneas de clima frío				
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	>700	1	4
Raigrás perenne	<i>Lolium perenne</i>	1 000-1 500	1	2
Raigrás anual	<i>Lolium multiflorum</i>	1 000-1 500	1	2
Pasto azul	<i>Dactylis glomerata</i>	800-1 600	4	1
Festuca	<i>Festuca arundinacea</i>	>500	4	2
Holcus lanatus	<i>Holcus lanatus</i>	800-2 500	1	3
Avena	<i>Avena sativa</i>	700-1 000	2	2
Maíz	<i>Zea mays</i>	800-1 500	2	2
Centeno	<i>Secale cereale</i>	100-1 500	4	1
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	500-1 000	4	1
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	800-1000	2	3
Trébol rojo	<i>Trifolium pratense</i>	800-1 000	3	2
Loto	<i>Lotus corniculatus</i>		3	4
Gramíneas de clima tropical				
Alemán	<i>Echinochloa polystachya</i>	> 1 500	1	5
Pará	<i>Brachiaria mutica</i>	> 1 400	1	5
Tanner	<i>Brachiaria arrecta</i> (Sin. <i>B. radicans</i>)	> 1 300	2	5
Kikuyo del Amazonas	<i>Brachiaria humidicola</i>	> 900	3	4
Llanero	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	> 900	3	3
Signal	<i>Brachiaria decumbens</i>	> 1 000	2	2
Brizanta	<i>Brachiaria brizantha</i>	> 1 000	3	1
Ruzi	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	> 1 200	2	2
Estrella	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	> 1 200	3	4

Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	> 1 200	3	3
Sabanero	<i>Andropogon gayanus</i>	> 700	4	2
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>	> 1 200	2	2
Guinea	<i>Panicum maximum</i>	> 750	4	1
Elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>	> 1 000	2	1
Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>	350 - 950	5	1
Leguminosas				
Kudzú tropical	<i>Pueraria phaseoloides</i>	>1 300	2	3
Centro	<i>Centrosema pubescens</i>	> 800	3	3
Soya perenne	<i>Neonotonia wightii</i>	> 900	3	1
Quinchoncho	<i>Cajanus cajan</i>	> 600	3	2
Siratro	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	> 800	3	2
Maní forrajero	<i>Arachis pintoii</i>	> 1 200	2	4
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	> 750	5	1
Mata ratón	<i>Glyricidia sepium</i>	> 1 300	4	1

Elaboración: León, R., 2018

Elaboración: Autores

Control de malezas

Uno de los principales problemas de los sistemas de producción ganadera lo constituyen las malezas (plantas perjudiciales para el cultivo forrajero o para el ganado), por su amplia diversidad y agresividad y ante todo por las prácticas inadecuadas de manejo, lo que ha favorecido su amplia diseminación e incremento en los costos de control.

Es de suma importancia controlar las malezas para disminuir la competencia de estas plantas que son de menor valor alimenticio, muchas veces tóxicas y disminuyen la producción. Sin embargo se debe considerar que en todo potrero existen plantas adventicias, se consideran porcentajes tolerables, en la sierra 2-5% y en la costa hasta un 15%.

Los principales métodos de control de malezas son de tipo:

CULTURAL

- Evitar que semillen.
- Vigorizar al potrero con un buen manejo (fertilización, resiembras, impedir el sobrepastoreo).

- Plantas de cobertura (maní forrajero), manejo de la densidad (siembra o resiembras), etc.
- Las malezas anuales desaparecen luego del primer del pastoreo o corte de igualación.

Figura 7.19
Malezas del trópico, helecho y coquito



Fuente: León, R. 2010

QUÍMICO

- Malezas perennes de hoja ancha de la sierra como la “pacta”, con herbicidas hormonales como el 2,4-D ester, dicamba, picloram o glifosato. También aplicación de cal al suelo.
- Malezas (gramíneas rastreras) que invaden los alfalfares se controlan eficientemente con fluazifop butil, quizalofop-P Tefuril, Haloxifop-R-metil éster.
- Malezas perennes de hoja ancha de pasturas tropicales con 2,4-D amina.
- Malezas difíciles de los pastos tropicales, de hoja ancha y raíces profundas herbáceas o arbustivas, como la escoba, helechos, camacho, botoncillo, etc. con 2,4-D amina combinado con otros ingredientes activos como metsulfurón metil y picloram, también se puede aplicar glifosato en forma localizada.

Si las malezas ya han madurado, el primer control es corte con machete y cuando rebroten se aplica el herbicida (Tabla 7.9). Generalmente se realizan dos controles al año (a la salida del invierno y a la salida del verano).

Tabla 7.9
Principales herbicidas utilizados en pasturas

Nombre comercial	Ingrediente activo	Acción, uso
Ally	Metsulfurón Metil	Acción sistémica, controla arbustos y herbáceas de hoja ancha.
Amina, Aminapot 720, Aminapac	2,4-D Amina	Acción sistémica, controla herbáceas de hojas ancha de la costa y oriente.
Cerillo, Gramoxone	Paraquat	Acción de contacto, elimina todo tipo de follaje o parte verde de la planta.
Combatrán, Tordón 101, Flash	2,4-D + Picloram	Acción sistémica, controla arbustos y herbáceas difíciles de hoja ancha.
Combo	Metsulfurón Metil + Picloram	Acción sistémica, controla arbustos y herbáceas difíciles de hoja ancha.
Dacocida, Esterpac	2,4-D Ester	Acción sistémica, controla malezas de hoja ancha de la sierra.
H 1 Super	Fluazifop butil	Acción sistémica, controla gramíneas en cultivos de hoja ancha (alfalfa).
Marvel	Dicamba + Atrazina	Acción de contacto y sistémica, controla malezas de hoja ancha en cultivos de gramíneas.
Pantera	Quizalofop-P Tefuril	Acción sistémica, controla gramíneas en cultivos de hoja ancha (alfalfa).
Ranger, Roundup	Glifosato	Acción sistémica, elimina cualquier vegetal, aplicar en forma dirigida.
Verdict	Haloxyfop-R-metil éster	Acción sistémica, post emergente selectivo para cultivos de hoja ancha (alfalfa). Controla gramíneas perennes y anuales (kikuyo, estrella, digitaria, etc.)

Fuente León R. 2016
Elaboración: Autores

El 2,4-D es un herbicida que elimina malezas de hoja ancha, por lo tanto su aplicación en potreros afecta a las leguminosas; una excepción a esta regla es el maní forrajero que a pesar de ser de hoja ancha resiste al 2,4-D en dosis de hasta 1,5 L/ha.

En alfalfa se pueden utilizar muchos herbicidas ejemplo, para controlar:

- Malezas latifoliadas anuales, con bentazón, 2,4-DB y bromoxinil.
- Gramíneas, con butilato y cletodim.
- Gramíneas anuales y perennes, con propizamida, quizalofop p-etil, setoxidim, haloxyfop-R-metil éster.
- Latitofoliadas y gramíneas, con simazina y trifluralina.

Control de plagas

En Ecuador no se tiene un diagnóstico sobre la biodiversidad de los insectos y ácaros de las pasturas, debido posiblemente a una sub-valoración de su importancia.

Para el control de las plagas y enfermedades, lo más recomendable es aplicar el Manejo Integrado, es decir emplear todas las técnicas y métodos apropiados a fin de mantener las plagas a niveles inferiores a los que causarían daño económico; es mejor prevenir, ya que una vez presentado el problema los insectos, hongos, bacterias y nematodos dejan sus huevos y propágulos en el suelo enfermo.

En el Manejo Integrado los aspectos fundamentales son:

- Seleccionar especies resistentes.
- Asociación estratégica (mezclas forrajeras, policultivos, biodiversidad).
- En el caso de la alfalfa es conveniente la rotación (por los nemátodos).
- Saneamiento (drenaje).
- Uso racional de los fertilizantes, en especial los de tipo orgánico. No utilizar demasiado nitrógeno pues los tejidos se vuelven más suculentos.
- Respetar la acción de los enemigos naturales.
- Empleo de controles biológicos.
- Los mismos animales en turnos de pastoreo controlado reducen poblaciones de plagas y a veces es recomendable hacerlo en forma intensiva.
- En último caso, aplicación racional de plaguicidas.

Los métodos de control que en cada caso se implementen, deben basarse ante todo pensando en:

- La seguridad que representen para los usuarios, los animales y los consumidores.
- La efectividad biológica para reducir poblaciones plagas y evitar daños.
- Las ventajas económicas, ecológicas y sociales (Vergara, 1995).

Plagas

Cutzos. En la agricultura orgánica se conoce que los microhabitats de los catzos (*Phyllophaga* sp.), son las zonas abiertas de los potreros donde se realizan actividades de ganadería, alimentándose de desechos, materia orgánica y estiércol. En los bosques cumplen la función de aseadores ayudando a degradar estiércol y desechos de cadáveres, actividad positiva si se quiere mejorar la formación de materia orgánica en suelos pobres, pero en los potreros artificiales (también en papa y tomate de árbol) si su población es muy elevada pasan a constituirse en una plaga.

Los pastos de la sierra son afectados por los “cutzos” que son las larvas de los catzos que aparecen al inicio de la etapa invernal (octubre-noviembre) y en ocasiones durante todo el periodo de lluvias, causan daño a los pastos ya que se alimentan de sus raíces y en casos severos al quedar sin raíces las plantas mueren, dando lugar a que áreas amplias de los potreros se amarillen y se sequen.

La manera de disminuir la presencia de los escarabajos es mediante la dispersión de las heces del ganado, para destruir el habitat donde el escarabajo se aloja, alimenta y reproduce.

Da buenos resultados aplicar cal en las zonas afectadas y pasar varias manos de rastra para exponer los gusanos al sol a fin de que las aves ayuden a ejercer un control natural. Luego de unos días del rastrado se debe proceder a resembrar los lugares afectados.

Podría ensayarse utilización de *Beauveria* sp. y *Metarhizium* sp. en el control de esta plaga.

Una metodología ortodoxa para bajar las poblaciones de esta plaga es desparasitar al ganado de carne y las cuentas de ganado seco de leche, con ivermectina por el efecto residual que mata a la microfauna del suelo, situación reñida con las prácticas orgánicas.

Se puede prevenir el daño de los cutzos en la siembra de los potreros, preparando el suelo con al menos dos meses de anticipación, eliminando malezas y terrones, así se exponen las larvas a los depredadores naturales.

Chinche. Está comenzando a aparecer una nueva plaga en la región interandina, el chinche chupador de los pastos *Collaria* sp., pertenece a la familia Miridae, fitófago de las gramíneas, ocasiona daños tanto las formas inmaduras (ninfas) como las maduras (adultos) en los potreros de kikuyo, raigrás, holco, pasto oloroso y avena, en los ataques se observan puntos blancos en el follaje y posterior seca-

miento de las puntas de las hojas (parecido al daño de las heladas), el daño retarda el crecimiento de los pastos y reduce su calidad y palatabilidad para el ganado y por lo tanto la cantidad de consumo del animal, lo que lleva a una baja en la producción de leche, carne y un incremento en los costos de alimentación.

La distribución de los daños de estos insectos en los potreros es por sectores, parches o manchas, lo cual facilita su detección ya que pueden visualizarse en forma rápida.

Figura 7.20
Chinche chupador



Fuente: SMT, 2015

Figura 7.21
Daño del chinche en raigrás



Fuente: León, R. 2015

Para el control del chinche se debe seguir un Manejo Integrado consistente en:

- Descanso breve de los potreros para cortar el ciclo de vida de los insectos.
- Altura del residuo pastoreo, debe ser bajo para eliminar los huevos del chinche que están en el follaje.
- Aflojamiento del suelo (con cinceles o una rastra destrabada) para exponer los huevos y larvas al sol y los pájaros.
- Fortalecimiento de los tejidos y mejorar la tolerancia a los fitopatógenos fertilizando regularmente los pastos con potasio.
- Encalar (la cal es desinfectante y aporta Ca).
- Resembrar leguminosas ya que el chinche no afecta a los tréboles.
- Manejo de áreas no pastoreadas para eliminar focos de propagación (corte bajos y limpiezas de bordos de caminos).
- Manejo de enemigos naturales (mariquitas, libélulas y arañas).
- Aplicación de entomo patógenos (hongos, aceites, extractos o jugos de plantas o fertilizantes foliares).
- Cuando han fallado los métodos anteriores, aplicación de insecticidas dirigidas a los focos de infección, en forma ocasional y rotando los productos para evitar generar resistencia, insecticidas como Malathion o triclorfon (Dipterex) 25-30 días después del pastoreo época en que la población de insectos es más alta; se pueden utilizar también en forma rotativa los siguientes insecticidas: clorpirifos, fipronil, cipermetrina, imidacloprid, bifentrina, thiamethoxam. En seres de sangre caliente, el Malathión es degradado a ácido monocarbónico de malathión sustancia inactiva, en consecuencia, el riesgo de afección de este producto al ganado es mínimo.

Gusano ejército, trozadores. Los pastos tropicales, pueden ser atacados por larvas de lepidópteros (*Spodoptera* sp. y *Agrotis* sp.) que emigran de cultivos vecinos de maíz o caña de azúcar. Estas plagas pueden controlarse realizar un corte bajo del potrero y quema; además existe la alternativa de aplicar carvaril (Sevin) y acefate, que tienen un periodo de carencia de 1 día para ganado de engorde y 5 días para ganado de leche; también se utilizan métodos microbianos utilizando *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki (Dipel, Thuricide) que se aplica luego del pastoreo en los potreros afectados.

Nematodos. La alfalfa también es atacada en especial por el nematodo de agallas de la raíz (*Meloidogyne* sp.), el nematodo del tallo (*Ditylenchus* sp.).

que acortan su vida útil a 3-4 años; los controles preventivos son empleo de variedades resistentes, aplicación de materia orgánica al suelo y, rotación con gramíneas, o el producto biológico Sincocín en dosis de 2-4 L/ha.

Pulgones, trips. En verano los alfalfares son atacados por pulgones que chupan la savia, (*Mascrosiphum* sp.) la alfalfa nacional es susceptible, las importadas resistentes; si se presenta la plaga, se puede adelantar el corte o pastoreo y en el rebrote aplicar malathion, clorpirifos (Lorsban), dimetoato (Architox), metildimeton (Metasystox), y acefate (Orthene) este último insecticida controla los insectos chupadores pero respeta a los controladores naturales o biológicos. Debido al tiempo que transcurre entre la aplicación y la nueva cosecha de alfalfa (35-45 días), no hay riesgo para los animales.

Salivazo. En invierno, los pastos cespitosos como las braquiarias son atacados por el “salivazo” que pertenece al orden Homoptera, y familia Cercopidae (*Prosapia bicineta*, *Mahanarva spectabilis*, *Aeneolamia* sp., *Zulia* sp. y *Deois*) cuyas ninfas se localizan en la base de la planta y chupan la savia. Las ninfas son de color blanco amarillento y se encuentran rodeadas de una espuma blanca similar a la saliva, los adultos chupan e inyectan toxinas en las hojas (daño más grave) causan amarillamiento, secamiento y muerte (Fig 7.22). El pasto amarillado es desagradable por lo cual los animales comen menos y por tanto la producción de leche y carne se reduce. En zonas con un período de verano bastante definido, las ninfas y los adultos no se encuentran presentes, ya que en periodo de seca la plaga se reduce; sin embargo, en regiones donde las precipitaciones son de 3 500 mm anuales y sin una fase de verano definida, estos (ninfas y adultos) aparecen durante todo el año reduciendo su número durante la época más crítica del invierno.

Las mejores formas de control, son utilizar pastos tolerantes a esta plaga y permitir mediante pastoreos bajos, la entrada de los rayos solares los cuales matan al insecto y reducen la incidencia de la plaga.

Son pastos resistentes al salivazo: saboya, elefante, estrella, gordura, mulato; es medianamente tolerante *B. brizantha* c.v. Marandú el cual posee un gen de resistencia (antibiosis) y son pastos susceptibles: *B. decumbes* y *B. ruziziensis*.

Ayuda mucho la labranza mínima, pasar con una rastra al inicio de las lluvias.

Se aconseja aplicaciones tempranas de los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Bacillus popilliae*, *Beauveria bassiana* o *Paecilomyces fumosoroseus* solos en sus diferentes formulaciones y el uso de trampas amarillas pegajosas a razón de 25 trampas por hectárea al inicio de la infestación, para mantener las poblaciones abajo del nivel de daño económico.

Figura 7.22
Ninfa del salivazo



Fuente: León, R. 2014

Si pese a todo hay ataques severos, debemos emplear piretrinas naturales con un coadyuvante natural a base de sábila, aplicado en horas de la tarde.

También es factible utilizar otros insecticidas como clorpirifos (Lorsban) que tiene un periodo de carencia de 13 días, tanto para ganado de carne como para ganado de leche; se puede recurrir al Malathión o triclorfon (Dipterex) con un periodo de carencia de 1 día para los dos casos.

Si existiera una tercera generación (al finalizar el invierno) puede hacerse una aplicación combinada de los hongos entomopatógenos indicados inicialmente.

En ataques severos, el debilitamiento y baja de densidad de la pastura permitirá el desarrollo de malezas; entonces se debe efectuar un control químico integrado pulverizando insecticida, herbicida y abono foliar, por ejemplo: Lorsban 1 L/ha + Tordón 1 L / ha + Urea 10 kg/ha, este tratamiento provocará una rápida recuperación del potrero. También se puede preparar un abono medicado que combine abono orgánico y un insecticida para el suelo.

Las pasturas de pasto estrella de la Hda. Rey Sahiwal, en la vía Santo Domingo-Quevedo, al finalizar el invierno del 2002, fueron atacadas por lan-

gostilla *Schistocerca cancellata*, esta plaga se controló eficientemente con fumigaciones aéreas de *Metarrizium anisopline*, y posterior control de los adultos con cypermetrina y melaza, mediante trampas.

ENFERMEDADES

Las enfermedades de hoja en general, disminuyen la capacidad fotosintética, provocando mermas en producción y calidad. En regiones húmedas, resulta frecuente encontrar daños severos por enfermedades de hojas. Desde el punto de vista agrícola lo recomendado sería aplicar control químico, pero en ganadería una de las medidas aconsejables, es realizar un rápido pastoreo cuando se evidencian los primeros síntomas. Cuanto más frecuente es el aprovechamiento menor incidencia tienen las enfermedades, ya que no se le da tiempo a que estas se desarrollen, pero comprometiendo la vida útil de la planta (Hijano *et al.*, 1995).

Helminthosporium (*Helminthosporium graminis*). Se presenta como manchas alargadas de color café rojizo, ataca a las especies: *Cynodon dactylon*, *Pennisetum ciliaris*, *Chloris gayana* y *Panicum maximum*. El *Helminthosporium sacchari* afecta al pasto elefante con mucha frecuencia. La lesión en este caso es de color pardo púrpura y tiene el aspecto de una quemadura. Daña las hojas de la planta reduciendo la capacidad fotosintética.

Roya (*Puccinia graminis*). Afecta a la mayoría de los pastos, caracterizada por la aparición de pústulas de color marrón que corresponden a las esporas del hongo, alargadas o circulares, que invaden tallo, hojas, vainas y espiguillas disminuyendo la cantidad y calidad del pasto y de las semillas. La enfermedad más común es la roya de las hojas (*Puccinia coronata*); en clima frío el pasto más afectado por esta enfermedad es el pasto azul y entre los cultivos forrajeros, la avena. En la alfalfa el hongo de la roya es *Uromyces medicaginis*. Las leguminosas megatérmicas *Macroptilium* spp, y *Vigna* spp son afectadas por *Uromyces appendiculatus*, en este caso las lesiones ocurren en ambas caras de la hoja y son más comunes en hojas maduras.

Roya de la alfalfa (*Uromyces striatus* Schröt, sin. *U. medicaginis*). Se trata de una enfermedad típica de zonas cálidas. Aunque no produce la muerte de la planta, afecta a la producción y a la calidad del forraje. Los síntomas se manifiestan fundamentalmente en las hojas, apareciendo pústulas marrones o pardas, de hasta medio milímetro de diámetro, en cuyo interior se encuentran las esporas de color amarillo-rojizo. Los folíolos se tornan amarillentos y fácilmente se desprenden. Las pústulas se encuentran más prevalentemente en las hojas del tercio bajo. Medidas de control: Para combatirla se procede a un corte precoz, aunque es más recomendable la utilización de cultivares resistentes.

En el trébol rojo tenemos la roya del trébol (*Uromyces trifolii* (Hedw.) (Fuckel.), similar en síntomas y manejo a la roya de alfalfa.

Peca de la alfalfa (*Pseudopeziza medicaginis*). En la alfalfa la viruela o peca se manifiesta por manchas pequeñas o discos diminutos, marrones o negros de 3 mm de diámetro, folíolos amarillentos, cuando el tejido necrótico y las lesiones son abundantes se produce el desprendimiento de los folíolos. Son condiciones predisponentes los períodos de alta humedad relativa. Existen variedades resistentes como Caliverde y Du Puits.

En el trébol rojo ataca *Pseudopeziza trifolii* (Biv.-Bem.) Fuckel.

Antracnosis (*Colletotrichum trifolii*) se presenta en las hojas como pequeños sectores negros irregulares, lesiones hundidas; luego los tallos se secan como consecuencia de que se pudre la base, más severa en temporada de lluvias. Esa enfermedad afecta casi todas las leguminosas, especialmente a *Stylosanthes spp*, *Centrosema spp*, *Aeschynomene spp* y *Zornia spp*. sus lesiones aparecen en los tallos y en las hojas, en los tallos las lesiones aparecen como manchas de color marrón y negro y se encuentran usualmente bajo las estípulas. Pudrición de la raíz (*Rhizoctonia medicaginis* y *Sclerotinia trifoliorum* Ricks.). En leguminosas megatérmicas afecta al *Centrosema*, *Macroptilium*, *Glycine*, *Vigna*, *Phaseolus* y *Pueraria phaseoloides*, la enfermedad produce pudrición y secamiento de las hojas y manchas negras en los tallos. La mejor forma de controlar las pudriciones de raíces es el empleo de variedades resistentes, mejorar el drenaje de los potreros y no cultivar alfalfa en lugares húmedos. El encalamiento y la aplicación de sulfato de cobre al suelo pueden atenuar estos problemas, debido al efecto fungicida de estos productos.

Labores culturales

Las prácticas culturales que benefician a la producción de los pastos, dependen de muchos factores como: topografía, profundidad del suelo, niveles de fertilidad, clima, especie forrajera, del nivel de tecnología (recursos, filosofía del productor), etc. todo depende de los casos específicos que pueden variar de una zona a otra, de una hacienda a otra, de un potrero a potrero.

Las principales prácticas, en potreros de la región interandina son:

- Dispersión de heces, labor útil por diferentes razones:
 - Uniformar la distribución del abono.

- Facilitar la desecación del estiércol y exponer los huevos y larvas de los parásitos al sol, a fin de interrumpir su ciclo biológico, de esta manera se disminuye las poblaciones de catzos y cutzos y se combate los parásitos internos y las moscas del ganado.
- Evitar el asfixiamiento y el mal sabor del pasto en los sitios donde cayó el estiércol. Si el pasto no es comido por los animales, se desperdicia forraje. Por otra parte, el pasto residual y la majada afectan con su sombra al trébol blanco (Figura 8.11)

La dispersión puede hacerse a mano con un trinche o pala o, con rastra de seis llantas rin 17-20 tirada por tractor o rastra de tres llantas tirada por caballo, si el rin de las llantas es menor (liviana) no dispersa bien las heces, si las llantas son muy grandes o pesadas, maltratan el pasto lo cual perjudica al rebrote. Esta labor debe hacerse en época soleada y luego de 3-5 días después del pastoreo cuando las boñigas tengan consistencia y puedan ser fragmentadas; en periodo lluvioso no hace falta.

En ganadería ecológica de regiones tropicales, no se dispersan las heces, el calor y humedad del estiércol favorecen la actividad primero de lombrices y escarabajos, luego de bacterias y hongos, con lo cual el material se mineraliza y humifica, abonamiento de largo plazo.

Figura 7.23
Corte de igualación



Fuente: León, R. 2016

- Cortes de igualación del pasto máximo 24 horas post pastoreo, utilizando una máquina cortadora rotativa o desbrozadora accionada por tractor, teniendo el cuidado de hacer sobre los 5-7 cm del suelo para no afectar el rebrote; esta labor elimina los restos de pastizal no comidos por el ganado durante el pastoreo, evita que semillen las malezas y permite que la luz penetre hasta la base del pastizal y estimule el retoño tanto de las gramíneas como de los tréboles. Los cortes de igualación deben hacerse cuando el suelo tenga suficiente humedad, nunca en época seca. La hierba cortada, hilerada, puede ser comida por un grupo de ganado.

En sistemas silvopastoriles o donde se desea evitar la compactación del tractor, el corte de igualación puede ser reemplazado con el pastoreo de un segundo grupo de animales como ovejas, ganado seco o caballares.

- Control de malezas. La limpia o limpieza de malezas indeseables, tóxicas o espinosas. Esta labor debe realizarse solamente en época de lluvias y se la efectúa en el mismo momento que la chapia o corte de igualación.
- Aireación. El paso del “renovador de praderas” rompe las capas compactadas del suelo mejorando la infiltración de agua y la aireación para favorecer el flujo de los nutrientes y el desarrollo eficiente del sistema radicular y a la microfauna del suelo. Esta labor impacta ligeramente al primer rebrote del potrero (por la destrucción parcial de las coronas y de las raíces) sin embargo, el efecto benéfico es notorio luego del segundo pastoreo. El implemento tiene discos cortadores y cinceles, los discos van delante cortando el césped de esta manera los cinceles penetran en el suelo unos 15-20 cm sin levantar el césped. Esta debe ser una práctica rutinaria que debe efectuarse una o dos veces al año, dependiendo de la textura del suelo y la compactación, al inicio de las lluvias y, es mejor combinarla con fertilizaciones y resiembras (Ver Fig. 7.24).

En el litoral, esta labor sirve además, para controlar arañas y la vegetación nativa. Para esta labor se debe tomar en cuenta la profundidad de la capa compactada. De acuerdo con su ubicación en el perfil del suelo la compactación por el pisoteo del ganado ocurre en los primeros 10 cm del suelo, por uso continuo de tractor entre 20 y 30 cm.

- Fertilización, es uno de los factores que mayor impacto tienen en la productividad de las praderas, debe realizarse según el análisis del suelo, los requerimientos de la pastura, la carga animal, las necesi-

dades nutritivas de la especie animal y del propósito de explotación (leche, carne). Puede ser orgánica o química y sólida o líquida.

- Resiembra, esta labor es el complemento ideal de la fertilización y el aflojamiento del suelo. Puede realizarse con máquinas resembradoras o aprovechando las líneas dejadas por los cinceles aireadores, por el paso de una o dos manos de rastra destrabada mezclando semillas de pastos con las sales minerales de esta manera el ganado ayuda a resembrar con su estiércol o, simplemente botando semilla antes del pastoreo para que el ganado con su pisada consolide las semillas al suelo. En potreros de la región interandina generalmente se necesita resembrar cada 2 o 3 años y en el litoral cada 5 años; esta actividad se analiza con detalle en el Capítulo degradación y rehabilitación de pasturas.
- Subsulado. Es una labor que se realiza con el subsolador o desfondador, cincel que penetra hasta 60 cm de profundidad, permite remover la compactación y destruir capas endurecidas en suelos mal manejados, mejorando la mineralización del suelo. De acuerdo al sentido en que se efectúe esta labor con respecto a la pendiente, servirá para mejorar el drenaje o para mejorar la retención de humedad. Esta labor puede ser necesaria cada tres años.

Figura 7.24
Máquina aireadora, resembradora



Fuente: León, R. 2017

Es necesario resaltar que si se trata de corregir la estructura del suelo por medios mecánicos sin considerar el estado químico, se corre el riesgo de una rápida reversión de las características físicas, por lo tanto se debe revisar el origen químico de las capas endurecidas del suelo, el contenido de Ca, S y Mg, el contenido de materia orgánica y combinar el uso del implemento con la aplicación de las enmiendas que fuere necesario.

Figura 7.25
Trabajo del subsolador



Fuente: León, R. 2016

El subsolado y la aireación en la costa, son posibles donde la capa arable sea profunda, ej: suelos agrícolas de las zonas de Santo Domingo y Quevedo, imposible pensar que estas labores mecanizadas puedan realizarse en las estribaciones de cordillera o en la región oriental donde los suelos son frágiles, la topografía accidentada y la pluviosidad elevada.

- Control de plagas o enfermedades: su control se realiza mediante “Manejo integrado” es decir la combinación de diversas prácticas que se seleccionan de acuerdo a las características presentes, aspectos tratados anteriormente.

En regiones tropicales, se pueden aplicar algunas de las prácticas indicadas para la sierra, sin embargo, se deben tener en cuentas las características de la zona; es muy diferente manejar potreros en Manabí o Guayas donde existe estación seca bien marcada, que en Esmeraldas donde existe disponibilidad de humedad a lo largo del año o que en la región amazónica donde llueve abundantemente todo el tiempo. Corresponde al técnico o ganadero, combinar los conocimientos técnicos, con el sentido común y la experiencia.

CAPÍTULO VIII

Manejo del pastoreo

En el sistema de producción en pastoreo, los animales cosechan el pasto directamente del potrero de allí que es esencial lograr maximizar la producción y el consumo de forraje de alta calidad a través del año, esto se logra teniendo pasturas densas, foliosas y homogéneas y, mediante un adecuado control del pastoreo.

Partiendo de una perspectiva general para luego analizar las especificidades, los principales aspectos a tratar en este capítulo son: Sistemas de producción, Sistemas de pastoreo y Manejo del pastoreo. Dentro de Manejo del pastoreo veremos Intervalo de pastoreo, Tiempo de pastoreo. Otros aspectos vinculados a esta temática como Forraje producido, Forraje consumido, Número de animales que se pueden alimentar, Superficie de pastoreo, Número de días de pastoreo. Número de potreros, Parámetros de Productividad (Tasas de acumulación de materia seca, etc.) se tratan en el capítulo Planificación del Pastoreo.

Sistemas de producción

En toda unidad productiva ganadera hay un sistema de producción o una manera de manejar el ganado, de alimentarlo, de aprovechar el suelo, etc. Cada unidad productiva tiene su propio sistema de producción en función de sus componentes. Los principales componentes de los sistemas de producción, son: 1) Condiciones ambientales (clima, suelo, agua). 2) Recursos disponibles (técnicos y económicos). 3) Circunstancias específicas de una finca (ubicación geográfica, topografía, servicios disponibles, etc.).

Estos componentes se interconectan en la actividad pecuaria para generar resultados productivos. Los sistemas de producción a su vez, forman parte de cadenas productivas.

En otros términos, se puede decir que en un sistema de producción las materias primas (tierra, agua, abonos, forraje, animales, etc) interaccionan en un proceso productivo para generar productos finales carne, leche, lana, etc y residuos animales y vegetales que se incorporan nuevamente al proceso.

Sistemas de producción ganaderos

Son variadas las clasificaciones de los sistemas de producción dependiendo del enfoque o propósito del análisis; en general se basan en el tamaño del predio, la tecnología, los recursos (naturales, físicos, financieros, humanos y sociales) y la orientación de la producción.

Los principales sistemas de producción ganaderos, que se existen en nuestro país, son: 1) Sistema de pastoreo extensivo tradicional (producción de ganado en los páramos). 2) Sistema de pastoreo extensivo mejorado (pastoreo en grandes extensiones). 3) Sistema de pastoreo intensivo con suplementación (ganadería tecnificada). 4) Sistema de producción en semiestabulación. 4) Sistema de producción en estabulación (confinamiento).

En cada uno de estos sistemas se desarrollan una o varias actividades bovinas:

- Cría.
- Ceba o engorde.
- Ciclo completo (cría, levante y ceba).
- Doble propósito (carne y leche).
- Lechería.

Sistemas de producción de leche

En las granjas lecheras alrededor del mundo, existen básicamente tres sistemas de producción: Sistema de producción a pastoreo, sistema de producción en semi estabulación y sistema de producción en estabulación, tendencias principal es que son una respuesta a las condiciones climáticas de cada continente o región, estos sistemas se analizan brevemente.

Sistema de producción a pastoreo

Es reconocido ampliamente que la pradera de pastoreo, es la fuente más económica y abundante de alimentación. A este respecto, Holmes (2005) indica que en Nueva Zelanda el valor de un litro de leche es \$NZ 0,30-0,40 c/litro con un costo de producción de \$NZ 0,15-0,20 con el siguiente costo de los alimentos:

Tabla 8.1
Costo de los alimentos

Pasturas	\$ 0,04-0,06 / kg MS
Silajes	\$ 0,15-0,25 / kg MS
Granos	\$ 0,30-0,40 / kg MS
Concentrados	\$ 0,40-0,50 / kg MS

Fuente: Holmes, 2005.

Elaboración: Autores

En Nueva Zelanda el 80-85% de la dieta de las vacas es pasto y el 15-20% restante otros forrajes y suplementos. Con este sistema el rendimiento por hectárea en el año 2004, fue 10 600 kg/ha/año lo que es igual a 10 600/365 días = 29 L/ha/día.

La finca lechera de la Universidad de Lincoln (NZ) demuestra que una producción basada solo en pastos es posible, en este caso el 92% de la dieta es pasto y el 8% restante henolaje de pasto, sin concentrado.

La relación entre el precio de la leche y los costos de producción, en función de los sistemas de producción y sobre todo de los costos de la alimentación de los diferentes países, se refleja en la Figura 8.1. En esta figura se observa claramente cómo el precio de la leche se incrementa en países con alta dependencia de sistemas de alimentación con base en concentrados y cómo el costo relativo disminuye en sistemas donde por razones climáticas es posible utilizar un alto porcentaje de pasturas en la dieta a lo largo de todo el año.

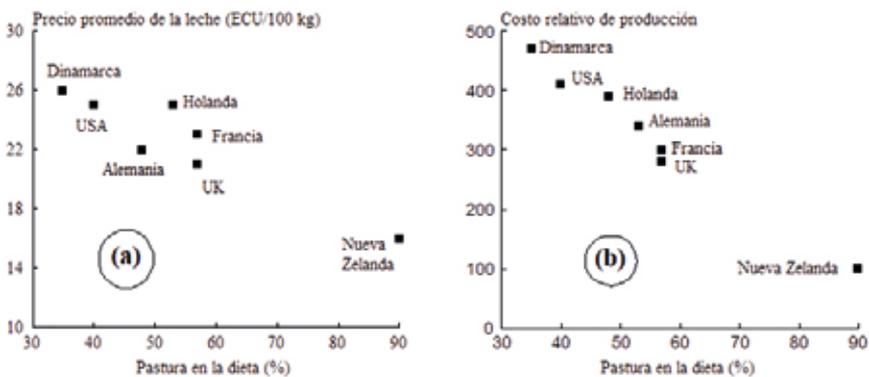
En el mundo existen muchos sistemas de producción a pastoreo, como ya se indicó el sistema de producción neozelandés, el sistema brasilero, PRV, silvopastoreo, etc. cuyos principios pueden ser aplicados en el país.

Dentro del sistema de producción a pastoreo existen dos modalidades intermedias, de acuerdo a la carga animal y al promedio de producción de leche por vaca y por hectárea: 1) Producción individual alta con carga animal media. Se caracteriza por el uso eficiente de las pasturas, conservación de forrajes para épocas de escasez de alimento y suplementación estratégica para lograr que las vacas puedan expresar todo su potencial genético. En los valles de la sierra, en fincas con tierras fértiles, con riego y vacas de raza grande (Holstein, Montbeliarde, etc.) la producción lechera supera promedios de 20 litros/vaca/día. Esta modalidad es preferida por las ganaderías que además de leche o carne, producen también de pie de cría y por lo tanto necesitan exhibir

records de producción. 2) Producción individual media con carga animal alta. En esta modalidad las vacas toman el 80% de sus requerimientos de materia seca de la pastura, y la MS restante lo reciben de la suplementación con forrajes cortados frescos o conservados (según la temporada) con algo de balanceado o una materia prima con alto contenido energético. Para esta modalidad se necesitan animales eficientes, de tamaño mediano o pequeño (Jersey, Rojo o Holstein Australiano o Neozelandés o sus cruces, etc.), con producciones medias (15-17 L/vaca/día) que no requieran dietas muy altas en energía. Este sistema es útil, para quienes buscan maximizar la producción de leche por hectárea minimizando costos.

Figura 8.1

Precio promedio de la leche percibido por el productor (a) y costos relativos de producción (b) en función al porcentaje de pasturas en la dieta



Fuente: Clark y Jans 1995, citado por Gagliostro, 2011
Elaboración: Autores

Se observa cómo el precio de la leche se incrementa en países con alta dependencia de sistemas a base de concentrados y cómo el costo relativo disminuye en sistemas donde por razones climáticas no resulta disponible utilizar un alto porcentaje de pasturas en la dieta a lo largo de todo el año (Gagliostro, 2003).

Sistema de producción en semi estabulación

Es un sistema mixto que puede practicarse para dar solución a determinados problemas derivados del clima, condiciones particulares de alguna finca, por seguridad, así por ejemplo:

- Pastoreo diurno y estabulación nocturna, en zonas muy lluviosas como Baeza donde el camino es fangoso y no posible que las vacas vayan dos veces al día a los potreros o, en propiedades pequeñas para incrementar la carga animal por hectárea y potenciar la producción de leche / hectárea / año. En este dos ejemplos, es clave escoger bien la raza bovina, siendo ideal la raza Jersey por su tamaño (o cruces de tamaño mediano), pezuña negra resistente a la humedad y adaptación a zonas agrestes y con pendientes.
- Estabulación diurna y pastoreo nocturno en regiones tropicales donde las vacas de razas europeas (*Bos taurus*) no resisten el sol de los climas tropicales.
- En propiedades cercanas a zonas pobladas donde hay antecedentes de robo de ganado.

En este sistema de producción de leche, es indispensable que las instalaciones de confinamiento sean funcionales, sencillas y de bajo costo y que el manejo de las actividades se las haga con el mínimo de trabajadores posibles. La alimentación durante el confinamiento se basa generalmente en pastos de corte, henolaje o ensilaje.

Sistema de producción en estabulación

Las condiciones climáticas adversas durante el invierno en USA, Canadá y los países nórdicos de Europa; el clima desértico en Texas (USA), México, Arabia e Israel, impiden hacer pastoreo y obligan a que el sistema de producción sea estabulado a fin de controlar las condiciones medioambientales.

En este sistema los animales reciben cuidados más intensivos, la producción individual y por hectárea es mayor, las vacas son de elevada producción y requieren de raciones alimenticias únicas o TMR consistentes en forraje cortado 35% y mezclas de alimentos concentrados, ensilajes y heno 50-65%. En Holanda el silaje constituye el 50-80% de la dieta, por lo que se produce silo durante casi todo el año. En Israel, los ganaderos alimentan sus animales con raciones balanceadas elaboradas en base de subproductos de la agricultura de exportación.

Los costos por raciones balanceadas, forraje cortado y conservado, maquinaria, mano de obra, tiempo y energía son considerables; por lo tanto, este sistema es vulnerable a las fluctuaciones de precio, tanto de la leche, como de los concentrados y los otros insumos, por ello los costos de producción por litro de leche son mayores (en estos países, el costo de producción de la leche

oscila alrededor de \$ 0,28 / L). El margen de utilidad por litro de leche es menor pero los volúmenes de leche producidos son mayores.

En estos países los ganaderos hacen ganancias debido a los subsidios y a que el costo de la maquinaria, los fertilizantes y algunos insumos (sobre todo los granos) son bajos.

Este sistema se podría implementar en las zonas semiáridas y secas del sur del país y de nuestro litoral o, en propiedades pequeñas del trópico o subtropical que cuentan con mano de obra familiar y quieren aprovechar al máximo sus recursos.

En el Ecuador, con climas y suelos tan diversos, así como con ganaderos con objetivos, capacidades técnicas y economías diferentes, cada productor tiene que analizar que modalidad se ajusta más a las condiciones de su predio, su capacidad económica, la disponibilidad de mano de obra, etc. y que aspectos puede aplicar o le conviene más.

Como comentario final, es preciso mencionar que la ganadería es un proceso, los sistemas de producción ganaderos y el grado de intensificación evolucionan con el tiempo, el progreso generalmente es el resultado de una adaptación mental, técnica y económica del ganadero; obviamente si se trata de una empresa con capacidad técnica y económica, los cambios son más rápidos.

Tabla 8.2
Principales ventajas y desventajas de los sistemas de producción ganaderos

Sistemas	Ventajas	Desventajas
Pastoriles	<ul style="list-style-type: none"> < Impacto ambiental > Bienestar animal < Impacto a nivel de paisaje. < Costos de alimentación. > Sustentabilidad del sistema. > Calidad de vida (demanda de horas/hombre). 	<ul style="list-style-type: none"> < Producción de leche. < Control de cantidad y calidad del forraje.
Confinados	<ul style="list-style-type: none"> > Producción de leche. > Control del consumo de alimento y de los costos de alimentación. > Estabilidad de la calidad de la dieta. 	<ul style="list-style-type: none"> < Salud animal. > Inversión de capital. > Costos de producción. > Requerimiento de combustible fósil. > Dificultad en el manejo de los residuos.

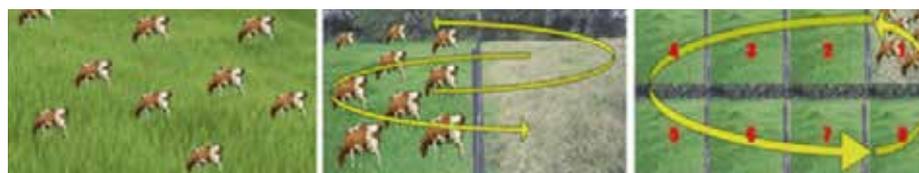
Fuente: Salado, 2011
Elaboración: Autores

Sistemas de pastoreo

Un buen sistema de pastoreo es aquel que asegura que los animales sean alimentados satisfactoriamente, minimiza el desperdicio de pasto y asegura que los pastos crezcan rápidamente. Teniendo en cuenta que un sistema de producción no puede ser solamente pastoril, dependiendo de la época del año el pasto es base de la alimentación en un 90-80-70%, en épocas de lluvias hay que suplementar con grano o alimento balanceado, y en época de sequía necesariamente se debe suministrar forraje conservado.

Los sistemas de pastoreo, influyen en la cantidad de energía gastada por los animales en buscar alimento, en la eficiencia de cosecha, en el tiempo de recuperación del potrero, en la compactación del suelo, cantidad de residuos vegetales y animales que se reciclan, etc.

Figura 8.2
Sistemas de pastoreo



Pastoreo continuo Pastoreo rotativo Pastoreo en Franjas

Fuente: Adaptado de Rúa, 2010

Los principales sistemas de pastoreo, que se analizan a continuación son: 1) Pastoreo continuo. 2) Pastoreo rotativo. 3) Pastoreo en franjas. 4) Pastoreo neozelandés. 5) Pastoreo Voisin.

Pastoreo continuo

Este sistema también se le conoce como pastoreo libre, extensivo, “set stocking”. Este sistema consiste en mantener un número de animales permanentes en pastoreo. En la sierra por ejemplo, en la región de los páramos el ganado pasta durante todo el año en una gran superficie.

Este es un sistema primario, donde el pastoreo se vuelve selectivo, los animales seleccionan las plantas más suculentas, más nutritivas y continuamente está defoliando los nuevos rebrotes de estas plantas sin permitirles la acumulación de reservas para su recuperación por lo que pueden desaparecer;

las especies menos deseables en cambio dominarán en la pradera, el suelo se compacta y hay peligro de infestaciones parasitarias, los animales gastan mucha energía en búsqueda de las especies más gustosas y el manejo de los animales también se dificulta. Como única ventaja se puede mencionar la poca inversión en cercas, bebederos y saladeros.

Figura 8.3
Pastoreo continuo, extensivo



Fuente: León, R. 2018

Por lo explicado, obviamente este sistema de pastoreo no debería ya practicarse, salvo en reservas naturales y con animales salvajes.

Pastoreo rotativo

Este sistema de pastoreo es también conocido como rotacional, controlado o alterno.

Desde un punto de vista medio ambiental, este sistema maximiza el aprovechamiento de la energía solar por parte de las plantas (pastura) y la utilización de la energía acumulada en las plantas por parte de los animales, equilibrándose los requerimientos de las plantas y de los animales para incrementar la cosecha por unidad de superficie.

El pastoreo rotativo requiere de la comprensión de la ecología de las pasturas y del control del tiempo (periodos de descanso y pastoreo), de la carga

animal (número de animales y tamaño de potreros) y del residuo de forraje después del pastoreo.

Este sistema consiste en dividir la tierra de pastoreo en áreas pequeñas a fin de dejar descansar los potreros por turnos y permitir su recuperación. Los potreros deben ser de tamaño homogéneo a fin de que la oferta de pasto sea también uniforme todos los días sin insuficiencias ni excesos.

Para el ganado de leche la tendencia actual es hacer los potreros para un día, con puertas de acceso a un camino central, en ocasiones lateral; la ocupación no puede ser de más días debido a que al cuarto día luego del pastoreo el pasto inicia su rebrote y si el rebrote es consumido por los animales se afecta el vigor de la pastura propiciando su degradación, además de que se generan caminos internos con suelo compactado.

Figura 8.4
Pastoreo rotativo



Fuente: León, R. 2012

En el caso de ganado de carne los animales no se mueven tan frecuentemente y las áreas de pastoreo pueden planificarse en bloques grandes subdivididos en varios potreros (6, 8, 10 potreros) de 2 a 3 días; estos potreros además pueden ser contiguos, donde el ganado pasa de un potrero a otro, en forma sucesiva, solamente abriendo puertas, sin necesidad de caminos; se puede construir bebederos-saladeros fijos en el lindero común de dos potreros o un bebedero-saladero para cuatro potreros (esquina común para cuatro potreros).

Cuando el ganado culmina el pastoreo en un bloque, pasará a otro similar. Los caminos en este caso, solamente dan acceso a los bloques de potreros.

El número de potreros, la cantidad de ganado dentro de un potrero y el tiempo que los potreros son pastoreados o están descansando depende de la velocidad de crecimiento de los pastos. Dado que el ritmo crecimiento de forraje varía día a día, se deben tomar decisiones diariamente.

Este sistema:

- Permite pastorear en forma pareja, maximizando la ingesta de forraje y minimizando el desperdicio de forraje.
- Da tiempo suficiente a los pastos para rebrotar, desarrollar hojas funcionales y recuperar sus niveles de energía.
- Causa menos daño a la vegetación por pisoteo.
- Disminuye la compactación del suelo (un día de ocupación y 30-35-50 días de descanso).
- Permite al suelo para que recobre su estructura.
- Mejora la distribución del abono orgánico.
- Utiliza mejor los fertilizantes.
- Mantiene alta carga animal.
- Conserva una producción animal estable.
- Baja la incidencia del meteorismo.
- Evita las infecciones parasitarias.
- Disminuir el gasto energético de cosecha.

El número de potreros para tener un pastoreo en rotación depende de los factores clima-suelo-planta. Se necesita mayor número de potreros cuando el clima es frío, las especies son de crecimiento lento o durante la época seca. El Pastoreo Racional Voisin (PRV) recomienda tener un mínimo de 40 “parcelas” por cada grupo de ganado, de tal manera de tener un número de potreros suficientes para las épocas de escases, en el período de lluvias si sobra pasto la recomendación de Voisin, citado por Castagna *et al.* (2008) es:

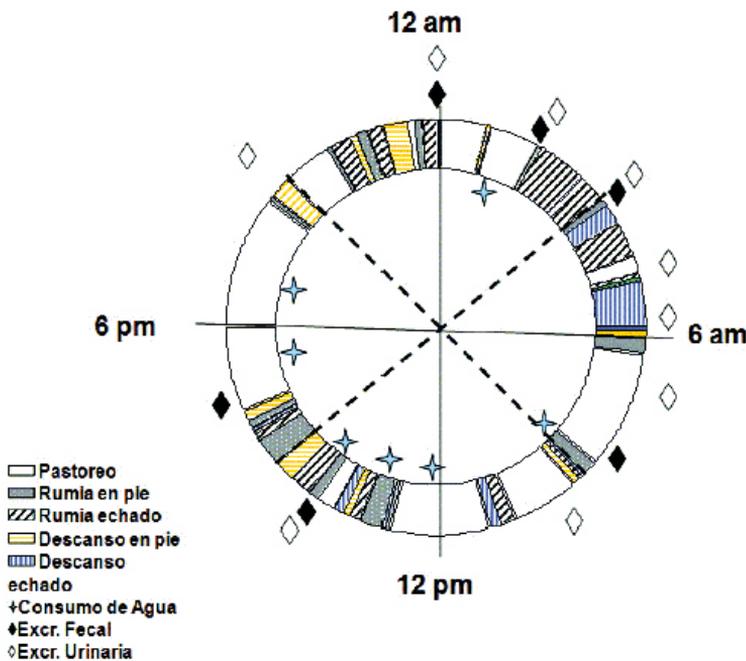
Cuando es viable, el excedente debe ser transformado en heno o silaje para ser consumido en los períodos de carencia de pasto. Ocurre que, muchas veces, los excedentes por razones climáticas u operacionales, no se pueden utilizar para heno o silo. En esa situación, lo recomendado es pastorear los mejores y proceder a cortar y picar los demás que también se encuentran en punto óptimo de reposo, a fin de proporcionar e incorporar la materia orgánica al suelo, una especie de abono verde de cobertura (p. 52).

En el caso del kikuyo a 2 650 msnm el descanso oscila entre 45-48 días en época de lluvias y 60 días en época seca, por lo tanto el número de potreros necesarios para la rotación sería: $45 + 1 = 46$ potreros de un día como mínimo, ideal, $48 + 1 = 49$ potreros y queriendo prever la época seca, 61 potreros.

Es muy importante contar con un plano donde consten la extensión del predio, la distribución de los potreros con las áreas, la planificación del sistema de riego, la red de distribución de agua para bebida del ganado, trazado del cercado eléctrico (acorde al movimiento de los animales en la rotación), áreas destinadas para pastos de corte, bancos forrajeros (en el trópico y subtrópico), caminos, corrales y otras construcciones, bosques, áreas de reforestación, etc., para poder controlar la ejecución de la planificación y la alimentación animal en pastoreo de manera especial.

Pastoreo en franjas

Figura 8.5
Patrón de pastoreo y rumia de los bovinos



Fuente: Espinoza, Hernández, & Folache, 2008

Este sistema se conoce también como pastoreo racionado, franjeo, fraccionado o “strip grazing”. Se podría definir también como un sistema de producción de “confinamiento a campo, en pastoreo”. Consiste en racionar el pastoreo o subdividir los potreros en tres franjas diarias, dos por la mañana y una para la tarde y noche, guiándose por el “patrón de consumo y actividad rumiante” del ganado vacuno en pastoreo, según la Figura 8.5. Conviene recordar que según lo analizado en el Capítulo Manejo de Pasturas, Ecofisiología, Grados Brix, el pasto es de mejor valor nutritivo (más azúcares) por la tarde y primeras horas de la noche.

Con el pastoreo en franjas, las ventajas del sistema de pastoreo rotativo (controlado) se potencializan: El tiempo de permanencia de los animales en una franja de potrero es mínimo. Los animales disponen de nuevo forraje fresco, en forma permanentemente. La producción de leche se mantiene estable.

En este sistema, la división de los potreros se hace con alambre electrificado fijo y, las franjas interiores con cercas móviles (cinta eléctrica y estacas o varillas aisladas que ponen o retiran rápidamente).

Figura 8.6
Cercado eléctrico



Fuente: León, R. 2017

El pastoreo intensivo bien manejado genera una pradera de mejor calidad, pues las plantas se usan en estados jóvenes, esto implica una alta digestibilidad de ella con muy buenos niveles de proteína y energía.

Desde el punto de vista económico el mejor aprovechamiento de la pradera permite relacionar directamente el costo de producir un kilo de forraje y cuánto de ese forraje producido es efectivamente consumido y transformado a leche, al aumentar el consumo de la pastura el retorno por lo gastado es mayor.

En alfalfares o en potreros con mucho trébol, para evitar el torzón se debe subdividir en franjas más cortas e ir dando el forraje poco a poco, en forma intermitente con tiempos de consumo limitados, ej: 10 minutos de pastoreo, descanso, 10 minutos de pastoreo, descanso.

Se debe tener la precaución de que el espacio para el ganado frente a la cerca eléctrica sea tal que, cada vaca disponga del lugar suficiente para pastorear sin ninguna interferencia, esto evitará el amontonamiento y competencia por el forraje.

Con el sistema de pastoreo en franjas, el potrero puede tener un tamaño variable de uno a tres días o más (dependiendo de la configuración física del terreno y el frente disponible al camino), pero en cualquier caso, el ganado debe pastorear con cerca eléctrica adelante y cerca eléctrica atrás, entre estas dos cercas debe haber el espacio para un día, a fin de que las vacas dispongan de espacio suficiente para descansar y bostear, mejorando el bienestar animal. Para llevar adelante este sistema es necesario contar con un operario despierto y con suficiente experiencia para evitar equivocaciones en el tamaño de las franjas, caso contrario es preferible el sistema de pastoreo rotativo diario con potreros de un día, así el trabajador solamente se encargará de llevar el ganado al potrero.

Pastoreo neozelandés

El pastoreo neozelandés, más que un sistema de pastoreo rotativo, es un sistema de producción animal con algunas características (enfoques) no comentadas hasta el momento:

- Se aprovecha que el clima es favorable, tanto para producir pasto, como para que las vacas pastoreen a campo abierto todo el año.
- Como el ganado vive en el medio ambiente, la inversión en infraestructura y maquinaria es baja.
- Las vacas caminan al potrero, no se corta pasto, en este caso los potreros deben estar ubicados a distancias cortas para minimizar el gasto de energía por la caminada.
- Los caminos están acondicionados y en buen estado, para evitar problemas podales.

- Se utilizan mezclas forrajeras perennes con el propósito de reducir los gastos de mantenimiento, maquinaria y mano de obra por unidad de producción.
- Los ganaderos buscan el crecimiento equilibrado de gramíneas, leguminosas y adventicias de alta productividad ya que el 90% de la ingesta proviene de las praderas.
- Manejan el nitrógeno atmosférico fijado por los tréboles y el reciclamiento de las deyecciones, en sustitución de los fertilizantes nitrogenados.
- Todos los costos son mantenidos al mínimo, esto incluye suplementación innecesaria, construcciones, dispersión de efluentes, maquinaria, fertilización nitrogenada y mano de obra.
- Se fertilizan las pasturas con el criterio de restituir los elementos extraídos y no devueltos al suelo.
- No se suministran sales minerales a los animales, pues los pastos que reciben una fertilización balaceada contienen todos los nutrientes necesarios para el mantenimiento y producción animal.
- Se busca la máxima transformación de los nutrientes contenidos en los forrajes en leche, a través de un eficiente manejo del pastoreo.
- Producen leche estacionalmente, las pariciones se concretizan a fines de invierno y a comienzos de primavera.
- En los meses de más bajas temperaturas, las vacas están secas, al término de su preñez.
- El manejo del ganado sigue estrechamente a las disponibilidades de forraje. Los terneros disponen prontamente de pasto tierno que aumenta a medida que ellos crecen. Con este manejo el ternero requiere menos leche para alimentarse.
- Los excedentes estacionales de forraje se henifican o se llevan preferentemente a ensilajes en el terreno mismo, a base de los llamados silos zanjas de muy bajo costo.
- Las vaquillas deben ser cubiertas aproximadamente a los 15 meses, para ello debe llegar a un peso adecuado, si no lo logran, los animales se marginan del proceso para mantener así la estacionalidad deseada.
- La genética es seleccionada para este sistema. Prefieren las vacas que sean fuertes, excelentes patas y ligamentos, longevas, fértiles, facilidad al parto, resistentes a enfermedades metabólicas. De tamaño bajo, menor peso y alto rendimiento, ya que requieren menos alimentación de mantención.

- Maximizan la producción de leche por hectárea, a base de alta densidad ganadera sacrificando los máximos de producción por vaca, como es usual en USA o Europa, debido a que la tierra es la principal fuente de inversión y la principal fuente de alimentación.
- La producción por vaca no es alta pero los costos son muchos más bajos. Los ganaderos obtienen ganancias aún teniendo los precios de la leche bajos y los costos de los fertilizantes e insumos altos. En países con sistemas de producción pastoriles (N. Zelandia, Uruguay), el costo de producción de un litro de leche oscila entre \$ 0.09-0.12.
- Las ganaderías se manejan con muy poco personal. Trabajadores motivados, entrenados y habilidosos.
- Las actividades menos habituales son realizadas por empresas externas, como son las siembras, las construcciones (salas de ordeñas, cercos y otras), la crianza de animales de reposición.
- El ganadero lechero neozelandés está plenamente incorporado a un sistema cooperativo, que reúne a una gran cantidad de productores. El sistema cooperativo es dueño de las plantas industriales y de los sistemas de transporte de leche, como también es oferente de insumos y de otros servicios, como los de inseminación artificial y en general de la atención sanitaria.

Pastoreo Racional Voisin (PRV)

André Voisin, fue un físico-químico francés que en la década de los años 50-60, realizó estudios y mediciones sobre el crecimiento y comportamiento de las pasturas, y desarrolló el “sistema de producción ganadero agroecológico más eficiente a base de pasto”. Esta eficiencia se logra haciendo un uso racional de los recursos con los que contamos para producir. Sobre este sistema de pastoreo, de manera resumida podemos señalar que:

El fundamento del PRV está en el desenvolvimiento de la biocenosis del suelo y en los tiempos de reposo y de ocupación de las parcelas de pastoreo, siempre variables, en función de las condiciones climáticas, de fertilidad de suelo, las especies vegetales y tantas otras manifestaciones de vida, cuya evaluación no se encuadra en esquemas preestablecidos (Pinheiro Machado, 2004, p. 6, citado por Castagno *et al.*, 2008).

El PRV tiene cuatro leyes: Dos leyes de las plantas: Ley del descanso, Ley de la ocupación. Dos leyes de los animales: Ley de rendimientos máximos, Ley de los rendimientos regulares.

LEYES DE LAS PLANTAS

Ley del reposo

Para que un pasto cortado por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes sucesivos, haya pasado el tiempo suficiente para permitir al pasto:

- Almacenar las reservas necesarias para un rebrote vigoroso.
- Realizar su llamarada de crecimiento, esto es, una gran producción de pasto por día y por hectárea.
- El periodo de reposo entre dos cortes sucesivos será, variable de acuerdo con la especie vegetal, estación del año, condiciones climáticas, fertilidad del suelo y demás factores ambientales (Castagno, A. *et al.*, 2008).

En el PRV el ganado debe ponerse en un potrero, cuando el pasto ha alcanzado el punto óptimo de descanso, su mejor estado nutricional y mayor productividad.

Ley de la ocupación

“Solamente un tiempo de ocupación corto hará que el ganado no corte el rebrote del pasto durante el mismo periodo de ocupación” (Castagno *et al.*, 2008).

Cuando el pasto es defoliado, en pocos días se inicia el proceso de formación de las células verdes, inmediatamente comienza la fotosíntesis y la reposición de reservas en la raíz. Si en ese período el animal vuelve a comer la planta y esto sucede repetidas veces, el pasto se debilitará y la producción de pasto se reducirá.

El PRV permite a los ganaderos alojar la mayor carga animal posible en pastoreo en su predio (pastoreo intensivo), pero como su nombre lo indica, al mismo tiempo nos invita a hacer un uso completamente “racional” de las pasturas que alimentan nuestro ganado, en potreros cuya dimensión (área de pastoreo) ha sido calculada para que el ganado no pastoree ni más ni menos de lo que requiere diariamente, no desperdicia pasto, ni lo daña, sino que lo aprovecha al máximo, al tiempo que se respeta el rebrote de la pastura (Rúa, 2010).

Figura 8.7
PRV en la provincia del Carchi



Fuente: León, R. 2016

LEYES DE LOS ANIMALES

Ley de rendimientos máximos o ley de las categorías de animales

“Es necesario ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que puedan coger más cantidad de pasto y que este sea de la mejor calidad posible” (Castagno *et al.*, 2008).

Los animales de mayores requerimientos deberán hacer el “desnate” de la pastura y los animales de menores requerimientos un “repaso”. Es importante la altura, densidad y calidad del pasto. Cuanto menos trabajo de pastoreo se le imponga al animal, mayor es la cantidad de pasto que podrá cosechar.

Ley de los rendimientos regulares o ley de permanencia

“Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares es preciso que no permanezca por más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos si una vaca no permanece por más de un día en una misma parcela” (Castagno *et al.*, 2008).

Entre menor sea el tiempo de ocupación de un potrero, mayor será la producción del hato en pastoreo.

Como se aprecia los postulados de Voisin mantienen vigencia. Sin embargo, la ciencia actual da más precisión y detalles acerca de la biología y su aplicación al pastoreo, hoy se habla de macollos, número de hojas, índice de área foliar, suma térmica, fitohormonas, fibra detergente neutra, grados Brix,

residuo de pastoreo fotosintetizante, en vez de parcelas de un día hoy se la posibilidad de subdividir el área de pastoreo con la cerca eléctrica en tres franjas diarias, acorde con los hábitos de pastoreo y rumia del ganado, etc.

Quien se interese por el PRV encontrará diferencias más profundas y amplias, de las existentes entre la agricultura convencional y la agricultura orgánica. Entre los conceptos distintivos de esta “ganadería agroecológica” se encuentra:

- Respeto al bienestar animal.
- La nutrición de los pastos y el mejoramiento de la estructura del suelo depende de las excretas del ganado, residuos orgánicos vegetales (herbáceo y arbóreo) y de la actividad de los microorganismos del suelo.
- Paisajismo.
- No está permitido utilizar maquinaria agrícola.
- No está permitido uso de enmiendas ni fertilizantes químicos, sino solamente “ecológicos”.
- No se pueden utilizar antiparasitarios de que afecten a los microorganismos del suelo.
- Efecto de la saliva.
- Trasmutación biológica de los elementos.
- Leyes de las plantas.
- Leyes de los animales.
- Ley de fertilidad creciente.
- Efecto biocatalizador de la materia orgánica.
- Ciclo del etileno.
- Disponibilidad de agua en cada parcela.
- Sistemas de vías y caminos perimetrales a los potreros.
- Confinamiento a campo (alta carga animal).
- Se suministran sales minerales al ganado, en el potrero.
- Rozadoras biológicas, etc...

El PRV da resultados observables a partir del tercer año y se manifiesta a plenitud a los 6 años (cuando el suelo se ha desintoxicado de los químicos); este sistema de pastoreo como lo indica Pinheiro (2004) es incompatible, antagónico e irreconciliable, con los procedimientos convencionales.

Una aplicación del PRV, es el “Pastoreo Preferencial” que consiste en dividir imaginariamente el pasto en tres partes y manejar dos grupos de animales para realizar:

- El “desnate” que consiste que en primer lugar ingresan al potrero las vacas en producción y las vacas preparto, para pastorear el tercio superior (las puntas de las hojas, la parte más nutritiva).
- Luego viene el “repaso” con vacas secas, vaconas y caballos, que pastan el tercio medio (de valor nutritivo intermedio).
- Queda el tercio inferior como residuo para el rebrote.

Con este sistema se potencia la producción individual de leche y se ahorra concentrado. En el caso de ganado de carne se puede conseguir ganancias individuales de más de 1 kg diario en pasturas de raigrás anual (Bendersky, 2009).

Se debe resaltar que es necesario calcular bien la cantidad de materia seca disponible para cada grupo de animales (en cada tercio de perfil del pasto), lo que a vez redundará en la necesidad de incrementar el tamaño de los potreros para lo cual habría que unificar las áreas de pastoreo de los dos grupos de animales que normalmente están separados (vacas en producción y vacas secas), esto a su vez significa que este sistema se puede aplicar en predios medianos o pequeños o con una forma geométrica tal que permita ubicar a todos los de potreros de manera más o menos equidistante a la sala de ordeño. Todos los caminos y potreros deberían disponer de los mismos recursos naturales (riego) e infraestructura (caminos adecuados, cercamiento para un día, etc.).

Silvopastoreo

Como su nombre lo indica, este sistema es una combinación de árboles con pasturas y producción animal en pastoreo, con el objetivo de mejorar la productividad en forma sostenible.

El silvopastoreo constituye una práctica evidentemente superior a cualquier metodología al momento de evaluar costos de producción; estas ventajas son aprovechadas y aplicadas por el Sistema de Pastoreo Racional Voisin.

Con el silvopastoreo se obtienen las siguientes ventajas:

- Mejora el bienestar animal y de los microorganismos del suelo.
- Mejora la fijación de carbono.
- Producción de oxígeno.
- Fijación de N.
- Las hojas de los árboles “filtran” la radiación solar, mejorando el bienestar animal y del estrato vegetal inferior.

- Incrementa y mejora la dieta animal (follaje y frutos), sobre todo si son árboles leguminosos.
- Incorpora a la superficie (por medio de la hojarasca) minerales extraídos de capas profundas.
- Protección de los suelos.
- Protección de los cursos y fuentes de agua.
- Fomenta la fauna.
- Flores para las abejas.
- Productos forestales como madera, leña.
- Mejoramiento del paisaje y del valor de la propiedad.

Figura 8.8
Acacias (Prosopis sp.) y pasto estrella



Foto: León, R. 2002

De manera breve podemos indicar que existen varias alternativas de combinación árboles y pastura:

- Cercas vivas en una o más hileras, formando barreras, esta disposición es útil para obtener protección contra el viento en zonas altas y ventosas.
- Árboles y arbustos dispersos en forma uniforme dentro de las pasturas, con el propósito de proporcionar sombra y forraje en climas megatérmicos.
- Árboles y arbustos en franjas y callejones, en el entorno de los potreros.

- Barreras vivas en suelos con pendiente, construyendo camellones previos a las hileras (para desviar el agua de las lluvias) y sembrando pastos entre las barreras.

Otros sistemas de pastoreo

PASTOREO VESPERTINO

Como consecuencia de la fotosíntesis realizada durante el día, las plantas tienen mayor concentración de azúcares y un mayor valor nutritivo al atardecer. Los azúcares son fuente de energía rápidamente disponible para microorganismos ruminales y por ende habrá una dilución en la concentración de fibra y proteína, incrementando su digestibilidad y la producción secundaria (Gregorini *et al.*, 2006a, Gregorini *et al.*, 2007b).

Por la noche las plantas respiran, los hidratos de carbono se oxidan liberando energía, dióxido de carbono y agua, por esta razón el pasto en las primeras horas del día tiene menor valor nutritivo.

En conclusión, el forraje del pastoreo de la tarde y noche es de mayor utilidad para la producción animal, por lo tanto se puede privilegiar el pastoreo de la tarde, los potreros nocturnos tienen que ser de lo mejor y las vacas tienen que tener más tiempo de pastoreo en esta parte del día.

PASTOREO INTELIGENTE

Según Echeverri (2010) consiste en cortar mecánicamente la hierba (con motocultor o guadaña mecánica) y suministrarla al ganado, amontonada sobre el piso en el mismo sitio donde fue cortada, delante de la cerca eléctrica de donde los animales la toman directamente. La cuerda eléctrica impide que los animales pisoteen, orinen o defequen sobre el pasto, con lo cual:

- Se optimiza la cosecha. En este sistema solo existe una pérdida de pasto de un 10- 12%, aumentando la capacidad de carga y los días de duración de los potreros, mientras que en un sistema de pastoreo directo el desperdicio oscila alrededor de un 35%.
- Se mejora la disponibilidad, la oferta y el consumo de materia seca por animal. El pasto pierde humedad y las vacas pueden consumir bocados más grandes debido a que éste ya está cortado.
- Hay menor gasto de energía debido a que las vacas no tienen que realizar ningún esfuerzo en cosecharlo.
- El rebrote es uniforme.

- Se mejora la relación hojas/tallos sobre todo en el caso del kikuyo, debido a que el rebrote se genera desde el suelo.
- Esto requiere hacer aforos periódicos para establecer con precisión el pasto disponible.
- Se incrementa la producción con base forrajera (litros de leche/ha).
- Se evita el corte de igualación después del pastoreo.
- Se elimina el colchón de kikuyo, facilitándose las labores de fertilización, aireación y resiembra.

Este sistema de pastoreo podría practicarse donde ya se explotan las praderas al máximo y se quiere elevar todavía más la carga animal; habría que evaluar si los costos por maquinaria, operación y mano de obra, se compensan con los ingresos adicionales.

CREEP GRAZING

Esta práctica permite a los animales jóvenes acceder a mayor calidad y cantidad de forraje que sus madres, logrando que los terneros o corderos incrementen el consumo de materia seca digestible con lo que se consigue maximizar el incremento de peso diario y peso final al destete.

Por lo visto hasta aquí, todos los sistemas de pastoreo intensivos, tienen principios coincidentes, conviene analizarlos y considerar la aplicación de las tecnologías que mejor se adecuen a los propósitos de cada ganadería.

PASTOREO MECÁNICO

En inglés “soiling”. El uso de forraje picado produce mayores rendimientos (producción primaria y secundaria) por hectárea, que con el pastoreo directo con animales, debido a las siguientes razones:

Ventajas

- Ingiere más cantidad de materia seca por bocado (3-4 kg/MS/hora, mientras que en pastoreo la tasa es de 1-2 kg/MS/hora) según Leaver (1986, citado en Lanuza, INIA, Remehue, 1996).
- El animal gasta menos energía en buscar alimento, en tiempo de ingestión y en tiempo de rumia.
- No se desperdicia pasto por el pisoteo ni por el excremento de los animales.
- El rebrote es uniforme.
- El período de descanso se puede regular mejor.

- No hay selección de forraje.
- La compactación del suelo es menor.
- Ahorro en cercas fijas y eléctricas, bebederos.
- Mayor control de ciertas enfermedades y plagas de las plantas.

Desventajas

- Necesidad de aumentar la fertilización al suelo en el caso de que no haya retorno de excretas sólidas y líquidas.
- Alto valor de los equipos, costos operativos, costos de mantenimiento e infraestructura necesaria para la cosecha mecánica de forraje y para el manejo del estiércol.

Los abrevaderos

Cuando el ganado toma agua en las acequias, existe el riesgo de que el agua esté contaminada con parásitos o material infeccioso, de allí la importancia de proveer al ganado agua potable o por lo menos lo más pura que sea posible.

En todo potrero tiene que haber un abrevadero, lo más práctico son tanques plásticos que están equipados con un flotador para regular el flujo del agua, estos bebederos son móviles y pueden ser transportados al potrero a donde vaya el ganado. El agua debe ir hacia el animal y no al revés, esto implica que una ganadería debe contar con una red hidráulica (generalmente tubería de PVC), que abastezca a todos los potreros; en potreros que cuentan con tuberías fijas para riego por aspersión el agua se puede cojer de esta red principal.

Figura 8.9
Bebederos plásticos y tomas de agua



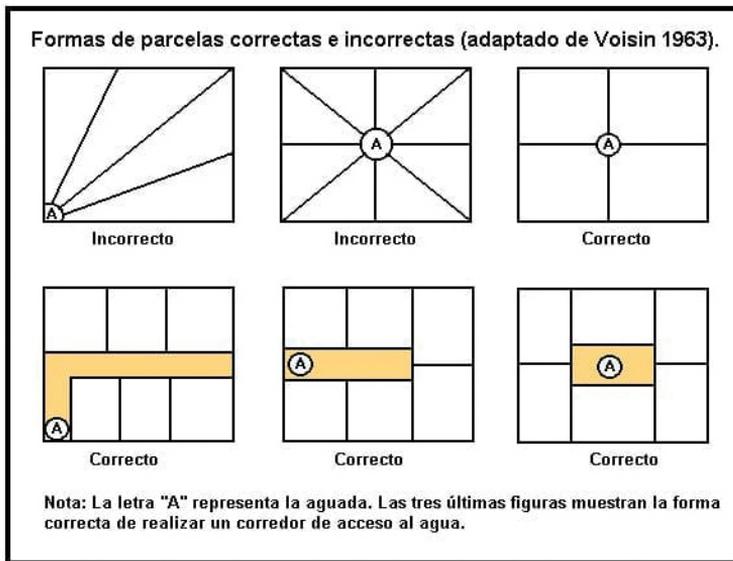
Fuente: León, R. 2016

En algunas ganaderías de la sierra se lleva agua potable al ganado que pasta en los potreros, mediante un remolque-tanquero provisto de bebederos automáticos que es tirado por tractor, esta modalidad ha perdido vigencia de-

bido a los costos de la maquinaria, equipo y operación y, a la compactación del suelo, este método solamente es explicable cuando se trata de llevar agua a un potrero donde no existe o no es posible llevar agua mediante otro sistema.

En el caso de que el hato sea numeroso, los potreros muy grandes y la fuente de agua distante, se pueden construir bebederos de cemento en el lugar más cercano a la fuente de agua.

Figura 8.10
Disposición de potreros para acceso agua



Fuente: Mamani, 2016

En muchas áreas tropicales, las fuentes naturales de agua son los esteros, ríos, reservorios de agua, vertientes y pozos, en este caso el ganado debe tener acceso al agua por medio de un camino común para todos los potreros (Figura 8.10).

Forraje hidropónico

Consiste en colocar semillas germinadas en bandejas, dentro en invernaderos con ambientes controlados, que permiten un rápido crecimiento vegetal posibilitando obtener forrajes de alto valor nutricional. El procedimiento detallado se analiza en la sección Anexos.

Manejo del pastoreo

En manejo del pastoreo, son de vital importancia el tiempo de ocupación de los potreros, el tiempo de descanso y la suplementación.

Ocupación

Los factores relacionados con la ocupación, son: tiempo de pastoreo, presión de pastoreo, especie animal y suplementación.

TIEMPO DE PASTOREO

Para manejar apropiadamente el tiempo de pastoreo se debe partir de la cuantificación (aforo) del forraje disponible en la pradera, debido a que hay una relación entre biomasa vegetal (kg de MS/ha) con biomasa animal (kg/peso vivo) a fin de ajustar el número de animales a alimentar (vacas/ha) y el tiempo de ocupación del potrero en cada época climática (cargas variables de acuerdo con el régimen de lluvias-sequía), esta es una de las decisiones de manejo más importantes. Este tema se explica con amplitud en el siguiente capítulo Planificación Forrajera, Planificación diaria.

PRESIÓN DE PASTOREO

La presión de pastoreo se refiere al número de animales que se alimentan en un potrero en función de la disponibilidad (forraje disponible). Pocos animales ejercen una presión baja y por el contrario si se tiene muchos animales tendremos una presión de pastoreo alta, lo ideal es manejar el pastoreo con cargas normales u óptimas. Se considera carga animal baja < 2 UB/ha, carga animal media 2,5-3 UB/ha y, carga animal alta > 4 UB/ha.

En la relación presión de pastoreo y respuesta animal, se observa la Ley de “Rendimientos decrecientes”:

Primera etapa, carga animal baja

Cuando en un potrero se tienen pocas vacas, estas disponen de suficiente pasto, las vacas están bien alimentadas, la producción individual es alta pero se desperdicia forraje.

Segunda etapa, carga animal normal o alta

Si se incrementa la presión de pastoreo, la eficiencia de cosecha aumenta, el forraje disponible es menor, hay menor oportunidad de selección y por

lo tanto la producción por unidad animal disminuye, pero la producción por hectárea aumenta que es lo que busca en el sistema de producción pastoril.

Es necesario buscar un punto medio, un balance entre la oferta de alimento (producción de pasto), la demanda de alimento (carga animal) más adecuada y una máxima producción (de carne o leche) por unidad de superficie, dentro la realidad (recursos) de cada sistema de producción.

Tercera etapa, carga animal muy alta

La cantidad de animales alcanza un número tal que no hay suficiente alimento disponible por vaca, tanto la producción por vaca como la producción por hectárea declinan. Los costos para mantener vacas extra son muy altos. Los efectos de la presión de pastoreo son más evidentes durante las primeras 12 semanas de lactancia, vacas pastadas a la más alta carga animal, perderán más peso vivo.

Esta búsqueda de la carga animal óptima, debe estar acompañada del análisis de costos de producción de un litro de leche, para comparar con el precio de venta y de esta poder manera determinar la mejor opción para el sistema de producción.

ESPECIE ANIMAL

Respecto a la especie animal se deben considerar: comportamiento, manera de defoliación, pisoteo, deposición de heces y orinas.

Comportamiento

Tabla 8.3
Actividades de los bovinos

Actividades	Vacunos	Ovinos
Períodos de pastoreo (N°)	4-5 veces al día	4-7
Distancia que caminan	3-5 kilómetros diarios	5-13
Tiempo de pastoreo	8-10 horas diarias	9-11
Tamaño del bocado, rango	1,8 gr / MS / bocado	
Tasa de comida	50-65 bocados / minuto	
Tiempo de rumia	4-9 horas / día	8-10

Elaboración: León, R.

Elaboración: Autores

El comportamiento de cada especie es diferente, así por ejemplo en los bovinos y ovinos varía dentro de los siguientes parámetros indicados por Hafez y Scott (1962), citados por Carámbula; Combs (2001) y Holmes (1994), mismos que se resumen en la Tabla 8.3.

Defoliación

El principal efecto de los animales en la pastura es la defoliación las partes aéreas de la planta llevada a cabo por el animal en pastoreo. Los animales consumen el forraje de manera irregular, tanto en el plano horizontal como en el vertical cosechando más forraje en unos sitios que en otros, e igualmente rechazando selectivamente el forraje en algunas zonas de la pastura, en función de la disponibilidad de la biomasa cosechable, accesibilidad, arquitectura de la vegetación, distribución en el perfil, aceptabilidad, experiencia previa, contaminación, taninos, preferencia por partes de la planta (hojas, tallos, material muerto), se trate de monocultivo o cultivos mixtos, estado de crecimiento, preferencia individual, etc. (Cuesta, 2005).

Existen diferencias anatómicas entre las especies animales. Los equinos, ovinos y caprinos, cortan bajo el pasto con sus dientes, con el riesgo de eliminar la base de los tallos que contienen nutrientes de reserva y están en capacidad de continuar con la fotosíntesis. Si el sobrepastoreo es severo y no se dejan partes de hoja para que continúe la fotosíntesis, si se eliminan la base de los tallos que contienen reservas orgánicas y si se llega a eliminar los puntos de crecimiento, los pastos tienden a agotarse, el rebrote tardará más tiempo y si esta situación se repite los pastos pueden desaparecer; por todo ello, se debe vigilar la “intensidad” de pastoreo. Sin embargo, un pastoreo bajo (sin dañar los meristemos) cada cierto tiempo, es conveniente ya que estimula el macollamiento.

Los vacunos, en cambio al tomar el pasto con la lengua y arrancar el bocado, causan menos daño a la pastura y como consecuencia el rebrote es más rápido.

Lo ideal es buscar un punto de equilibrio, es decir un pastoreo relativamente intenso, que evite el sombreado de las partes bajas, pastos cespitosos y/o vegetación rastrera (trébol blanco, maní forrajero), incremente el número de macollos vigorosos y al mismo tiempo deje algo de nutrientes de reserva y área foliar para apoyar el rebrote. En este tema, la mejor solución posiblemente sea, alternar dos intensidades de pastoreo: a lo largo del año pastoreo “normal” dejando en pastos de la sierra 5-7 cm de residuo para tener un rápido rebrote, y, si fuera necesario, una o dos veces al año, pastoreo bajo 3-4 cm para estimular el macollamiento y el incremento de las leguminosas rastreas. La altura del residuo, también depende del origen y el tipo de los pastos,

así, la altura será menor en pastos neozelandeses que son más bajos y macolladores y, mayor para los pastos americanos que son más altos.

Los objetivos de producción (vacuno u ovinos) son también importantes puesto que, existen cultivares dentro de especies que se acomodan al pastoreo de una u otra especie. Por ejemplo, para el pastoreo de vacunos se pueden emplear cultivares de hojas grandes, frondosos y con hábitos de crecimiento erecto. Si nuestra explotación es de ovinos es preferible elegir variedades con hábitos de crecimiento bajo, rastrero y estolonífero.

Pisoteo

El pisoteo reduce la producción de la pastura, afecta a la composición botánica y a la persistencia de los pastos, principalmente debido a:

- Daños físicos ocasionados a la planta (puntos de crecimiento, hojas, tallos, raíces).
- Compactación del suelo con la consiguiente reducción de: la aireación, tasa de infiltración de agua, disponibilidad de nutrientes y de la actividad microbiana.
- Facilitar la entrada de patógenos en los lugares que la planta tiene lesiones mecánicas.
- Las cabras por la forma de la pezuña favorecen la erosión.

El peso de los animales es determinante, los equinos y vacunos tienen peso considerable entre 400 y 600 kg por lo que compactan el suelo sobre todo si este está húmedo. La magnitud de los efectos dependerá de la carga animal, humedad del suelo, tipo de suelo, especie animal y cobertura vegetal (morfología, estructura y hábito de crecimiento de las plantas).

Deposición de heces y orina

Efectos de las excretas y orinas:

Con respecto al suelo

- Reciclaje de nutrientes (70% del N, 80% del P y el 85% del K, distribución irregular).
- Mejora del pH (acción alcalinizante de la orina).
- Promueve la biocenosis (desarrollo de la vida microbiana en el suelo).
- Dispersión de semillas.

Sobre los pastos

- Contaminación del follaje (causan mal olor y mal sabor).
- Cubrimiento y aplastamiento de las plantas, evitando la fotosíntesis.

En relación a la sanidad animal

- Propagación de parásitos (se cierra el ciclo de los parásitos).

Los bovinos y equinos depositan gran cantidad de excremento en un solo lugar, por lo que en clima frío es necesario dispersar, en climas tropicales lluviosos no es necesario esta labor pues la humedad y la temperatura aceleran la descomposición. Las ovejas en cambio, riegan las excretas en “bolitas”.

Figura 8.11
Excreta de una vaca en el potrero



Fuente: León, R. 2016
Elaboración: Autores

Descanso

Descanso, reposo o intervalo de pastoreo, es el tiempo transcurrido entre la salida del ganado de un potrero y el regreso al mismo. En este tiempo el pasto desarrolla nuevo follaje y recupera las reservas de hidratos de carbono. El tiempo de descanso es variable en función de la especie forrajera, estación

del año (humedad, temperatura media y altitud), fertilidad del suelo, intensidad de pastoreo (altura del residuo), etc. por ello se deben hacer ajustes en el tiempo de descanso de acuerdo con el forraje disponible en los potreros al momento de iniciar el pastoreo. Justamente en el Pastoreo Racional Voisin (PRV) se indica que no hay tiempos fijos para el descanso de un potrero, por lo tanto el ganado debe ir al potrero que esté en su “punto óptimo”, esta norma debe ser observada y cumplida siempre, en todo sistema de pastoreo. Los parámetros para un óptimo descanso se analizaron con detalle en el Capítulo Manejo de Pasturas, entre otros: altura del rebrote, estructura, acumulación de temperatura, número de hojas, índice de cobertura, etc.

El INIAP (1973) refiere el siguiente resultado de investigación realizada a 3 000 msnm, acerca del “Efecto de diferentes intervalos de pastoreo sobre la producción de leche”: un pastizal constituido de raigrás italiano y trébol ladino, fue sometido a tres intervalos de 30, 45 y 60 días de descanso durante un año. Resultados, el mejor intervalo de pastoreo fue el más corto 30 días con 10518 l/ha/año y 2,65 UB/ha. En alfalfa el período de descanso adecuado es 35-42 días.

Tabla 8.4
Efecto de los intervalos de pastoreo sobre la producción de leche

Intervalo de pastoreo	Producción de leche/ha	Carga animal
30 días	10 518 kg	2,65 UB/ha
45 días	8 312 kg	2,20 UB/ha
60 días	5 345 kg	1,56 UB/ha

Fuente: INIAP, 1973
Elaboración: Autores

Paladines (2002), también indica que “en el caso de la mezcla de raigrás y trébol blanco, con niveles altos de fertilización y sin restricción de humedad se pueden realizar hasta 14 pastoreos al año (período de descanso de 28 días), más comúnmente se realizan entre 10 y 12 pastoreos (períodos de descanso entre 31 a 35 días)”, mientras que con el kikuyo se pueden realizar 8 pastoreos al año (descanso de 35-60 días) y con alfalfa 8-10 pastoreos (descanso entre 35-42 días).

Algunas especies forrajeras mega térmicas como el pasto estrella responden bien a rotaciones cortas de 14 días, con prácticas adecuadas de fertilización en época invernal, por lo que se le utiliza en sistemas intensivos de producción bovina. Los pastos saboya y elefante necesitan descanso promedios de 21 días en época invernal y 35 días en época seca.

Suplementación

La suplementación tiene relación con el pastoreo, por cuanto la suplementación puede tener efecto aditivo o sustitutivo de la cantidad de materia seca que el animal recibe en el pastoreo diario. De haber suficiente disponibilidad de forraje, se debe tener en cuenta que el animal que consume suplementación reducirá el consumo del forraje (índice de sustitución) de la siguiente manera: por cada kg de materia seca consumida como concentrado, el animal deja de consumir de 0,2-0,4 kg/MS de forraje en el potrero (Batallas, 2008). Según Grijalva, J. (2002) el nivel de sustitución puede llegar a 0,50 kg/MS. Cuando hay déficit de forraje como en verano, la suplementación no tiene efecto sustitutivo sino aditivo (complementario) al pastizal.

Los pastos son la primera fuente de alimentación de los animales, sin embargo, no se puede basar la alimentación de la vaca lechera en pastos de mala calidad. Solamente los pastos de alto valor nutritivo contribuirán a disminuir el uso de suplementos y a abaratar la producción de leche o carne, sin embargo los pastos de alta calidad no proporcionan la energía adecuada a las vacas de alto mérito genético (Combs, 2001) y si no se proporciona energía suplementaria a las vacas de alta producción, se reducirá la producción de leche, la condición corporal y la función reproductora (Kellaway y Porta, 1993). La energía suplementaria se proporciona para complementar no para reemplazar el suministro y calidad del pasto. En sistemas de pastoreo donde se maximiza la cantidad y calidad de forraje que cosechan las vacas, el suplemento de granos es positivo para la producción de leche y la reproducción. Si el suministro de pasto o la calidad es limitante, los suplementos forrajeros pueden ser necesarios para mejorar la ingesta de fibra y energía (Combs, 2001).

Para tomar la decisión de suplementar a los animales, el ganadero debe conocer:

- Los requerimientos de los animales.
- El valor nutritivo del forraje.
- La disponibilidad de forraje.
- El costo de la alimentación con forraje.
- El valor nutricional de la suplementación.
- El costo de la suplementación.
- La respuesta esperada a la suplementación.

Wilkins *et al.* (1990) citado por Teuber, N. estudió: “el efecto de la suplementación en praderas que contenían proporciones intermedias de trébol

blanco y mostraron que las vacas que pastoreaban una pradera con 23% de esta leguminosa no respondían a la suplementación con concentrado, pero si aquellas en las que el trébol blanco contribuía en baja cantidad”.

Por otra parte, la suplementación va a depender del tipo de forraje que se emplea, ya que la composición de los forrajes varía de una especie a otra, según las características del suelo donde crece y dependiendo de las prácticas de manejo empleadas (riego y fertilización), época del año, etc. En términos generales una pastura típica de la sierra contiene 14-17% de proteína cruda, 74-67% de digestibilidad y 1,8-2,5 Mcal/kg/MS (según la época del año, verano o invierno respectivamente). En términos generales en la época invernal los pastos americanos y los neozelandeses tienen valor nutritivo parecido, sin embargo en verano los neozelandeses tienen menos fibra, son más digeribles y tienen 2-4% más de proteína que los americanos, esto se debe a la conformación de la planta, los neozelandeses tienen más macollos y hojas finas, mientras que los americanos por ser más altos tienen pseudotallos y tallos más altos lo que implica más mayor tejido estructural (fibra).

La ganadería debe manejarse como una empresa, es decir buscando eficiencia y rentabilidad y para esto el ganadero debe optimizar los recursos disponibles de bajo costo relativo; debe monitorearse permanentemente la oferta de pastos, el costo de la alimentación, la suplementación. En el año 2017 el costo de un kilogramo de materia seca de pasto fue \$ 0,05-0,06, mientras que el kilogramo de MS del balanceado \$ 0,51 (\$ 20,50 el saco de 40 kg. = \$ 0,51 el kg, descontando un 10% de humedad $0,51 / 0,90 = \$ 0,57$ el kg de MS) existe por lo tanto, una relación en el precio MS de pasto versus MS balanceado, de 1:10 (10 veces menor).

Si contrastamos el precio del concentrado y el precio de la leche, el análisis es el siguiente: como se suministra 1 kg de balanceado por 3 litros de leche (relación 1:3), el uso del balanceado significa $\$ 0,57/3 = \$ 0,19$ balanceado por litro de leche, por lo tanto económicamente se justifica mientras el precio de la leche esté sobre los \$ 0,30, en vista del criterio aceptado por los especialistas de que en alimentación se puede gastar como máximo el 60% del ingreso por leche. Este tema se retoma en el Capítulo XI, al hablar Planificación de la Alimentación del Hato y Costo de la Alimentación.

En la costa y el oriente, para suplementar se debe tener en cuenta muchas variables, como que los pastos tropicales tienen bajo contenido de proteína, mayor contenido de fibra y menor digestibilidad y, las limitaciones medioambientales (calor).

Animales puros o de alta cruce lechera pueden producir mayor cantidad de leche en el trópico, pero bajo confinamiento, con climatización y suplementación, en este caso la relación pasto / balanceado debe ser 60/40, según Omar Araujo-Febres, (2002). Sin embargo, este sistema no es rentable para nuestro país, en que tenemos por una parte la dolarización que eleva los costos de insumos y mano de obra, y por otra parte, alta competencia y precios bajos de la carne y la leche (tratados comerciales con Europa a partir del 2017), sin ningún apoyo estatal.

Batallas (2000), también indica que para suplementar se debe tener en cuenta el valor nutricional del pasto para fijar la base y, el valor nutricional del balanceado para fijar la relación por litro de leche. (Ver también Planificación de la Alimentación del Hato). Algunas recomendaciones para la ganadería de la sierra ecuatoriana derivadas de estos criterios, son:

- Con pastos de mediana calidad, ej. kikuyo o pastos que han iniciado la floración, 35- 60 días de descanso, se puede producir 10 litros de leche/vaca/día.
- En mezclas de kikuyo, raigrases y tréboles, se debe suplementar a partir de los 12 litros de leche/vaca/día (INIAP).
- Con pastos de clima templado de buena calidad de 28-32 días de descanso, se recomienda suplementar sobre los 14-15 litros de leche/vaca/día (Batallas, 2000).
- Para aquellas vacas que superen los promedios, es necesario suministrar 1 kg de balanceado por cada tres litros de leche (relación 1:3), sobre el nivel mencionado.
- Las vacas de alta producción, necesitan un elevado nivel de alimentación durante 180 días (6 meses), un nivel moderado por 3 meses y un bajo nivel por otros 3 meses. La suplementación luego de la mitad de la lactancia, sirve para recuperación de peso.
- En Calidad de Forraje, Capítulo II, vimos que en la región interandina no se pueden alcanzar los niveles de productividad animal de los países de clima templado, debido a la menor disponibilidad de O₂ como consecuencia de la altitud sobre el nivel del mar.
- En la sierra ecuatoriana si los animales tienen suficiente pasto de calidad, ni la proteína ni la fibra son limitantes de producción, el único limitante es la energía, a mayor altitud sobre el nivel del mar, más energía. En la costa el limitante de producción es la proteína.
- El ganadero que se plantee tener alta producción de leche por hectárea, mediante alta carga animal con producción individual media,

necesita la suplementación como apoyo para incrementar la carga animal por hectárea; en este caso puede entenderse como suplementación, el forraje transformado en suplemento mediante un proceso que permita concentrar la materia seca (heno, henolaje o silaje) y que puede complementarse con una materia prima rica en energía o balanceado; por ejemplo dar las vacas el 75% de los requerimientos de materia seca en el potrero y el 25% de MS con una suplementación de 5-6 kg de ensilaje de maíz más 0.8-1 kg de semilla de algodón o balanceado, de esta manera la relación de balanceado, litros de leche pasa de 1:3 a 1:5 (1 kg de concentrado/5 kg de leche).

- En vacas de mediana producción, la suplementación con concentrados en el primer tercio de la lactancia (100 días) sirve para producción de leche ya que existe mayor eficiencia de conversión y efecto residual; luego de este periodo, la eficiencia decae por lo tanto, si las vacas reciben buen pasto, puede retirarse el concentrado. Inclusive, en la época de verano, cuando no hay suficiente forraje, se pueden secar las vacas que se encuentren en el último tercio de lactancia, con baja producción y que estén preñadas.
- Con el objeto de tener un mejor control sobre la suplementación con concentrados, se debe realizar quincenalmente un control lechero. De este modo, se puede establecer los grupos de producción y el ordeñador sabrá exactamente cuál es la cantidad de concentrado que le debe dar a cada animal en la sala de ordeño. Generalmente los grupos se separan en función del nivel de producción, necesidades reproductivas y condición corporal.
- Entre parto y parto una vaca madura utiliza alrededor de un 57% de la energía consumida para producir leche, 38% para mantenimiento y un 4% para la reproducción, también fortifica el sistema inmunológico con lo cual disminuyen entre otros, los problemas de laminitis, de neumonías y de mastitis.

Degradación y rehabilitación de pasturas

Antecedentes

La degradación de las praderas se concibe como una reducción en la proporción de especies forrajeras deseables y la disminución en la capacidad productiva de las especies vegetales de mayor valor forrajero, con un incremento en la población de malezas y baja calidad nutritiva del forraje en la praderas; por lo cual, la capacidad de carga y la producción animal en la pradera se reducen considerablemente, con repercusiones importantes en los costos de producción y en la calidad de los productos animales que recibe el consumidor (Cuesta M. y otros, 2002).

Para evitar o al menos disminuir los efectos de la degradación y poder tener potreros permanentes productivos, debemos orientarnos por principios técnicos como los enunciados por Sierra, J. (Colombia), Voisín, A. (Francia), Mc. Meekan y Hodgson, J. (Nueva Zelandia), Carámbula, M. (Uruguay) y De Haan y Oskman (Holanda), el CIAT (Colombia) entre otros:

Sierra (2002) indica que “La estabilidad y la sostenibilidad de la capacidad productiva de una pastura depende en gran medida de la magnitud del reciclaje de nutrientes dentro del sistema suelo-planta-animal”.

Voisín señala las consecuencias desfavorables de arar un pastizal viejo: Destrucción mecánica de la especial y notable estructura del suelo del pasto viejo. Pérdidas de agua y humus en relación con pasto permanente primitivo. Destrucción duradera de la microfauna del suelo. Evolución desfavorable del nuevo sembrado, que tiende hacia el ecotipo local.

Mc. Meekan, (1962) al referirse a la formación de las fértiles praderas de Nueva Zelandia en los (originalmente) suelos pobres de dicho país, manifiesta que:

La mayoría de los suelos pobres pueden transformarse en altamente productivos favoreciendo el crecimiento de las leguminosas a través de aplicaciones de fósforo, así eliminamos la deficiencia de nitrógeno en el suelo lo cual favorece a las gramíneas. Luego los animales consolidan y mejoran más aún la fertilidad por medio de la adición de la materia orgánica y el retorno de elementos nutritivos de las plantas como el fósforo, potasio y nitrógeno, en el estiércol y orinas (p. 123).

Por este motivo, los potreros en Nueva Zelanda son valorados según la edad o tiempo de formación que tengan, a más tiempo transcurrido más fertilidad acumulada y mayor precio; pudiendo encontrarse potreros de 70-90 años, sin que se haya virado el suelo; los potreros son rehabilitados con labores de labranza cero o labranza mínima.

Carámbula (1977) dice que:

La vida de una pastura es variable. En general, la población de plantas de las especies sembradas disminuye luego del año de la siembra, la productividad alcanza un máximo en el segundo y tercer año en el que las plantas son vigorosas, luego comienza un proceso de decadencia en el que las plantas se fragmentan en clones y tienden a desaparecer (p.157).

De Haan y Oskman, técnicos holandeses del Programa Ganadería del INIAP (años 60), señalaban que la vida de un potrero mejorado, tiene tres períodos:

- Potrero artificial. Un potrero recién sembrado, si se siembra y maneja adecuadamente, en los dos primeros años tiene buenos rendimientos.
- Depresión. Al cabo de 2-3 años la producción baja y en muchas ocasiones las buenas hierbas desaparecen dando paso a la aparición de kikuyo. Estos problemas son causados por la mala estructura del suelo debido a que la influencia de la preparación del suelo desaparece poco a poco, y si la cantidad de materia orgánica es pequeña se habrá reducido la flora bacteriana y como consecuencia, la descomposición de los restos orgánicos es baja.
- Potrero permanente. En este período dependiendo como se maneje la “depresión”, se encuentra: Depresión permanente, degradación continua, si no hacemos nada por recuperar el potrero. Potrero sostenible, las actividades tendientes a recuperar la producción, la sostenibilidad puede ser estable si se da un manejo adecuado y continuo al potrero; o, inestable si el mantenimiento del potrero es esporádico o discontinuo.

El CIAT de Colombia resume las principales causas de degradación de los potreros y es necesario conocerlas para tomar los correctivos apropiados.

Principales causas de degradación:

- Compactación del suelo. Pérdida de las características físicas.
- Invasión de malezas, en los valles de la sierra re aparecimiento de la grama, kikuyo; en el páramo la pajilla.
- Inadecuado manejo de la fertilidad del suelo. Falta de restitución de los nutrientes extraídos por las plantas y removidos por la extracción de los animales, o las pérdidas por lavado, erosión, fijación, volatilización, etc.
- Falta de adaptación del pasto al piso climático, fallas en la germinación, uso de especies no compatibles en las asociaciones.
- Deficiente manejo del pastoreo. Sobrepastoreo o sub pastoreo.
- Enfermedades y plagas insectiles.

Consecuencias:

- Pérdida de vigor de los pastos.
- Reducción en la producción y calidad de forraje.
- Baja capacidad de carga.
- Suelo descubierto (si el pasto y las malezas no cubren el suelo).
- Erosión.

Casos prácticos de recuperación y mejoramiento de potreros

Existen muchos métodos de recuperación o renovación de pasturas los cuales se eligen de acuerdo con las condiciones propias de cada explotación en cada una de las regiones naturales, la disponibilidad de maquinaria y otros recursos, las opciones son: labranza convencional, labranza mínima y labranza cero.

Las prácticas de recuperación tienen por objeto mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo para favorecer la estabilidad de las especies sembradas y reducir la incidencia de malezas, aspectos que contribuyen a mejorar la productividad y persistencia de las praderas.

Labranza convencional

MEJORAMIENTO DE MEZCLAS FORRAJERAS DE LA SIERRA

En los sistemas de producción de la región interandina del Ecuador, se maneja la rotación de suelos mixta: agricultura-ganadería. Este sistema de alternar pasturas con cultivos, da una mayor estabilidad económica a los sistemas

productivos, sobre todo si se utiliza la papa que es uno de los cultivos más rentables en la región interandina. Esta modalidad no es apropiada para quienes buscan la producción continua e intensiva de pastos con estabilidad biológica (Sistema Neozelandés, PRV, etc.), como soporte de una ganadería intensiva.

En la sierra, la principal causa de degradación de los potreros es la invasión de kikuyo (Figura 9.1). Desde el punto de vista agrícola el reemplazo de pasturas de invadidas kikuyo es necesario pues si el clima es frío (menos de 12 °C, más de 3 000 msnm) y hay incidencias de heladas, si la estación seca es severa, no hay suficiente riego y si los suelos son pobres, el kikuyo no tendrá posibilidades de ser productivo. Por otra parte, desde el punto de vista pecuario, si tenemos ganado con alto potencial genético, por lo cual necesitamos un forraje de óptima calidad para satisfacer la demanda de nutrientes de una mayor producción, es preferible eliminar el kikuyo para sembrar un nuevo potrero con especies mejoradas. En el páramo no hay kikuyo, sin embargo la pajilla y otras malezas rastreras deterioran las pasturas de manera similar al kikuyo.

Pueden haber otras razones para este tipo de manejo del suelo, por ejemplo en zonas donde el suelo es muy compacto (cangahua) es difícil tener pastos permanentes ya que luego de la siembra de pastos el suelo nuevamente se endurece y dificulta la perennidad de las pasturas, razón por la cual es preferible estar alternando cultivos y pastos de rotación corta.

El proceso inicia, con la aplicación de glifosato en el potrero que ha sido invadido por kikuyo, grama o pajilla. Inicialmente se da un pastoreo bajo o se pasa una cortadora rotativa para eliminar los residuos forrajeros maduros, se deja crecer el kikuyo y cuando esté en crecimiento activo, se aplica glifosato 4 L/ha, no aplicar si la hierba está con rocío o si hay riesgo de lluvias para evitar pérdidas por escurrimiento; entre la aplicación y las lluvias deben transcurrir por lo menos 4 horas. Si a la pulverización añadimos urea o mejor sulfato de amonio en una concentración del 2%, la acción del herbicida será más efectiva (como ya se explicó el sulfato acidifica las aguas duras que potencialmente pueden inhibir al glifosato y el amonio facilita su penetración). Luego de dos semanas repetir la aplicación en los sitios que existan “fallas”, dejar pasar unos diez días más. Si se desea acelerar el secado de la cubierta vegetal, 5 días después de asperjado el glifosato es factible aplicar un litro de Paraquat por hectárea y la siembra con labranza mínima puede realizarse 5 días después. Si el follaje del kikuyo está alto, cuando está secándose se pasa sobre el potrero una cosechadora de forraje tipo JF (Universal), Gyro o Taarup, para recoger todo el material vegetal muerto que obstaculizará la germinación de los pastos. Si no se dispone de maquinaria, 3-5 días después de la aplicación del herbicida, la

hierba puede ser pastoreada por el ganado seco (si solamente se aplicó glifosato) o también se podría hacer una quema controlada del potrero.

Entre la aplicación del glifosato y la siembra del cultivo forrajero, es aconsejado dejar transcurrir al menos tres semanas (21 días), para evitar efectos de la residualidad del herbicida sobre la germinación de las semillas. A continuación se procede a la labranza convencional: rastrar o cortar el colchón de kikuyo con cinceles de una aireadora de potreros, arar en sentido contrario a los cortes. Luego de la arada, es posible que sea necesario, dejar descansar el suelo unas dos o tres semanas a fin de que el césped de kikuyo o pajilla, comience a descomponerse y la chamba se afloje, entonces se rastra varias veces hasta que el suelo esté en condiciones de poder sembrar. (Figura 9.2). De preferencia se cultiva papa, luego otros cultivos como haba o zanahoria o, cultivos forrajeros como avena-vicia o brassicas, según la conveniencia económica del productor o las necesidades de contar con forraje. Agronómicamente, es ideal sembrar pastos inmediatamente luego del cultivo de papa, aprovechando el laboreo del suelo y el fertilizante residual del cultivo, así obtendremos mayor productividad inicial de la nueva pastura.

Figura 9.1
Potrero de raigrás invadido de kikuyo



Fuente: León, R. 2016

Figura 9.2
Renovación de pasturas en forma convencional



Fuente: León, R. 2017

Cuando se siembra directamente avena o *brassicas*, luego de cosechar el forraje, con seguridad en el piso habrá todavía presencia de kikuyo, por lo tanto se vuelve a aplicar glifosato y luego de 3 semanas sembramos nuevamente avena-vicia o *brassicas* y cuando llegue el momento utilizaremos el forraje. Después de las dos siembras consecutivas, es de esperar que los restos del colchón de kikuyo se haya ya descompuesto y el suelo esté apto como para que, luego de la labranza se pueda establecer una mezcla forrajera de pastos mejorados. Este sistema resulta un poco lento para la renovación de potreros, ya que por razones climáticas las siembras de avena-vicia se realizan en épocas de lluvias la primera siembra de octubre a diciembre y, la segunda siembra de marzo a junio (para poder hacer henolaje o ensilar), y luego se debe esperar al próximo período de lluvias, es decir a octubre del segundo año para sembrar el potrero.

En la práctica, es imposible erradicar el kikuyo de manera definitiva, sea por la semilla de kikuyo que queda en el suelo y que tiene una viabilidad de 15 años o por residuos vegetativos que pudieren haber quedado, sea por la semilla que el ganado puede traer de otros potreros o por la reintroducción de kikuyo desde sitios donde esté presente como caminos o potreros adyacentes, etc. de tal manera que tarde o temprano el kikuyo vuelve. El tiempo de reaparición del

kikuyo depende del método de erradicación y también del vigor de la nueva pastura, por lo que la mejor manera de retardar su aparecimiento es hacer una buena erradicación y luego mantener macollada y vigorosa a la pradera mejorada. Si las mezclas forrajeras son mal manejadas en cuanto a fertilización e intensidad de pastoreo, el kikuyo sacará ventaja.

Es preciso indicar que, las mejores mezclas forrajeras por persistencia y costos (sostenibilidad del sistema) son las perennes, sin embargo cuando hay necesidad apremiante de elevadas cantidades de forraje, o se tiene la evidencia de que a corto tiempo aparecerá nuevamente el kikuyo o la pajilla, se puede optar por sembrar raigrases híbridos de rápido establecimiento, excepcional rendimiento y alta calidad (más tréboles y llantén) de esta manera tendremos elevada rendimiento forrajero durante 2-3 años, inclusive se puede añadir avena forrajera a la siembra, así tendremos un gran volumen de producción en los primeros pastoreos. Los costos son mayores que con pastos perennes, pero se consigue mayor cantidad de forraje, lo cual permite sostener altas cargas animales. Luego, de estas etapas, dependiendo de la productividad del potrero, y la nueva presencia de kikuyo, habrá que tomar la decisión de repetir el proceso.

Con la rotación pastos-ganadería, conseguimos el descanso y mejoramiento del suelo producido por el abonamiento del ganado durante varios años (mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas), lo cual coloca al suelo en condiciones ideales para el ciclo de agricultura. Cuando estos potreros reducen el rendimiento, se reinicia el proceso.

Labranza mínima

MEZCLAS FORRAJERAS DE LA SIERRA

Voisín dice que se debe “disminuir el impacto de los años de miseria” y Mc. Meekan indica que se debe “iniciar un ciclo de fertilidad”, de estas dos visiones podemos concluir que las principales prácticas de recuperación son:

- Aflojar el suelo, para airearlo y mejorar el movimiento del agua, crear un ambiente adecuado para el desarrollo radicular y la actividad microbiana. Hay que tener en cuenta que la aireación inicialmente afecta al potrero por el corte de las raíces de las plantas y el ligero levantamiento del suelo, pero luego de dos periodos el efecto benéfico es notorio. Lo recomendado es subsolar una vez cada tres años y airear una vez al año.

- Corregir de las deficiencias de nutrientes, mediante la aplicación de enmiendas y fertilización adecuada (mejor si es con productos ecológicos), preferiblemente repartida en varias dosis de forma que los microorganismos del suelo no se vean afectados. En el caso de químicos, preferible aplicar post germinación, para no causar daños a la germinación y evitar pérdidas de N.
- En el futuro, mantener la fertilidad aplicando estiércol o gallinaza (mejor si son compostados) en épocas lluviosas, de modo que pueda descomponerse rápidamente, para restablecer una riqueza adecuada de materia orgánica estimulando a los microorganismos benéficos. Posteriormente, promover el abonamiento masivo del potrero, con el mismo pastoreo.
- Resembrar para restablecer o mejorar la composición florística de la pastura. Utilizar especies mejoradoras del suelo, que tengan buena cobertura y protejan el suelo.
- Corregir del sistema de pastoreo.
- Controlar las malezas.
- Controlar las plagas.
- Descanso del potrero.

MEJORAMIENTO DEL KIKUYO

En primer lugar, se debe evaluar si existen condiciones para considerar al kikuyo como un pasto; el kikuyo necesita temperatura sobre 12 °C, ideal 15-17 °C, sin heladas, suficiente humedad o riego y suelo fértil; si la respuesta es afirmativa, se puede manejar o rehabilitar, para lo cual se recomienda:

- Sobrepastorear el potrero con caballos u ovejas, si esto no es posible hacer 3 cortes de igualación con una guadaña o cortadora “rotativa” para bajar lo más posible el “colchón”. Paladines indica que “pueden emplearse un herbicida gramínico o una dosis reducida de Dala-pon o glifosato”, para disminuir el efecto competitivo sobre la especie que se va a introducir.
- Subsolar y/o airear, si el suelo está compactado.
- Aplicar enmienda, fertilizar y/o abonar el suelo en base al resultado del análisis químico. El mejor abono orgánico y regenerador de vida del suelo es la gallinaza compostada (procesada), en una dosis mínima de 6 000 kg/ha.
- Resembrar con máquina. Si esto no es posible, rastrar con rastra de discos a media traba, o pasar rotavator modificado con palas de pun-

ta recta, o un aireador de potreros compuesto de discos y cinceles, y resembrar manualmente raigrases híbridos y tréboles. Si el kikuyo está bajo, se puede emplear trébol blanco, pero si el colchón está alto, es preferible emplear trébol rojo que por ser erecto no es afectado por la sombra del kikuyo. En clima muy lluvioso la leguminosa ideal es el loto. El paso de los cinceles de la sembradora, corta los estolones y estimula el crecimiento vertical del kikuyo.

- Si no llueve, regar abundantemente para lograr una rápida recuperación de la pradera.

Figura 9.3
Resiembra con máquina



Fuente: León, R.2016

Figura 9.4
Kikuyo reseñado con mezclas



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 9.5
Kikuyo con tréboles



Fuente: León, R. 2015

Figura 9.6
Kikuyo con loto



Fuente: León, R. 2015

Figura 9.7
Kikuyo resemebrado con pastos y avena



Fuente: León, R. 2015

Para resiembra en kikuyo, Romero, Pazmiño, y León (2002), recomiendan utilizar el T1: kikuyo + raigrás anual (Top One Blend) + trébol rojo (Colenso) debido a que:

- Presentó los más altos valores en valor nutritivo y el mayor rendimiento de materia verde y materia seca.
- Además presentó el mayor número de plantas de raigrás y de leguminosas que dieron lugar a una adecuada composición botánica.
- También resultó ser el tratamiento más económico en su establecimiento.
- Por tratarse de un raigrás anual se recomienda sembrar anualmente o cada dos años, según el comportamiento de la pastura.

RECUPERACIÓN DE ALFALFARES

Los alfalfares que han sido invadidos por malezas gramíneas como: kikuyo, gramas, etc. se pueden recuperar y prolongar su vida útil, eliminando las malas hierbas con fluazifop butil (H1 Super), bentazón (Basagran), quizalofop-P Tefuril (Pantera), haloxyfop-R-metil éster (Verdict), etc. (ver Control de Malezas, en Manejo de Pasturas), luego se pasa una rastra de dientes que profundice 6-8 cm para airear el suelo y facilitar la fertilización y resiembra. Es conveniente alternar la fertilización o complementar con abonamiento orgánico compostado, para controlar la proliferación de nematodos. La resiembra se efectúa con una gramínea que se selecciona acorde a la disponibilidad de riego, puede ser raigrás, bromo, pasto azul, festuca. No es aconsejable sembrar alfalfa tras de alfalfa por el riesgo de los nematodos.

RECUPERACIÓN DE PASTOS TROPICALES RASTREROS

Las praderas del trópico ecuatoriano presentan baja productividad por las inapropiadas prácticas de pastoreo y la falta de planes adecuadas de fertilización durante su etapa productiva. El rápido deterioro de las praderas es atribuido en parte a la invasión por malezas, los ataques de insectos plaga y el uso de especies no adaptadas al medio.

Bajas cargas animales en praderas con especies de desarrollo estolonífero como pasto estrella y las diferentes especies de *Brachiaria*, provocan la acumulación y maduración excesiva del forraje, y en ocasiones se forman colchones de material inerte que no es consumido por los animales. En estas circunstancias, al igual que cuando las praderas presentan alta invasión por malezas, la vegetación se puede echar abajo con la desbrozadora o cortadora rotativa.

Por todo lo mencionado, la primera práctica es eliminar las malezas sea por método químico o labranza. Luego si el suelo está compactado hay que hacer una escarificación profunda con el paso de un subsolador, renovador de praderas o un arado de cinceles.

Cuando la causa de la degradación es sobrepastoreo, en el caso de la *Brachiaria decumbens*, o del pasto estrella, el pasto se amarilla y baja en producción, en este caso se debe aplicar enmiendas y fertilizar de acuerdo al análisis de suelo, luego rastrar (“romplotear”) para airear el suelo y provocar una resiembra con el mismo material existente, luego se aconseja introducir leguminosas con una mezcla de centrosema 4 kg/ha, soya 2 kg/ha y siratro 3 kg/ha en regiones con verano bien definido; en lugares con humedad permanente es preferible emplear maní forrajero 7-8 kg/ha.

Una metodología opcional para introducción de leguminosas es eliminar el pasto por franjas (franjas de 3 m cada 10 m) y en estos espacios sembrar la leguminosa. Con el tiempo gramínea y leguminosa se mezclan y forman una asociación homogénea.

Las semillas de leguminosas se deben inocular con la cepa apropiada de *Rhizobium* al momento de su siembra, para mejorar la fijación de nitrógeno atmosférico e incrementar la productividad de las praderas y de los animales en forma económica. La semilla de las leguminosas se puede mezclar con el fertilizante y aplicarla al voleo, en forma manual o con voleadora mecánica o con una máquina sembradora de grano fino.

RECUPERACIÓN DE PASTOS TROPICALES MATAJOSOS

En la costa, la principal estrategia para recuperar los potreros de saboya, miel o elefante, es el descanso.

La recuperación se inicia al finalizar el verano (noviembre-diciembre) mediante el pase de la cortadora rotativa o efectuando una “chapia” para eliminar malezas y residuos toscos de pasto. Las malezas pueden controlarse con glifosato o Verdict, luego se fertiliza y se resiembra en los espacios vacíos con leguminosas y si fuere necesario con el mismo o con otro pasto; Los sistemas de sobresiembra pueden ser a “espeque” o a chorro continuo en “rayas” y posterior tapado con el pie. Finalmente se deja descansar el potrero durante todo el invierno.

Al finalizar el invierno, se pastorea ligeramente el potrero o se lo corta; el pasto rebrotará con fuerza como consecuencia de las reservas acumuladas en el sistema radicular; su mayor desarrollo le permitirá usar mejor las reservas hídricas

del subsuelo y superar el período de sequía. Se puede hacer una segunda fertilización sobre todo con nitrógeno para mejorar la producción de pasto en verano.

En lo sucesivo, será necesario hacer dos controles de malezas uno al finalizar el verano (chapia, que sirve también para eliminar el pasto seco) y otro al finalizar el invierno; mejor si se combina el control manual con el químico, conforme ya se explicó al hablar de manejo de potreros.

En zonas tropicales secas, puede ser necesario prolongar el descanso a todo un año, para facilitar la recuperación de los pastos agotados ya que allí este proceso es más lento que en lugares húmedos.

Finalmente, se debe tener el cuidado de no cargar en demasía los otros lotes por favorecer al que está en descanso pues los resultados serían contradictorios. Por esto, es necesario disponer de un número suficiente de potreros; en la costa se debe preveer que cada año una 1/5 parte del área de pastizales entra en la fase de recuperación, así todos los potreros tienen la oportunidad de descansar una vez cada cinco años.

Un potrero de saboya bien manejado puede durar más de veinte años.

Labranza cero

RESIEMBRA NATURAL

Los potreros también pueden recuperarse mediante un “descanso prolongado” para permitir la recuperación de especies valiosas y dar lugar a la producción de semillas, asegurando una resiembra natural. En la sierra por ejemplo, las pasturas naturales (cebadilla, pasto oloroso, holco) y las artificiales a base de raigrás anual, cuando han decaído en su producción, se dejan semillar y luego mediante pastoreo se favorece la resiembra natural (caída del semilla y consolidación mediante el casco del animal) y en consecuencia la prolongación de la vida útil del potrero.

OTRAS ESTRATEGIAS

Se puede también resembrar potreros apoyándose en el propio ganado; dando de comer a los animales semillas de pastos junto con las sales minerales o el balanceado, las semillas salen con las excretas y luego de una labor de dispersión de heces, germinan y se produce una resiembra paulatina pero permanente del potrero. Se ha comprobado que las semillas no se afectan al pasar por el tracto digestivo de los animales. A este respecto, Gagliostro, citando a

(Nordin y Campling, 1976) menciona que: “Los granos enteros son resistentes a los procesos digestivos ya que un pericarpio intacto juega un rol de escudo ante el ataque microbiano. Ha sido demostrado que los granos enteros de cebada o de avena colocados dentro de bolsitas de nylon en el rumen no pueden ser degradados por los microorganismos”.

Otra modalidad es tirar la semilla al suelo para que el ganado la pise o poner semilla sobre la majada fresca. Cualquiera de estas prácticas se debe realizar en época de lluvias. En el sector de Baeza (Napo), la NESTLÉ (Espín, 2003) implementó la siguiente metodología:

Como las condiciones ambientales del sector (elevada pluviosidad) y el relieve quebrado impiden mecanizar, las labores de rehabilitación del kikuyo se hacen con labranza cero; se sobrepastorea (si el kikuyo es muy denso, se aplica una dosis baja de glifosato para disminuir la agresividad), se fertiliza, se aplica semilla de pastos mejorados al voleo y después se introducen las vacas para que con el pisoteo ayuden a que la semilla entre en contacto con el suelo. Gracias a la humedad, las semillas germinan y los pastos se establecen, inclusive los estolones de kikuyo contribuyen a dar mejor anclaje e impedir el arranque de las plantitas recién establecidas. Después de cada empotrada de 45 días, se aplica 100 kg (2 sacos) de un fertilizante completo formulado con macro y microelementos. El resultado son pasturas compuestas de kikuyo, raigrases, loto y llantén (en ocasiones se puede encontrar también pasto miel y desmodio *Desmodium uncinatum*), altamente productivas. Con la introducción de pastos mejorados, la producción de materia seca se incrementa a 3 500 kg/MS/pastoreo, con lo que la carga animal sube a 4 UB/ha, la proteína de la mezcla puede llegar al 26% con un 80% de digestibilidad y la producción de leche sube a 17 L/día. También mejora la calidad de la leche pues los sólidos totales suben de 11,80% a 12,40%. En estas condiciones se puede producir leche únicamente basándose en pasto, el costo de producción baja a \$ 0,08 el litro de leche, y el precio de venta mejora por el incremento de los sólidos totales.

Estos sistemas de siembra puede practicarse en el pastoreo Racional Voisin PRV.

Calidad de forraje y producción animal

Calidad de forraje

El INIAP (1989) define la calidad de los pastos como: el potencial alimenticio de una planta para poder satisfacer las necesidades corporales con relación a mantenimiento y producción de los animales que lo consumen.

La calidad de forraje, depende del valor nutritivo del forraje (34%), y del consumo voluntario (66%).

El valor nutritivo de las los pastos, es consecuencia de dos factores: Composición química, y digestibilidad.

Figura 10.1
Composición química de los alimentos

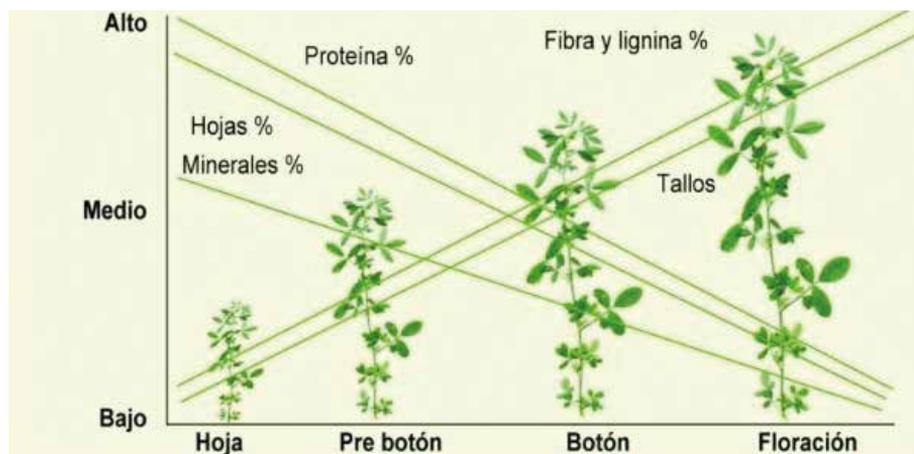


Fuente: McDonald, Edwards, Greenhalgh, y Morgan, 1999

La importancia de estos factores varía en función del tipo de planta, condiciones climáticas, fertilidad del suelo, estado de madurez (Figura 10.2.), época del año, manejo previo de la pradera, parte de la planta (el valor nutritivo de las hojas es superior al de los tallos y, el valor nutritivo de las hojas de las leguminosas es superior al de las gramíneas).

Figura 10.2

Valor nutritivo de una planta forrajera en relación con su estado fenológico



Fuente: INIAP,1995

El consumo voluntario (cantidad de forraje consumido), depende de los siguientes factores:

Factor planta

- Palatabilidad.
- Estructura de la pastura (altura, proporción de tallos, material muerto, resistencia al mordisco).

Factor manejo

- Presión de pastoreo (disponibilidad de forrajes en cantidad y calidad, carga animal).
- Efectos del medio ambiente sobre el animal (temperatura, humedad relativa, corrientes de viento, precipitación anual, topografía).
- Sistema de pastoreo implementado (disponibilidad de sombra, disponibilidad de agua en los potreros).
- Suplementación.

Factor animal

- Genotipo Características específicas de los diferentes herbívoros, conformación de la boca, capacidad de la ingestión y digestión de fibras, degradación de compuestos secundarios.
- Peso vivo.
- Producción.

No todos los forrajes tienen la misma calidad respecto a la respuesta animal: las leguminosas y gramíneas de clima frío cubren los requerimientos de composición química y de digestibilidad de una vaca lechera de producción media, también las leguminosas de clima cálido cubren ampliamente las necesidades de los animales de engorde y de leche; siguen en orden decreciente de calidad, los cereales forrajeros y las anuales de clima cálido como maíz y sorgo; en último lugar se encuentran las gramíneas de clima cálido como bermuda, pangola y elefante, que cubren sólo las necesidades de una vaca seca.

Hace 38 años, Benítez (1980) afirmaba que el valor nutritivo de un potrero permite hacer frente a las exigencias de un hato de calidad, sin que haya necesidad de suministrarle un complemento de concentrados.

Un forraje de alta calidad debe tener: 18-24% de materia seca (MS), 18-25% proteína cruda (PC), <40% fibra detergente neutra (FDN), 2,3-2,8 Mcal/kg/materia seca, 60% de digestibilidad.

Pichard (1987), menciona que Rae *et al.* (1987) en un experimento en Gran Bretaña alimentó por tres años consecutivos vacas Holstein Friesian x British Friesian con una dieta exclusiva de *Lolium perenne x Lolium hybridum*, registrando un promedio de 4 680 kg de leche por lactancia. Cita también a Vyhmeister *et al.* (1986) quien demostró que sobre la base de pradera es posible alcanzar una producción de 4 460 litros por lactancia. Estas producciones ponderadas a 305 días de lactancia, significan un promedio de 15 L/día.

Sierra (2002), menciona que en el estado de Virginia (USA) han demostrado que las pasturas de zona templada, la producción de proteína del pasto es suficiente para sostener producciones de 35-40 kg de leche/vaca/día; en cambio la energía producida es apenas suficiente para sostener una producción de la mitad, o sea, 17-18 kg de leche/vaca/día.

Proyecciones del potencial de producción de leche sobre la base de praderas de clima templado, han realizado autores (Leaver, 1986; Hodgson, 1995 y Klein, 1995) citados por Lanuza (1996) señalando que para el período de ma-

por valor nutritivo de la pradera, se alcanzarían producciones de entre 20-26 litros, y que, en la Novena Región en Chile se ha determinado que las praderas de excelente calidad bajo riego, puede sostener producciones de 20 L/día; y hasta 24 L (Butendich *et al.*, 1985), utilizando una carga entre 2,3 y 3,2 vaca/ha durante todo el período de pastoreo. También Hazard (2008) refiere que en la zona sur de Argentina:

Para praderas de trébol blanco-ballica bajo condiciones de riego, se ha determinado que durante la primavera, vacas sobre 24 L/día de producción y vaquillas sobre 21 L/día deben ser suplementadas con concentrado, a razón de un kilo por cada dos litros sobre los niveles antes mencionados (p.165).

Ochoa, Vega, y León (1998) demostraron que la producción promedio de leche en base de kikuyo puede pasar de 10,13 a 15,11 litros, si se alimenta con Tetrablend 30 y tréboles, es decir un incremento de 4,98 L/ día, prácticamente el 50%.

Las ganaderías Holstein registradas de la región interandina del Ecuador tienen un promedio de producción 17 L/vaca/día.

Estudios en Colombia y en otros países manifiestan, que el kikuyo puede ser capaz de sostener niveles de producción de leche entre 8 y 12 litros/vaca/día sin requerir suplementación adicional indicando que los limitantes nutricionales más importantes están relacionados con el consumo de materia seca (alto contenido de FDN) y su contenido energético (Correa, 2006).

En nuestro país no se pueden conseguir las mismas producciones que en USA, Europa o Israel. Las vacas en estos países están a nivel del mar y son alimentadas con grano, mientras que en nuestro país, en la región andina la altitud sobre el nivel del mar influye en un descenso de la presión de oxígeno en el aire inspirado, cuando mayor es la altura la presión de oxígeno es menor, lo cual significa una menor presión entre los alvéolos del pulmón y la sangre, que redundaría en una reducción de oxígeno en la sangre y todo esto se traduce en una menor capacidad productiva. En casos extremos se origina el “mal altura” enfermedad no infecciosa de los bovinos que se encuentran sobre los 3 000 msnm, una mayor incidencia se ve en ganado llevado recientemente a la altura o en aquellos que viviendo por muchos años tienen un alto cruce mejorante; los animales criollos están ya adaptados a esta condición.

En la costa y amazonía, la lechería también enfrenta algunas dificultades: la reducción en el consumo voluntario y la baja digestibilidad de las materias primas disponibles (Araujo, 2002). La reducción de la tasa metabólica (Parker, 1984). Además, la disminución de la producción láctea, y la fertilidad

del ganado puro (Combellas *et al.*, 1981). Estos factores obligan a trabajar con animales de doble propósito (carne y leche) producto de cruces de cebuínos (*Bos indicus*) con razas lecheras (*Bos taurus*), ejemplos: Siboney, Sahiwal, Gyrholando, etc. cruces que se adaptan mejor a las condiciones tropicales.

Aranovich (1965, citado por Hadler, 1987), indica que los pastos tropicales de buena calidad son capaces de suministrar los nutrientes necesarios para mantenimiento y producción de una vaca de porte medio, produciendo 10 litros de leche por día.

Introduciendo leguminosas a los pastizales y fertilizando, se puede conseguir producciones de 12 L/vaca/día (Hda. San Antonio, de la Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE).

En Esmeraldas con ganado Gyrholando, y suplementando proteína vegetal (follaje de yuca, matarratón, leucaena, etc.) se logró promedios 14-15 L/vaca/día (Valdez, 2003; Fernández Mayer, 2006).

Caro Costas (1972), también citado por Hadler, demostró en Brasil que en pastos tropicales bien formados y manejados, las necesidades de suplementación de concentrados fue mínima para producciones en torno a 17 litros / cabeza/día, o cerca de 4 a 5 mil litros de leche por lactancia.

Los resultados en fincas de doble propósito en Centroamérica muestran mayor producción de leche y mayor carga animal del pasto Mulato en comparación con otras gramíneas tropicales (Faría, 2005).

En cuanto a producción de carne, existen gramíneas tropicales altamente digestibles tales como el cultivar Mott de *Pennisetum purpureum*, una forma enana del pasto elefante, donde se han registrado ganancias de peso de hasta 1 kg/animal/día (Willians y Hanna, 1995). La mayor digestibilidad de las hojas y tallos parece deberse a una digestión más rápida de las células más fácilmente digeribles y no de una mayor digestión de los tejidos rígidos, engrosados y de las estructuras lignificadas (Akin *et al.*, 1991 citados por Faría, 2006). El INIAP (1989) refiere que en potreros de *Panicum maximum* los bovinos de carne logran incrementos de peso de 550-741 g/animal/día, mientras que asociado a *N. wightii* 857 g, con *A. pintoi* 1036 g y con *P. phaseoloides* 953 g.

Por lo señalado, vemos que los pastos tropicales bien manejados tiene un potencial productivo que les puede permitir competir con ventaja con los de la región interandina.

Valor nutritivo de las plantas forrajeras

El valor de los principios nutritivos de los forrajes se calcula por su fuerza calórica o energética, consecuencia de los resultados obtenidos por medio del análisis de los forrajes, de acuerdo con los requerimientos energéticos diarios del animal, que varían según la especie, edad, estado de desarrollo, producción de trabajo, grasa, leche, etc. El conocimiento de estas necesidades ha permitido poder establecer la dieta alimenticia del animal, y si esta es o no suficiente para cubrir las necesidades nutritivas requeridas por su organismo.

El valor nutritivo de los forrajes, de acuerdo con el análisis, se calcula por el tanto por ciento de materia seca y de agua. La materia seca contiene principios nutritivos requeridos por el organismo animal para su metabolismo: hidratos de carbono, grasas y proteínas (material orgánico) y cenizas o minerales (material inorgánico).

Agua

El componente más abundante de las plantas forrajeras es el agua. Las plantas forrajeras tienen 75-80% de agua; las raíces de remolacha, nabos y zanahoria forrajeras llegan a contener 85- 88% de agua. Dada la importancia para el organismo animal, si los forrajes no contienen el agua suficiente para cubrir las necesidades, el animal tiene que completarla con la bebida.

El agua cumple numerosas funciones en el cuerpo del animal: digestión y el metabolismo, transporte de nutrientes hacia y desde las células, eliminación de materiales de desecho, mantenimiento de la temperatura corporal y del balance iónico del cuerpo, y proveer un ambiente líquido para el desarrollo del feto (NRC, 2001).

Los bovinos necesitan agua permanente, el rumen opera con niveles de 80% de humedad (facilita la digestión de los alimentos fibrosos). Una unidad bovina requiere aproximadamente 50-80 litros de agua por día (10% de su peso vivo) consumiendo alimento seco, 24-40 L si consume alimento verde; 5 L por cada litro de leche, o 3,6 - 4,3 L/kg de MS.

Araujo (2002a) indica que la leche está constituida por un 87% de agua, por lo que el agua es el principal nutriente para sostener la lactación (Church y Pond, 1994) y cualquier restricción en el suministro produce una marcada reducción en la producción de leche (Riquelme, 1982; NRC, 2001).

Materia verde

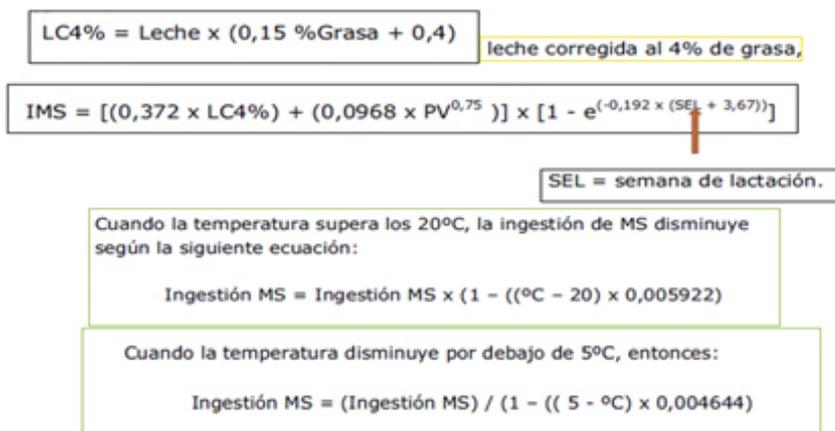
Es el forraje verde o forraje fresco, con el contenido de agua normal o natural. De manera general se considera que un bovino es capaz de consumir entre 10 al 12% de su peso vivo en materia verde.

La materia verde (MV) no se utiliza en nutrición animal para calcular y cuantificar el consumo de nutrientes por animal, ya que la cantidad de agua que contiene un alimento es variable y la fracción donde se acumulan los compuestos orgánicos e inorgánicos es en la materia seca (MS).

Materia seca

Si eliminamos el agua del pasto fresco en la estufa o en un horno microondas, queda como residuo la materia seca (18-25%). Generalmente se estima que el consumo de MS por bovino es 2-3 % de su peso vivo. La NRC (2001) plantea una ecuación con mayor nivel de factores como son: semana de lactación, leche corregida al 4% y peso vivo del animal, para estimar el consumo de materia seca en función de la etapa de lactación.

Figura 10.3
Ecuaciones para estimar el consumo de MS en una vaca en producción



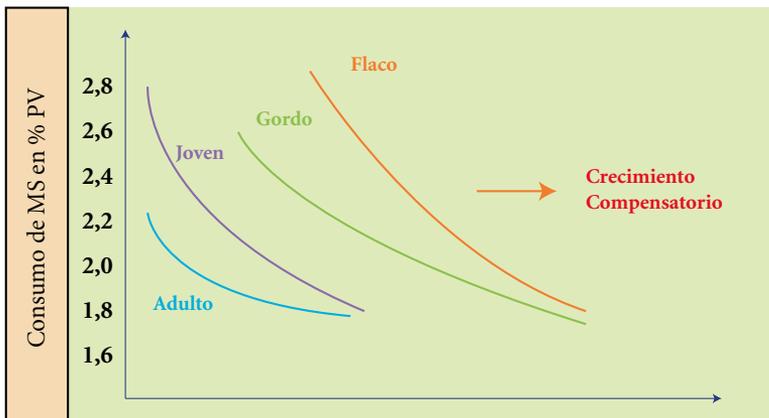
Fuente: Adaptado de Calsamiglia, Bach, De Blas, Fernández, y García-Rebollar, 2009

Aragón (2006) menciona que el consumo de MS está influenciado por algunos factores intrínsecos del animal, como por ejemplo, edad, un animal joven por tener un metabolismo más acelerado que un animal adulto tendrá

un mayor consumo; condición corporal, un animal con baja condición corporal (flaco) presenta un mayor consumo que una animal con buena condición corporal (gordo), esto se lo conoce como ganancia compensatoria ya que el animal muy probablemente estuvo en una condición de stress (enfermo o restricción de alimento) y al consumir mayor cantidad de MS va a llegar a su condición corporal idónea. El mismo autor (2002) señala la catidad de forraje que un animal puede ingerir mediante consumo voluntario, puede variar en función de los siguientes factores:

- Presión de pastoreo (frecuencia e intensidad de pastoreo).
- Altura y/o densidad de las plantas. En términos prácticos puede decirse que el consumo comienza a limitarse cuando la altura de las plantas es menor de los 10 cm.
- Llenado del tracto digestivo animal. La capacidad varía con el tipo de animal y su tamaño, puede alterarse de acuerdo al grado de digestión y el tiempo de pasaje del alimento, es decir, la velocidad con que el tracto digestivo es vaciado lo suficiente para que pueda ser consumida otra parte de forraje y todo esto varía en función de contenido de la fibra detergente neutra -FDN-.
- Medio ambiente (temperatura en regiones tropicales, lluvia y viento en el páramo).

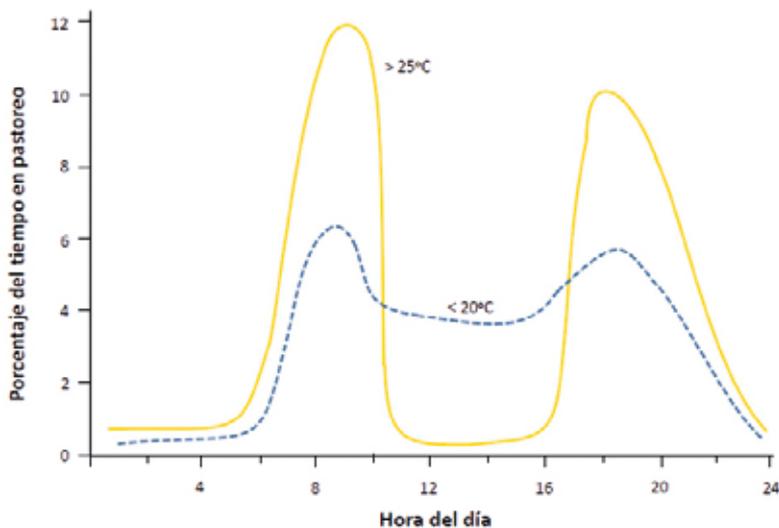
Figura 10.4
Consumo de MS, en función de la edad y condición corporal



Fuente: Aragón, 2006

La temperatura ambiental puede afectar los hábitos de consumo de los animales, si la temperatura son elevadas como en el trópico los animales al medio día buscan refrescarse y no consumen alimento, más bien el consumo es durante la noche cuando la temperatura es más fresca

Figura 10.5
Temperatura ambiental, horas del día y pastoreo



Fuente: Vélez, 2012

Tabla 10.1
Variación del consumo de alimento por una vaca lechera
según la temperatura ambiente

Temperatura °C	Consumo Relativo
35 sin enfriamiento nocturno	0,65
35 con enfriamiento nocturna	0,9
25 a 35	0,9
15 a 25	1
5 a 15	1,03
-5 a 5	1,05
-15 a -5	1,07

Fuente: Vélez, 2012

Las bajas temperaturas tienen un efecto contrario en el animal, aumenta el consumo de MS para mantener su temperatura corporal mientras que las altas temperaturas deprimen el consumo ya que al metabolizar los alimentos genera un incremento de la temperatura corporal y el animal tendría un mayor stress calórico.

Carbohidratos

Los hidratos de carbono son los componentes más abundantes en las plantas forrajeras y, proveen más de la mitad de la energía requerida para la alimentación de los animales.

Se dividen en dos grupos: hidratos de carbono no estructurales (no fibrosos) e hidratos de carbono estructurales (fibrosos).

Los hidratos de carbono no estructurales son compuestos solubles y digeribles y comprenden: azúcares y almidón. Los hidratos de carbono solubles (azúcares) contribuyen enormemente a balancear a la proteína degradable en rumen; la concentración en los pastos es máxima poco antes del espigado tendiendo a desaparecer luego de la floración. Las gramíneas son más ricas en hidratos de carbono solubles que las leguminosas, dentro de las gramíneas los raigrases tienen más azúcares que otras especies.

Los hidratos de carbono estructurales (fibra) son celulosa, hemicelulosa, lignina; constituyen el esqueleto de las plantas y pueden comprender entre 40-80% de la materia seca (en las paredes celulares podemos encontrar también sílice). La fibra representa la porción no digerible de los alimentos y, por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, sin embargo la fibra es importante en el proceso de digestión, de su presencia depende la salud animal y la eficiencia de la fermentación de los nutrientes digeridos. Una baja provisión de fibra, limitará la fermentación ruminal y puede causar disfunciones metabólicas que maten a los microorganismos ruminales que alimentan a las vacas. La fibra es atacada por las bacterias en las tres primeras cavidades del estómago de los rumiantes, en el ciego y el colon de los caballos y, en menor grado en el intestino grueso de otros animales; dichas bacterias descomponen la fibra en ácidos grasos volátiles (AGV), los cuales se absorben a través de la pared del rumen para ser transportados al hígado donde son convertidos en glucosa o circulan en el torrente sanguíneo para ser depositados en diferentes tejidos del animal en forma de ácidos grasos o son transformados en grasa láctea. En este proceso se forman gases (anhídrido carbónico y metano) y se genera calor. La lignina y la sílice son factores limitantes de la digestibilidad de las plantas forrajeras ya

que protegen a la pared celular del ataque biológico de los microorganismos del rumen; a medida que la planta madura, la lignificación de la pared celular es mayor y la digestibilidad es menor.

Figura 10.6
Células vegetales



Fuente: Asturnatura, 2016

Existen diferentes métodos para determinar la fibra:

- Fibra cruda (FC): tratamientos sucesivos con petróleo ligero, ácido sulfúrico diluido hirviendo, hidróxido de sodio diluido hirviendo, ácido clorhídrico diluido, alcohol y éter. Esta prueba indica los carbohidratos estructurales (en el proceso son eliminados algunos componentes de la hemicelulosa y la lignina).
- Fibra detergente neutra (FDN): digestibilidad in vitro de los contenidos celulares, con solución buffer y líquido ruminal. Este análisis revela el total de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina).
- Fibra detergente ácida (FDA), digestión in vitro con detergentes ácidos. Esta prueba revela el contenido de lignina y celulosa.

La fibra se incrementa en el pasto conforme avanza su crecimiento, sin embargo la fibra tampoco debe ser muy baja, ya que el paso del forraje por los estómagos sería rápido, no alcanzaría a ser bien digerido y se produciría una diarrea fisiológica. Por otra parte las altas temperaturas tropicales prolongan el tiempo de pasaje y afectan al consumo. En conclusión, se debe considerar la edad de cosecha del pasto a la cual obtengamos un contenido de fibra detergente neutra (FDN) entre 28-36% para estimular un mayor consumo, como se explicará más adelante.

Figura 10.7
Diferencias entre análisis proximal y análisis de Van Soest

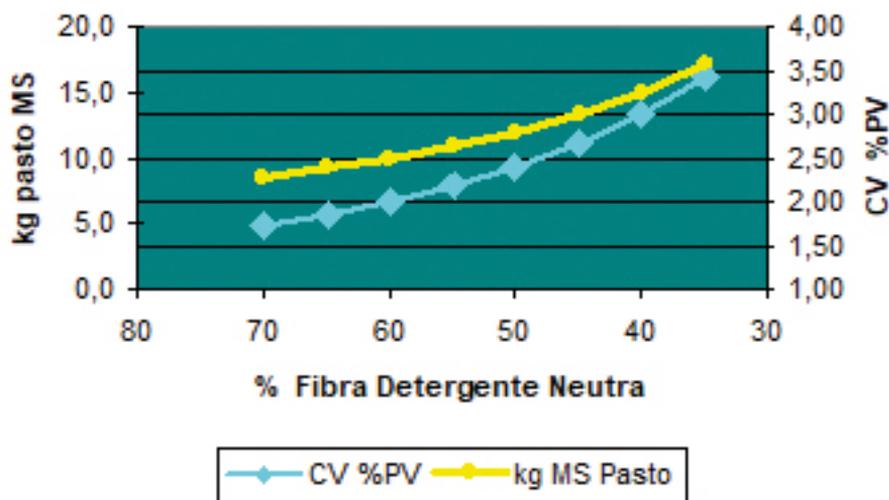


Fuente: Blanco, 2016

Batallas, C. (2008) menciona que el consumo voluntario (CV) la ingesta de MS está en función del contenido de FDN que contenga el pasto ya que tiene una relación inversamente proporcional al nivel de FDN y el consumo, para determinar el consumo de alimento en MS se considera una constante de 120 a la cual se divide para el nivel de FDN, por ejemplo un pasto de 45% FDN al dividir 120/45 el resultado 2,6% es el consumo del animal en función del peso vivo (PV)

$$CV \text{ MS } \% \text{ PV} = \frac{120}{\% \text{ FDN}}$$

Figura 10.8
Consumo voluntario en una vaca de 500 Kg en
función del FDN presente en la pastura



Fuente: Batallas, 2007

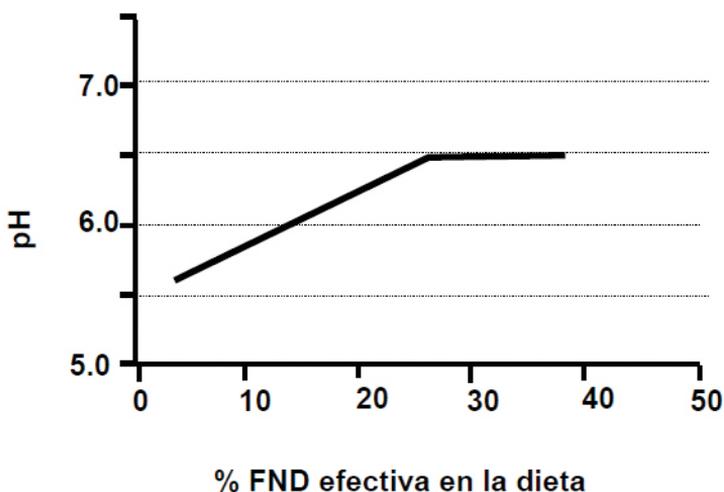
Gagliostro (2003) indica que:

Los rumiantes necesitan una determinada cantidad de FDN en la dieta a fin de asegurar una adecuada actividad de rumia lo que garantiza a su vez un adecuado flujo de saliva y el mantenimiento de la capacidad buffer del rumen (amortiguación de las oscilaciones de pH). Por otra parte, la presencia de fibra en el rumen asegura una adecuada relación entre los ácidos acéticos y propiónico indispensable para una eficiente síntesis de grasa butirosa en la vaca lechera. Los nutricionistas han propuesto niveles óptimos de fibra en la dieta de vacas lecheras. Así, para producciones de 20-24 L/vaca/día el porcentaje recomendado de FDN en la dieta sería de 34-36 % (Mertens, 1983) mientras que para vacas de alto potencial de producción (35-40 L) dicho porcentaje se encontraría entre 28-30 % (p.108).

En los casos en que la dieta contenga insuficiente fibra, y las vacas se alimenten con cantidades exageradas de almidones y azúcares, se presentarán casos de acidosis ruminal (Ver Enfermedades metabólicas). En animales alimentados al pastoreo, no existe este problema por cuanto el contenido de FDN más bien es alto: en pasturas de raigrases y tréboles, al macollaje (28-30 días) 35-40%, y al inicio la floración 50-60%.

En el alimento la fibra debe estar en forma efectiva (FDNe). Se denomina fibra efectiva a las particular que tienen un tamaño mayor a los 3 cm de largo, esto estimula la masticación, la producción de saliva, la rumia y la motilidad intestinal. La saliva tiene sustancias tampón (bicarbonatos y fosfatos) que ayudan a neutralizar los ácidos orgánicos y mantener el pH del rumen cercano a la neutralidad. La fibra efectiva es la precursora de grasa en la leche.

Figura 10.9
Efecto de la fibra efectiva en la dieta, sobre el pH ruminal

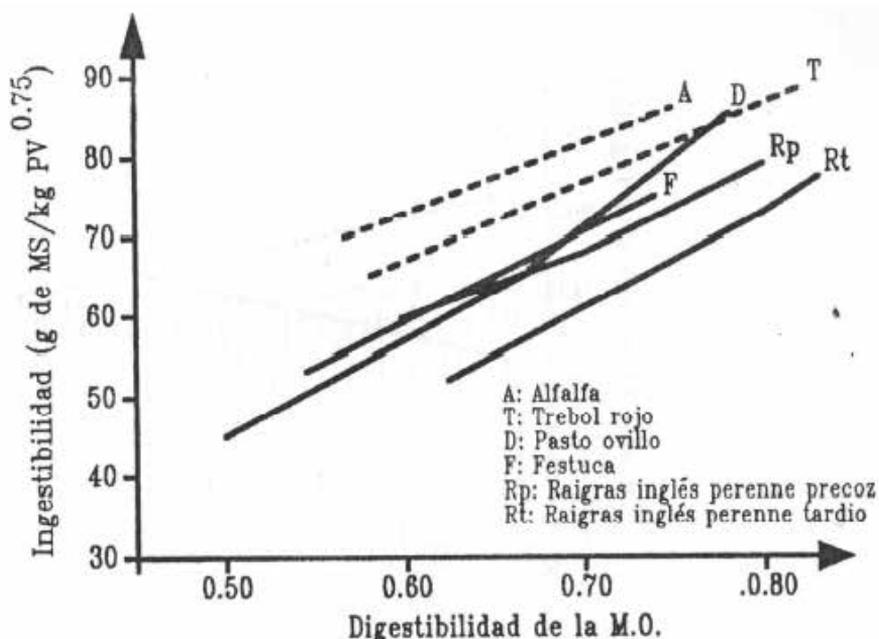


Fuente: Vélez, 2015

Digestibilidad

La baja calidad de las praderas disminuye el rendimiento de los animales por un triple efecto; baja concentración de nutrientes, menor digestibilidad de los mismos y disminución considerable del consumo del forraje. Estas observaciones sugieren que las diferencias entre estado de madurez pueden ser mucho más importantes que las diferencias entre especies forrajeras. Un pasto utilizado en el momento oportuno, aunque no sea de muy alta calidad, puede dar mejores resultados que un pasto de mejor calidad pero que se encuentre demasiado maduro. Baker (1971) también indica que la cantidad ingerida de forraje y la digestibilidad, son los factores que tienen mayor efecto en el proceso de producción animal.

Figura 10.10
Ingestibilidad de diferentes pastos y edad en días



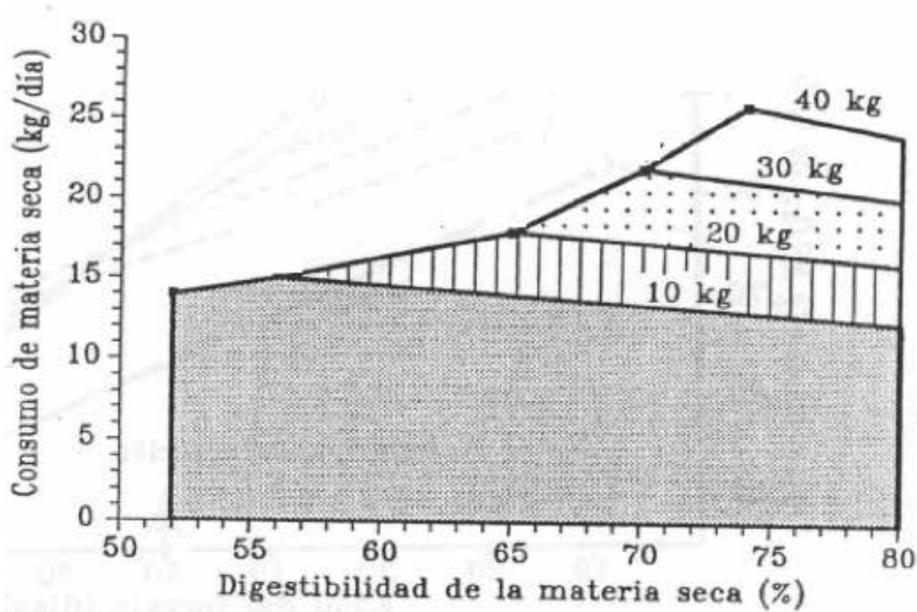
Fuente: Comeron, 2008

En la siguiente Figura 10.11. elaborado por Comeron (2008, Argentina), se puede apreciar el efecto de la digestibilidad de diferentes pastos en el consumo de materia seca y la producción de leche. A mayor digestibilidad, más consumo de materia seca y mayor producción de leche y, viceversa.

El clima influye en la digestibilidad, así las altas temperaturas tropicales favorecen la formación de hidratos de carbono estructurales y por ello los pastos tropicales tienen más fibra y menor digestibilidad.

La digestibilidad también depende de la estructura de las hojas. En las leguminosas las nervaduras son reticuladas, tienen menor contenido de paredes celulares, lo que permite una destrucción más rápida a nivel del rumen, comparado con las nervaduras lineales-paralelas de las gramíneas las que toman mayor tiempo en ser digeridas y por tanto en ser vaciadas del rumen.

Figura 10.11
Relación entre forrajes de diferente digestibilidad,
el consumo de materia seca y la producción de leche



Fuente: Comeron, 2008

La edad del pasto tiene una influencia directa sobre la digestibilidad de las pasturas, esto obedece a que los pastos conforme avanzan su desarrollo cambian su composición, pastos muy tiernos tienen una alta digestibilidad pero una baja cantidad de materia seca, pastos maduros tienen menor digestibilidad pero mayor contenido de materia seca. La idea del manejo de pastizales es buscar un equilibrio entre digestibilidad, contenido de materia seca y acumulación de nutrientes por la planta como CNE (carbohidratos no estructurales) para utilizarlos luego del pastoreo.

En general los valores de digestibilidad de los forrajes tropicales son 15 unidades porcentuales más bajos que los forrajes de clima templado, lo cual se debe a que tienen una proporción mayor de pared celular, la cual está lignificada. Así, mientras el pasto orchard grass tiene porcentajes de digestibilidad de 70%, proteína cruda de 15%, pared celular de 55%, lignina de 4,3% y carbohidratos no fibroso de 21%; el pasto guinea tiene niveles de 54%, 9%, 70%, 8% y 9%, respectivamente (Van Soest, 1994).

Tabla 10.2
Digestibilidad de los componentes del forraje

Componente	Digestibilidad	Limitante
CHO solubles (glucosa, sucrosa, maltosa, etc)	100	Consumo
Almidón	90	Pasaje
Proteína	90	Fermentación
Pectinas	98	Fermentación
Celulosa	Variable	Lignificación
Hemicelulosa	Variable	Lignificación
Lignina	Indigestible	****

Fuente: Adaptado de Aragón, 2006

Proteínas

Una gran mayoría de las proteínas contenidas en los forrajes son específicas de la especie, y por ende su valor biológico es distinto en cada una de las forrajeras. Este valor biológico depende del contenido de aminoácidos. El contenido de proteínas en los forrajes está afectado por diversos factores de la planta y del ambiente.

Debe tomarse en cuenta la influencia de las lluvias (o riego) en el contenido de proteína. En verano es notoria la diferencia entre mezclas forrajeras ya que los pastos neozelandeses más cespitosos, ofrecen como forraje solamente hojas, mientras que los pastos de origen americano al ser más altos, tienen tallos cuyo contenido proteico es menor que las hojas.

Tabla 10.3
Contenido de proteína de mezclas forrajeras
de la sierra en invierno y en verano

Origen de la mezcla forrajera	Proteína bruta	
	Invierno	Verano
Nueva Zelanda raigrás 90% y trébol blanco 10%	20,8%	16,7%
USA raigrás 90% y trébol blanco 10%	20,7%	12,9%
Nacional raigrás Pichincha	17,1%	14,3%

Elaboración: León, R.

El INIAP en la revista informativa N° 7, 1976, refiere como la disponibilidad y valor nutritivo del forraje varía entre la época lluviosa y la época seca, lo cual se manifiesta en la mayor carga animal y en la mayor producción animal durante el invierno.

Tabla 10.4
Producción de forraje del Módulo Lechero. INIAP, Estación Experimental
“Santa Catalina” (1992, 1993)

Observación	Época del año 1992		Época del año 1993	
	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca
M.V., kg/ha	12 364	4 573	23 305	5 302
M.S., kg/ha	2 658 (21,4% de la MV)	1 274 (27,8% de la MV)	5 033	1 373
Proteína Cruda	17%	14%		
Digestibilidad	74%	67%		
Mcal./kg./MS	2.2-2.51	1.8-2.025		

Fuente: INIAP, 1993

Elaboración: Autores

Influencia de la composición florística en el valor nutritivo:

Tabla 10.5
Contenido de proteína de mezclas forrajeras de la sierra

Mezcla forrajera	Proteína bruta
Kikuyo 60%, trébol blanco 40%	20,95%
Kikuyo 70%, trébol blanco 15%, loto 15%	19,85%
Kikuyo 90%, trébol blanco 10%	15,63%

Fuente: León, R. 2010

Las leguminosas tienen más proteínas que las gramíneas y las hojas contienen más proteínas que los tallos. La cantidad disminuye a medida que la planta se desarrolla y envejece, pero esta disminución es menor en las leguminosas que en las gramíneas.

Influencia de la época de corte en el valor nutritivo: El pasto joven tiene mayor valor nutritivo (nutrientes y digestibilidad), conforme avanza el ciclo vegetativo disminuyen los nutrientes, se incrementa la fibra y, la digestibilidad disminuye.

Tabla 10.6
Composición química y valor nutritivo
de los principales pastos de clima temperado-frío

Especies	MS	PC	PD	EM	MS	FC	FDN	FDA	Ca	P	K
	g / kg MS	Mcal / kg MS	%				g/kg				
Alfalfa											
Antes de la floración	284	241	194	2,38	72,4	26,1	43,5	29,9	1,01	0,30	2,23
Plena floración	246	223	173	2,26	69,7	27,8	42,4	39,3	1,16	0,36	1,56
Después de la floración	276	229	165	2,19	65,4	30,6	40,0	43,6	0,92	0,27	1,76
Avena forraj.											
Antes de la floración	247	75	43	2,35	78,1	27,7	48,6	32,1	0,50	0,22	2,32
Inicio de la floración	274	57	27	1,89	75,1	34,1	52,9	33,4	0,82	0,25	1,93
Cebada forraj.	204	88	54	2,23	76,4	28,3	47,0	39,7	0,72	0,31	2,01
Centeno forra	203	93	58	2,16	74,1		46,8	40,1	0,94	0,22	2,31
Holco											

PASTOS Y FORRAJES DEL ECUADOR
SIEMBRA Y PRODUCCIÓN DE PASTURAS

Antes de la floración	250	141	88	2,29	71,9	27,2	62,4	37,3	0,35	0,32	2,17
Inicio de la floración	288	142	81	2,28	66,9	32,4	58,7	34,5	0,32	0,22	2,43
Kikuyo											
Antes de la floración	224	153	97	2,42	70,5	25,9	65,7	35,3	0,29	0,46	2,38
Inicio de la floración	213	150	93	2,26	68,1	26,3	64,4	35,4	0,31	0,36	2,35
Pasto azul											
Antes de la floración	244	165	87	2,59	70,6	29,7	60,6	30,5	0,28	0,49	2,28
Inicio de la floración	245	145	78	2,55	73,6	28,3	62,8	34,5	0,27	0,49	2,28
Raigrás perenne											
Antes de la floración	172	195	146	2,45	72,0	27,0	54,6	33,4	0,40	0,43	2,23
Inicio de la floración	235	175	131	2,36	70,6	31,9	56,0	34,6	0,45	0,41	2,13
Raigrás bianual											
Antes de la floración	213	147	110	2,48	72,7	27,3	51,4	31,9	0,33	0,34	1,95
Inicio de la floración	250	113	84	2,35	71,0	32,1	55,2	34,5	0,56	0,25	1,75
Trébol blanco											
Antes de la floración	205	255	211	2,92	83,3	17,5	29,2	27,1	0,78	0,32	1,47
Inicio de la floración	188	248	198	2,70	81,5	28,8	37,0	28,7	0,96	0,13	1,21
Trébol rojo											
Antes de la floración	212	249	207	2,79	80,0	19,3	31,1	22,1	0,61	0,29	2,04
Inicio de la floración	214	221	183	2,57	80,0	21,7	37,4	33,0	0,94	0,29	2,93
Vicia											
Antes de la floración	197	252	189	2,59	77,3	24,5	35,8	33,9	0,37	0,32	2,83
Inicio de la floración	203	203	119	2,51	78,0	21,4	43,0	35,3	0,63	0,66	1,72

Fuente: INIAP, 2008. Laboratorio de Nutrición EESC

Tabla 10.7
Valor nutritivo referencial de los principales pastos de clima tropical

Especies	Descanso	Época	MS	PC	Div
			kg/ha	g/kg MS	%
Alemán	35 días	Época lluviosa		139	56,9
		Época seca		140	54,3
Brachiaria signal	4 semanas		1 446	114	54,4
	6 semanas		628	94	60,3
Centro, soya, siratro	4 semanas			184	48
	6 semanas			176	49,1
Elefante común	35 días	Época lluviosa	7 793	116	66,1
		Época seca	5 737	99	58,4
Estrella	21 días	Época lluviosa	1 073	148	60,2
		Época seca	363	145	57,5
	35 días	Época lluviosa	2 260	129	54,1
		Época seca	821	109	50,1
Guinea común	28 días	Época lluviosa	1 665	141	61,5
		Época seca	410	137	58,5
	35 días	Época lluviosa	2 479	124	46,5
		Época seca	557	122	47
Guinea C.+ leguminosas	35 días	Época lluviosa		123	58,0
		Época seca		130	53,5
Janeiro	35 días	Época lluviosa		118	51
		Época seca		131	50
Kikuyo del amazonas	4 semanas			119	53,2
	6 semanas			100	50,2
King grass	4 semanas			136	45,2
	6 semanas			107	31,8
Kutzu	45 días			160	60
Leucaena	4 semanas			203	72,6

Matarratón	45 días			265	
Micay	42 días			81	
Para	42 días	Época lluviosa	372,9	160	54,5
		Época seca	68,9	144	58
Setaria kasungula	35 días	Época lluviosa	291,3	120-128	62,5
		Época seca	47,2	129	60,3

Elaboración: León, R. 2018, tomando como base: INIAP,1989, 2008, ESPE, 2008.

La proteína del forraje es la principal fuente de nitrógeno para los animales. Cuando las cantidades de nitrógeno en el forraje no son suficientes para llenar los requerimientos del animal, se debe suministrar proteína complementaria en los concentrados o nitrógeno no proteico (urea). Pero también en pastos jóvenes o en variedades tetraploides puede haber exceso de proteína, de allí que es importante tomar en cuenta los niveles de proteína en el forraje.

Tabla 10.8
Interpretación del contenido de proteína de un forraje

> 20%	Muy alta (excesiva)	Provocan excesos de NH ₃ (costo de eliminación). Suplementar con granos de alta degradabilidad ruminal. Nunca con silaje de pasturas o urea. Proteína bypass.
16-20%	Alta	Leve exceso de NH ₃ . Aseguran un adecuado funcionamiento ruminal.
8-12%	Baja	Inadecuada para producción de leche y para buenas ganancias de peso vivo salvo terminación.
<7%	Muy Baja	Deficiencia de NH ₃ . Se puede suplementar con urea

Fuente: Gagliostro, 2008

Es necesario indicar que para una normal digestión microbiana en los rumiantes, los forrajes deben contener un mínimo de 6% de proteína cruda, ej: 15 kg/MS/vaca x 6 % = 899 g de proteína cruda degradable a nivel ruminal. Un nivel superior se necesita para el crecimiento, la gestación y, para producir carne y leche (según el tercio de lactancia).

Para producir leche se necesita 68-76 gr proteína cruda por litro de leche, según la proteína provenga de concentrado o de forraje, respectivamente; esto es así debido al mayor valor biológico de la proteína del concentrado (García, 1986, citado por Grijalva, 2001).

Tabla 10.9
Recomendaciones de urea en leche

mg/dl	Nivel	Efecto
>18	Excesivo	Afecta a la producción de leche, disminuir la proteína en la ración y mejorar la cantidad de CNE
15-18	Alto	Riesgo moderado a la producción
12-15	Óptimo	Niveles adecuados de urea
< 10	Bajo	Incrementar la proteína en la ración

Fuente: Bonifaz y Gutiérrez, 2014

Si bien la proteína es importante en la alimentación de los animales, los excesos de proteína pueden afectar la producción de los mismos, la metabolización de la proteína por parte de los animales se saturan y pueden eliminar este exceso en forma de urea en leche, sangre, y orina. El monitorear la urea permite indicar el balance entre la proteína y la energía en la alimentación.

Grasas

Las grasas o lípidos son fuente concentrada de energía. Bernal (1994) menciona que el contenido de lípidos de las hojas varía entre 3-10%, y generalmente declina con la edad. Los lípidos tienen diferentes componentes, pero la mayor parte de ellos están compuestos por galactolípidos y fosfolípidos, la mayor parte se encuentra en los cloroplastos. El ácido linolénico constituye entre el 60-75% del total de los ácidos grasos, seguido por los ácidos linoléico y palmítico. Estos ácidos son importantes desde el punto de vista nutricional.

Las ceras que se encuentran en la superficie de las hojas, son de poco valor nutritivo.

Cenizas

Las cenizas son un complejo de materiales inorgánicos que fueron absorbidos del suelo por la planta, y después asimilados en el proceso de fotosíntesis. El contenido en la planta nos da una idea clara de cómo deben fertilizarse los pastos y por otra parte de cuál es el aporte al metabolismo del animal que consume el forraje.

La mayoría de los forrajes contienen de un 5 a 10% de minerales en la MS, aproximadamente 1,5-2% del peso fresco.

En gramíneas, los elementos minerales disminuyen a medida que la planta madura mientras que, en las leguminosas la composición mineral depende menos del estado de madurez y es más uniforme a través del ciclo vegetativo.

Osorio (2003) señala que los factores que más afectan a la concentración de minerales en el pasto son la fertilidad del suelo, el plan de fertilización y la edad de la planta al pastoreo. Los forrajes jóvenes tienden a presentar serios desbalances de Ca:P, niveles excesivos de K y N y bajos contenidos de Mg, lo que facilita la presentación de trastornos reproductivos. En la región interandina en general los pastos pueden adolecer de deficiencia de S, Cu, Zn y B.

En general, las leguminosas contienen mayor cantidad de minerales que las gramíneas y dentro de la planta, las hojas tienen mayor cantidad que los tallos.

Algunos minerales se pueden almacenar dentro del cuerpo de los animales (por ejemplo hierro en el hígado, calcio y fósforo en los huesos, etc.). Sin embargo, los minerales que son solubles en agua (por ejemplo sodio y potasio) no se almacenan y se tienen que suministrar casi continuamente en la dieta.

Los minerales se dividen en macro elementos y micro elementos:

Macro elementos: nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro, azufre y silicio.

- Nitrógeno, el contenido en los forrajes varía de 2,4 al 5%. La presencia de este elemento depende del contenido de materia orgánica en el suelo, del nivel de fertilización, de la especie, etc. Es mayor en plantas jóvenes y disminuye a medida que madura la planta. La digestibilidad del N de los forrajes se estima en un 50%.
- Calcio, en los forrajes varía en un rango del 0,3 al 2,5%. El contenido de Ca es ligeramente mayor en las plantas jóvenes, que en aquellas fases posteriores de desarrollo e igualmente, es mayor en leguminosas (alfalfa y tréboles en particular) que en gramíneas. Es frecuente, la necesidad de suplementar calcio a los animales, debido al alto requerimiento de algunas especies y sobre todo durante la lactancia (INPOFOS, 2003). Uribe indica que la digestibilidad del Ca de los forrajes es un 68%.
- Fósforo, en los forrajes varía entre el 0,1 al 0,5%, el contenido es alto en tejidos jóvenes en crecimiento hasta antes de la floración, por lo que las plantas maduras son siempre pobres en fósforo y este elemento es más abundante en las hojas que en los tallos. La digestibilidad del P de los forrajes es un 58%.

- Potasio, varía entre el 1 y 4%, la cantidad es mayor en plantas tiernas y decrece con la edad; es mayor en leguminosas que en gramíneas. Los animales requieren el 1%. Cuando los animales comen hierba demasiado tierna, ingieren cantidades muy elevadas de potasio, el cual ejerce un efecto laxante. La digestibilidad del K de los forrajes es el 100%.
- Magnesio, varía entre 0,1 a 0,7%, es menor en las regiones donde la planta crece rápido. Los forrajes con bajo contenido de Mg causan en los rumiantes trastornos metabólicos como la tetania de los pastos (hipomanegsemia).
- Sodio y el cloro son elementos que se encuentran en los forrajes en forma de sales. La mayoría de los forrajes no contienen suficientes cantidades para cubrir las necesidades de los animales. Cuando se fertiliza con ClK se aporta Cl al suelo; este elemento, según Juscafresca, aumentará varias veces el contenido de tiamina (vitamina B) en la planta.
- Azufre, los forrajes tienen entre 0,1 al 0,4%. Los microorganismos del rumen del animal utilizan los sulfatos para la síntesis de la proteína. Como el azufre se ingiere sobre todo en forma de proteínas, una deficiencia de azufre significaría deficiencia en proteínas, por lo que generalmente en pastos con alto porcentaje de proteínas no se considera esta posibilidad, sin embargo, frecuentemente se adiciona en las sales minerales. El S debe tener una relación con el N, de N/S 12:1. La cantidad de S requerida por las vacas es aproximadamente el 60% de los requerimientos del P.
- Sílice, es absorbido por las raíces en forma de sal soluble. Las gramíneas acumulan más que las leguminosas, y una buena parte es depositada en la pared celular y así es un factor limitante de la digestibilidad.

Micro elementos: cobre, manganeso, molibdeno, hierro, yodo, cobalto y zinc. Los micro elementos aparecen en muy escasa cantidad e intervienen en el metabolismo de los animales.

- Cobre, generalmente está en los pastos en cantidades normales. La deficiencia provoca en los animales varias enfermedades, como la muerte repentina asociada a cambios en el músculo del corazón, anemia, pérdida de apetito; en las vacas causa esterilidad temporal; en los toros jóvenes pierden totalmente la libido, con daño testicular y muy escasa espermatogénesis. Es uno de los elementos importantes para la utilización del hierro en la formación de hemoglobina (Manual Veterinario Merck). La deficiencia de Cu se manifiesta sobre todo en animales jóvenes por

un pelaje cobrizo o rojizo. La enfermedad puede desaparecer utilizando sulfato de Cu para administrar a los animales por vía oral (2 g/día/vaca) o, aplicando este producto directamente al suelo (INPOFOS, 2003). La relación Cu:Mo es muy importante en la utilización del cobre por el animal, normalmente 6 ppm de Cu en el forraje son suficientes para el crecimiento de pastos y animales. Cuando se encala el suelo, aumenta la disponibilidad de Mo y los requerimientos de Cu pasan de 6 a 10 ppm.

- Manganeso, los animales requieren cantidades relativamente bajas de este elemento, por lo tanto un forraje bien nutrido puede suministrar todo el Mn necesario para una producción normal de los animales (INPOFOS, 2003).
- Molibdeno, de haber exceso en el forraje, el ganado puede sufrir de diarreas.
- Hierro se encuentra normalmente en una cantidad suficiente para los animales.
- Cobalto, molibdeno y manganeso están presentes en los forrajes en cantidades suficientes.
- Yodo, puede faltar en regiones alejadas del mar.
- Zinc, los animales requieren niveles de Zn que frecuentemente no se encuentran en los pastos. Es necesario, suplementar en forma de sales minerales.
- Selenio, los animales requieren 6 mg/vaca lechera/día en el alimento (Hill Laboratories, 2003).

Vitaminas

Son sustancias de naturaleza orgánica que generalmente se encuentran en todos los elementos en cantidades infinitesimales; son de estructura química muy diversa, siendo todas indispensables para el crecimiento, desarrollo y salud de los animales. Parte de estas vitaminas se encuentran en los forrajes en forma de pro-vitaminas, que al ser consumidas por el animal son convertidas en su organismo en principios activos, por lo que la suplementación se justifica solamente en los casos de deficiencias (épocas de sequía), estrés o cuando proyectemos alguna actividad que sabemos pueda alterar las necesidades de las mismas como por ejemplo campañas de vacunación, desparasitación o controles individuales que están fuera del plan de manejo del hato. De acuerdo con su solubilidad en agua o en grasas, las vitaminas se han dividido clásicamente en hidrosolubles y liposolubles. Esta clasificación es válida desde el punto de vista fisiológico, porque así queda determinada su forma de transporte, su excreción y la posibilidad de almacenamiento en el organismo animal.

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

- Vitamina A, no se encuentra como tal en los forrajes, pero sí en su estado rudimentario en forma de caroteno, que al ser digerido por el animal se transforma en su organismo en vitamina. Las hierbas verdes son una fuente excepcional de caroteno, pudiendo proporcionar unas cien veces los requerimientos de una vaca que pasta y come en cantidades normales. La hierba madura, afectada por sequías o heladas o, que es mal henificada (ha perdido el matiz característico verde de la hierba), sufren pérdidas importantes de caroteno. Los forrajes ensilados en óptimas condiciones sufren pérdidas menores de vitamina A.
- Vitamina D, se conoce varios grupos y de todos ellos únicamente se reconocen como importantes la D2 y D3. Los forrajes carecen de vitamina D, y ésta únicamente se forma en cantidades muy reducidas durante la henificación del forraje, por efectos de la radiación solar. Estudios recientes hacen creer que la vitamina D puede formarse en las hojas secas a partir del ergosterol. Los animales que pastorean al aire libre y disfrutan de la radiación solar, excepcionalmente se ven afectados de carencias ya que la vitamina D se forma en la piel de los animales por los efectos de los rayos ultravioleta del sol.
- Vitamina E se encuentra más en las gramíneas que en las leguminosas a excepción de la alfalfa, perdiéndose en parte al henificarlas y carecen de ella todas las pajas de cereales.
- Vitamina K está muy extendida en todas las especies forrajeras y en especial en la alfalfa. Los rumiantes adultos gracias a la flora microbiana del rumen, la sintetizan de sus alimentos, abasteciéndose así de la vitamina requerida por su organismo.

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

- Vitamina B1 y B2 se encuentran en todos los forrajes y en mayor proporción en el heno, o en la alfalfa deshidratada en particular.
- Vitamina C, más conocida por ácido ascórbico, se encuentra en todos los forrajes de las especies gramíneas y en la alfalfa, pero sobre todo en las especies de leguminosas, así como en las papas, la remolacha, los nabos, zanahorias, etc. El contenido de esta vitamina disminuye en los forrajes, a medida que la planta se desarrolla por lo que su presencia es muy superior en los forrajes antes de la floración que después de ella.

Energía

El cuerpo usa los alimentos principalmente como fuente de energía. Todos los agentes nutritivos orgánicos como carbohidratos, grasas y proteínas, proporcionan energía. Por lo tanto los valores energéticos de los componentes orgánicos de los alimentos se combinan y expresan como:

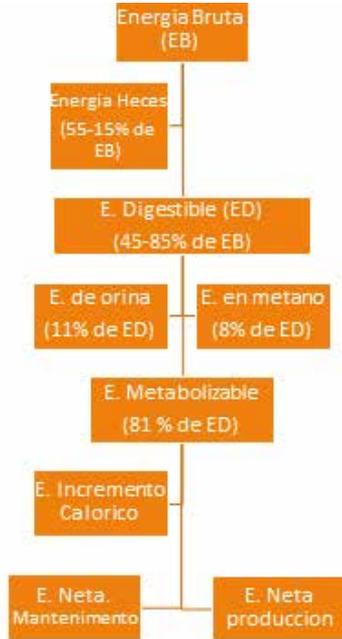
- Elementos nutritivos digeribles totales (NDT), sumatoria de la energía digerible de cada uno de los nutrientes.
- Energía Bruta (E.B.), contenido total de energía del alimento medido por bomba calorimétrica.
- Energía digerible (E.D.), porción de la energía consumida que es absorbida por el animal.
- Energía metabolizable (E.M.), aquella parte de la energía consumida, que el animal puede utilizar para cualquier proceso fisiológico.
- Energía neta (E.N.), la proporción de energía consumida que puede convertirse en trabajo, leche, huevos, carne.

En el estudio realizado por (Bonifaz y Gutiérrez, 2013) en unidades productivas (UPAs) de leche del cantón Cayambe se determinó, que la baja ingesta de energía es una de las principales causas del retardo en el crecimiento de los animales, demora el inicio de la pubertad, baja producción de leche y además disminuye el porcentaje de fertilidad, la energía es el nutriente que más interviene la eficiencia productiva de los sistemas pastoriles. Las ingestiones mayores aumentan las tasas de crecimiento, la producción de leche y la acumulación de grasa.

La EB es la capacidad de combustión que tienen los alimentos para liberar energía, la unidad de medida de la energía es la caloría y se define como la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar un grado Celsius la temperatura de 1 gramo de agua de 14,5 a 15,5 a una presión de 1 atmósfera (McDonald, Edwards, Greenhalgh, y Morgan, 1969). La EB no se usa para formular raciones alimenticias para animales ya que es una energía potencial, se debe considerar las pérdidas fecales para estimar una energía digestible. Según (Gagliostro, 2008), las pérdidas fecales son escasas en cereales entre el 12 y 25%, pero importante en los forrajes entre el 25 y 50% en medida que resultan más lignificados. Un 8% de la Energía Bruta se pierde como gas Metano, la energía perdida en la orina representa un 5%.

En la actualidad se puede utilizar ecuaciones para estimar la EN de los alimentos, estas tienen una alta correlación de predicción, los nutrientes digestibles totales (NDT) es otra unidad de medida para valorar los alimentos de los bovinos.

Figura 10.12
Utilización de la energía en una vaca lechera



Fuente: Gagliostro, 2008

Tabla 10.10
Ecuaciones para estimar los valores
de energía dependiendo del tipo de alimento

Alimento	Energía Neta Lactancia ENL (Mcal/lb)	Nutrientes Totales (NDT) Digestibles
Leguminosas	$ENL = 1.044 - (0.019 * FDA)$	$NDT = 4.898 + (ENL * 89,796)$
Mezclas leguminosas y gramíneas	$ENL = 1.0876 - (0.0127 * FDA)$	$NDT = 4.898 + (ENL * 89,796)$
Gramíneas, sorgo y cereales	$ENL = 1.085 - (0.0124 * FDA)$	$NDT = 4.898 + (ENL * 89,796)$
Ensilaje de maíz	$ENL = 1.044 - (0.0124 * FDA)$	$NDT = 31.4 + (53.1 * ENL)$
Mezclas totalmente mezcladas (forrajes + granos)	$ENL = ((NDT * 0.0245) - 0.12) * 0.454$	$NDT = 93.53 - (1.03 * FDA)$

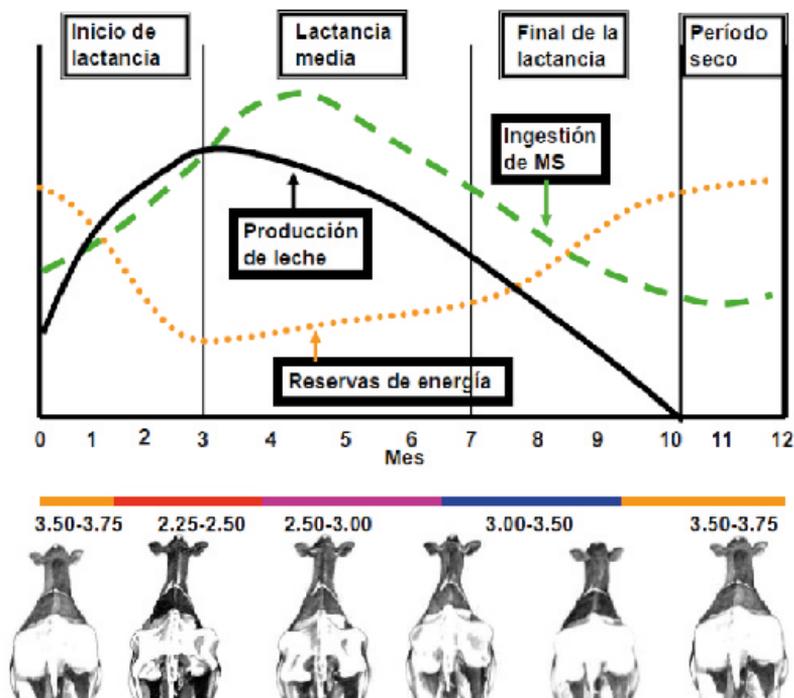
Fuente: Adaptado de Ishler, Heinrichs, y Varga, 2010

Tabla 10.11
Ecuaciones para estimar la energía (Mcal/ kg MS)

$EN = 0.667 * ED - 0.36$ $R^2=0.86$
$EN = 0.703 * EM - 0.19$ $R^2=0.88$
$EN = 0.0266 * \%NDT - 0.12$ $R^2=0.79$

Fuente: Vélez, 2015

Figura 10.13
Condición corporal en una vaca en su etapa de lactancia



Fuente: Vélez, 2012

Para Batallas (2007) una vaca puede sostener una producción solo con pastos y sin suplementación adicional entre los 15 y 20 litros de leche, con pastos de clima templado. Las vacas en su periodo de secado pueden tener una ganancia de peso optima y mejorar condicion corporal si tiene un buena disponibilidad de pastos.

Los mamíferos tienen una mayor demanda energética en la etapa de lactancia. Es por esta razón que una vaca en producción pierde peso en primer tercio, moviliza reserva corporal, esto se puede evidenciar en su pérdida de condición corporal. Si el animal ingiere menos energía que la demandada para cumplir con funciones vitales, como locomoción y producción el animal entra en un balance energético negativo (BEN). Las vacas tienen un mayor riesgo (BEN) en el primer tercio de lactancia donde producen una mayor cantidad de leche, en el segundo y tercer tercio la producción de leche desciende gradualmente y su condición corporal mejora (Vélez, 2015).

Enfermedades de los animales por carencia en los forrajes

Simple deficiencias o excesos de elementos minerales en las dietas y ciertos desbalances entre alguno de ellos pueden causar problemas en la salud animal, al afectar directa o indirectamente la bio-disponibilidad de otros elementos.

Las gramíneas requieren seis macronutrientes (N, K, Ca, Mg, P y S) en concentraciones que excedan los 1000 mg.kg-1 y siete micronutrientes (B, Ci, Cl, Fe, Mn, Mo y Zn) en concentraciones que varían de 0,1 a 50 mg.kg-1. Las gramíneas templadas también pueden requerir tazas de algunos elementos tales como Ni, Co, Na y Si. Los animales en pastoreo requieren ocho macronutrientes, los seis que necesitan las plantas, más Na y Ci. Además, requieren algunos de los micronutrientes que necesitan las plantas (Cu, Fe, Mn, y Zn) más Co, I, y Se, y ultra-trazas de Cr, Li y Ni.

Las gramíneas pueden exhibir deficiencias en macronutrientes, pero rara vez deficiencias en micronutrientes. Sin embargo, sus concentraciones de macronutrientes (Na, Ca, Mg, P y S), micronutrientes (Cl, Cu o Zn) u otros elementos (I, Na o Se) pueden no ser suficientes para cubrir las necesidades nutricionales. Las concentraciones de diferentes elementos y sus balances pueden diferir entre y dentro de las especies forrajeras, y son afectados por las condiciones ambientales.

Las enfermedades carenciales, son aquellas provocadas por un desequilibrio entre los elementos que ingresan al organismo, su metabolismo y los egresos a través de las fecas, orina, leche, feto, etc. Lamentablemente la mayoría de estas enfermedades tienen un efecto de difícil percepción, sin embargo,

actúan limitando la producción de las especies y provocan disminución de la rentabilidad de la empresa pecuaria.

Para las enfermedades influye en gran manera el ambiente en que vive el animal, la falta de higiene y en particular una alimentación deficiente que pueda mermar la capacidad de defensa del organismo. Las fórmulas de fertilización aplicadas a las pasturas tanto de macro como de micro elementos, tienen capital importancia para la calidad biológica del forraje, y más si el animal es alimentado basándose en pastos. De registrarse alguna carencia de uno o más elementos nutritivos, el animal adolecerá de resistencia a infecciones y enfermedades.

Hill Laboratories (2003) señala que los requerimientos de los minerales, es a menudo influenciado por interacciones entre minerales. Por ejemplo, pueden presentarse deficiencias de Mg y Ca a pesar de existir niveles adecuados en la dieta, si el nivel del K es excesivo. Sin embargo, el elemento de mayor interés con respecto a interacciones de nutrientes es el cobre: altos niveles de molibdeno, azufre, hierro y zinc en la dieta pueden reducir la disponibilidad de cobre (Hill Laboratories, 2003).

Los principales métodos de diagnóstico para detectar la presencia de deficiencias, según Contreras (1998) son:

- Análisis del suelo y de los forrajes, para establecer las concentraciones minerales y posibles interacciones que puedan alterar la utilización de alguno de ellos.
- Análisis de tejidos y fluidos orgánicos (sangre y leche), para determinar la concentración en que se encuentran los minerales en el organismo animal (Perfil Metabólico).
- Medición de las concentraciones de hormonas o actividad de enzimas, para establecer la concentración de yodo (tiroxina y triyodotironina) o selenio (actividad de glutatión peroxidasa), etc.
- Identificación de signos clínicos en el rebaño o lesiones en animales muertos.
- El método más confiable para confirmar deficiencias minerales es mediante la suplementación con minerales específicos, y evaluar a través de su respuesta productiva.

Tabla 10.12
Concentraciones de minerales críticos en forrajes
para satisfacer los requerimientos de rumiantes a pastoreo

Mineral	Unidad	Nivel crítico para rumiantes
Calcio	%	0,30
Fósforo	%	0,25
Potasio	%	0,60-0,80
Sodio	%	0,06
Magnesio	%	0,20
Hierro	ppm	30
Zinc	ppm	30
Cobre	ppm	10
Manganeso	ppm	30-40
Selenio	ppm	0,10

Fuente: L.R. Mc. Dowell, 1993, citado por Contreras, 1988.

Las principales enfermedades carenciales de los animales son:

Hipocalcemia

Esta enfermedad metabólica, llamada también paresia de las parturientas o puerperal, suele observarse durante el parto en hembras adultas y se caracteriza por hipocalcemia, debilidad muscular general, colapso circulatorio y pérdida del conocimiento se estudia aparte una enfermedad similar denominada tetania de la lactancia en las yeguas en virtud de su aparición más frecuente durante la lactancia y después del transporte (Blood, Henderson, y Radostits, 1986).

El hecho importante al respecto es que la hipocalcemia es más intensa en unas vacas que otras y es precisamente de esta diferencia de la que depende la variación de susceptibilidad de los animales a la paresia obstétrica. Existen tres factores que afectan la homeostasia del calcio y las variaciones en uno o más de ellos pueden tener importancia decisiva en el desencadenamiento de la enfermedad en cualquier individuo, en primer término, quizá actué la pérdida excesiva de calcio en el calostro mas allá de la capacidad de absorción del intestino y la movilización por parte de los huesos para reemplazarlo.

Las variaciones de susceptibilidad entre las vacas pueden depender de cambios de la concentración del calcio en la leche y del volumen de leche se-

cretada. En segundo término, puede haber un trastorno de la absorción del calcio por parte del intestino durante el parto, y pruebas al respecto confirman tal aseveración. El tercer factor, y quizá el más importante, se refiere a que la movilización del calcio a partir de los depósitos en el esqueleto quizá no sea suficientemente rápida para conservar la calcemia normal.

Sin duda la velocidad de movilización del calcio y las reservas de este elemento inmediatamente disponibles se hallan lo bastante disminuidas en vacas al final de la gestación para que los animales no puedan resistir la ya esperada pérdida de calcio en la leche (Blood, Henderson, y Radostits, 1986).

Existen lesiones traumáticas de los nervios de las extremidades en 25% o más de las vacas en decúbito. En las extremidades posteriores los nervios isquiáticos y obturador son susceptibles de lesionarse por la presión por el becerro durante el parto. En las vacas recumbentes, fácilmente se producen lesiones por presión en los nervios superficiales (radial y peroneo) de las extremidades (Blood, Henderson, y Radostits, 1986).

Para evitar esta enfermedad se aconseja manipular la dieta, tratando de que en el período seco previo al parto, las vacas consuman la menor cantidad de calcio posible (sales no iónicas) de esta manera se exige al organismo que todo el sistema hormonal esté trabajando activamente y al momento del parto en donde se requiere movilizar una gran cantidad de calcio, el sistema hormonal responde rápida y eficientemente.

Hipomagnesemia

La hipomagnesemia es un hallazgo común y se acompaña en muchos casos de hipocalcemia. Se ha logrado producir experimentalmente un padecimiento análogo al síndrome natural por administración de dietas artificiales muy pobres en magnesio, y las pruebas al respecto indican que la enfermedad es causada por deficiencia dietética de magnesio, exacerbada por ingreso elevado de calcio.

La leche, a pesar de su bajo contenido de magnesio, constituye una fuente adecuada del elemento para terneros o becerros muy jóvenes, dada su buena capacidad de absorción. Sin embargo, disminuye la absorción de magnesio en forma manifiesta hacia los tres meses de edad, precisamente cuando es máxima la susceptibilidad al padecimiento. Disminuye también la eficacia de la absorción al disminuir el tránsito intestinal, lo que puede guardar relación con la ocurrencia de la enfermedad en becerros diarreicos. Se comprueba también pérdida importante de magnesio por las heces en terneros que mastican materiales fibrosos, por ejemplo, pajas de las camas ya que la masticación estimula

la salivación y aumenta la pérdida de magnesio endógeno. Sabemos que la turba y las virutas de madera producen también este efecto.

La tetania hipomagnesémica de los becerros se complica a menudo en casos naturales por la coexistencia de otros padecimientos, especialmente distrofia muscular enzootica (Blood, Henderson, y Radostits, 1986).

A menudo los pastos y las dicotiledóneas contienen niveles adecuados de nutrientes, pero su disponibilidad biológica puede ser reducida por ciertas interacciones, como por ejemplo la de Ca, K y Mg. La hipomagnesemia (tetania de los pastos) es quizás, el problema más importante de los causados por desbalances minerales en rumiantes en regiones templadas. Se caracteriza por bajos niveles de Mg en sangre y orina. La absorción de Mg tanto por las plantas como por los rumiantes es afectada negativamente por el K. El Ca puede contrarrestarse en alguna medida el efecto negativo del K sobre la absorción del Mg. Estas interacciones determinan que la relación $K / Mg+Ca$ en plantas (expresada en meq/base) se utilice como índice de riesgo de tetania, el cual incrementa marcadamente cuando el valor de esta relación en el forraje es superior a 2,2. Otros factores que reducen la disponibilidad de Mg para los animales son las altas concentraciones de N y las bajas concentraciones de carbohidratos solubles totales (Mayland y Shewmaker, 2001).

Diferir el uso de las pasturas en primavera, pastorear con vacas secas y suplementar con Mg soluble temprano en la primavera, son algunas de las medidas de manejo aconsejadas para reducir los riesgos de hipomagnesemia (Mayland y Shewmaker) (Cangiano y Brizuela, 2011).

Hipofosfatemia

El fósforo es esencial para muchos procesos intracelulares, particularmente la glicolisis, el mantenimiento de membrana, el transporte de oxígeno, la contracción muscular y la protección frente al daño oxidativo. También es un componente importante de los huesos, los dientes, la leche y la saliva de los rumiantes. La deficiencia suele ser primaria y provoca una disfunción multiorgánica de los sistemas y, finalmente a la desmineralización progresiva del hueso.

El fósforo se obtiene a través de la dieta. En muchas partes del mundo, la tierra y las plantas de los pastos son deficitarias de manera natural. La fertilización se utiliza para incrementar el contenido de fósforo de las plantas, pero la aplicación de un fertilizante inadecuado o de baja calidad, la interferencia por parte de otros minerales en su absorción, la retención en el suelo, la lixiviación causada por la lluvia, la depleción de la tierra por la repetición de cultivos o cosechas de hierba, y

el caso de crecimiento de los cultivos en periodos de sequía pueden seguir produciendo un forraje deficiente en fósforo (Manual Merck de Veterinaria, 2007).

La deficiencia de fósforo es casi siempre primaria en condiciones naturales, pero puede exacerbarse por deficiencia de vitamina D y quizá por exceso de calcio. Dosis elevadas de vitamina A administradas por vía parenteral reduce la absorción del fósforo en los bovinos, lo que puede contribuir al desarrollo de osteodistrofias de origen nutritivo (Cangiano y Brizuela, 2011).

Parálisis

La ataxia es una enfermedad que aflige a los animales recién nacidos, caracterizada por la falta de coordinación en los movimientos y locomoción del animal; el animal recién nacido no puede mantenerse en pie, a causa de fallarle los músculos, se tambalea y cae una y otra vez. Esta enfermedad es causada por la falta de Cu en el suelo; la carencia es transmitida por el pasto a la madre gestante, lo que causa una alteración metabólica en el sistema nervioso en el feto. Este problema también puede ser causado por un exceso de Mo en el suelo, por ser éste antagonico al Cu. En ovejas la falta de selenio puede producir esta sintomatología.

Bocio simple o hipotiroidismo congénito

El bocio proviene de la carencia de yodo y provitamina A en la alimentación animal. Se caracteriza por el aumento anormal de la glándula tiroides, traduciéndose exteriormente en un abultamiento en el cuello del animal. Los terneros, corderos o potrillos gravemente deficientes pueden nacer muertos o nacen débiles, no pueden mamar y mueren. El bocio proviene de la carencia de yodo y provitamina A en la alimentación animal. La falta de radiación reduce la formación de caroteno en los forrajes y por ello el animal sufrirá de carencia de vitamina A; la provitamina A ejerce una poderosa influencia sobre la hormona tiroidea y una insuficiencia de este elemento modifica la acción de la tiroxina, alterando el equilibrio. Profilaxis, el uso de sal yodada que contenga por lo menos 0,007% de yodo. Tratamiento, el uso de sal yodada en animales con bocio, si sobreviven, da lugar a la normalización de la función tiroidea.

Hipotiroidismo inducido por bociógenos

El Manual Merck (1988) refiere que los compuestos vegetales responsables de actividad bociógena son los tiocianatos, tioglucósidos y percloratos. El grupo de plantas *Brassica* (col, brócoli) contienen una sustancia, goitrina, que es un bociógeno activo. Si los animales reciben suficiente yodo no es probable

que la afección ocurra. La alimentación con soya cruda, especialmente cuando la ingestión de yodo es inadecuada, puede producir bocio simple; los métodos actuales de procesamiento, que incluyen calentar la harina, destruyen el bociógeno natural contenido en la harina.

Esterilidad

Las causas de esterilidad ya sea temporal o permanente, tanto en las hembras como en el macho son muchas, no obstante algunas son derivadas de la deficiencia energética del animal, carencia de Cu y Mn en el suelo, y de los estrógenos contenidos en los forrajes. Las vacas son menos sensibles a la carencia de Mn que las ovejas, sin embargo si a pesar de la carencia quedan preñadas, es muy probable que aborten o paran terneros que mueren al nacer. El Mo puede ser también causa de esterilidad, en tal caso puede aplicarse al suelo Cu, por ser un antagonista del Mo.

Fracturas óseas

Si los animales sufren fracturas frecuentes, habrá que buscar la causa en el reblandecimiento óseo del esqueleto, por carecer el suelo de Cu, P y Ca. Habrá que analizar si en tierras alcalinas no se ha fertilizado con suficiente P, o si en las de reacción ácida existe carencia de Ca o Mg. De no existir carencias de estos tres elementos, la causa puede atribuirse a la carencia de Cu, por ser este metal el que permite organizar el P y Ca en las células óseas.

Molibdenosis

Esta deficiencia puede presentarse en suelos sódicos o alcalinos y de pH alto. Los síntomas dependen la especie: los bovinos son lo más sensibles, le siguen los ovinos, mientras que los caballos y cerdos, son muy resistentes, pueden ingerir hasta 1 000 ppm en la dieta sin que se presenten síntomas, esta cantidad es más de 10 veces la concentración que pueden tolerar los bovinos.

Los animales que comen pastos con alto contenido de Mo pueden desarrollar deficiencia de Cu. Los síntomas son diarreas (no alimentarias, ni infecciosas), retardo en el crecimiento, pérdida de peso y anorexia. El S en la dieta puede controlar el problema de toxicidad de Mo debido a que el S limita la retención de Mo en el organismo disminuyendo la absorción intestinal y aumentando la excreción urinaria. Las proteínas pueden actuar de igual manera ya que estas son una muy buena fuente de sulfato endógeno (INPOFOS, 2003).

Raquitismo

Es una carencia que afecta más a los animales jóvenes que a los adultos. La enfermedad se caracteriza por la insuficiencia de P y Ca en el esqueleto óseo, dando lugar a deformaciones o desviaciones que afectan en mayor grado a las extremidades y columna vertebral del animal afectado. Los menos afectados son los animales de pastoreo que disfrutaron de los efectos de la vitamina D, que regula la relación entre el Ca y el P, actuando de esta manera como antídoto contra el raquitismo.

Enfermedades metabólicas de los animales

En el proceso de fotosíntesis se producen otros compuestos diferentes a los elementos nutritivos, mismos que afectan a la calidad del forraje sea por la toxicidad para los animales o por el efecto en el consumo. Los principales son: principios carcinogénicos, tiaminasa, glucósidos (dhurrina y saponina), alcaloides, filoteritina, cumarina, solanina, oxalatos, taninos y fitoestrógenos. Los animales pueden también ser afectados por la ingestión de nitritos, nitratos y urea. Las enfermedades metabólicas provocadas por estas sustancias, son:

Intoxicación

Debido a los principios carcinogénicos, tiaminasa, glucósidos cianogénicos, factores de anemia aplásica y hematuria que se encuentran en los helechos (*Pteridium aquilinum*, *P. esculentum*, *Thelipteris rudis*, *Hidrocotyle bonplandu*). Los síntomas principales son hematuria vesical, síndromes hemorrágicos, anemia, adelgazamiento, ceguera brillante y muerte. La intoxicación después de cierto tiempo de presentada es irreversible y prácticamente no existe tratamiento.

Lo mejor es tomar medidas preventivas, por ejemplo el cambio de los animales de potrero y combatir los helechos. El mayor número de muertes se produce en los animales puros o de cruza mejoradas y en menor grado de los animales criollos.

La enfermedad puede confundirse fácilmente con piroplasmosis, anaplasmosis y leptospirosis, pero al no responder a los tratamientos específicos debe sospecharse de inmediato en la intoxicación del ganado por esta planta.

Intoxicación por glucósidos cianógenos

Que se encuentran en los sorgos antes de la floración, excepcionalmente en el trébol blanco y loto. Estos glucósidos liberan una sustancia altamente

tóxica y los animales que ingieren estos forrajes mueren intoxicados en pocos minutos. La aplicación de nitrógeno en altas dosis aumenta el contenido de glucósidos. En el caso de los sorgos, éstos contienen el glucósido dhurrina que se descompone en el tracto digestivo de los animales originando ácido cianhídrico, bastan 15 centigramos de HCN para matar una vaca.

Indigestión simple

Es un trastorno de poca importancia en la función gastrointestinal de los rumiantes, que ocurre con mayor frecuencia en ganado bovino y sólo rara vez en el ovino. Normalmente se relaciona con un cambio en la calidad y cantidad de la dieta que pueda causar una alteración en el ambiente del rumen. Bajo determinadas circunstancias los animales pueden comer excesivas cantidades de forrajes de buen sabor como maíz, pastos suculentos o ensilaje de pastos; en veranos prolongados comer cantidades excesivas de paja de mala calidad, introducción de urea a la ración, o bien la ingestión de placentas por las vacas que acaban de parir, todo ello puede causar indigestión simple.

La indigestión simple consiste en la atonía ruminal o cambio súbito de pH del contenido ruminal, causado por la fermentación excesiva o por putrefacción de los alimentos ingeridos. Los signos dependen del tipo de animal y de la causa del trastorno; en términos generales se presenta anorexia, reducción moderada de la producción de leche, la panza llena, firme y pastosa; las heces tienen mal olor.

El tratamiento consiste en corregir los factores dietéticos sospechosos, normalmente en 24-48 horas ocurre curación espontánea. La ingestión de 5-10 galones de agua tibia o solución salina, por sonda estomacal seguida de un vigoroso masaje en la panza, puede ayudar a restaurar la función del herbario. El hidróxido de magnesio (purgante bovino) es útil cuando el problema es por la ingestión excesiva de forraje.

Si la causa es ingestión de forraje con urea, puede administrarse ácido acético o vinagre por vía oral.

Fotosensibilización

Es una afección que la piel levemente pigmentada (escasa melanina) muestra una reacción hiperactiva a la luz solar (dermatitis) debido a la presencia de un agente fotosensibilizante en la piel. Las moléculas de agentes fotosensibilizantes absorben y retienen brevemente la energía lumínica; esta energía

se transfiere a moléculas receptoras, que inician rápidamente las reacciones químicas en los componentes de la piel provocando lesiones tisulares. Los agentes fotosensibilizantes pertenecen a una amplia gama de productos químicos, la mayoría de origen vegetal. El tipo más frecuente en los animales de granja es el causado por la filioeritrina, que causa fotosensibilización hepatógena. El Manual Merck, indica que la filioeritrina se deriva de la descomposición anaeróbica de la clorofila por los microorganismos presentes en los primeros estómagos de los rumiantes. La filioeritrina, es absorbida en la circulación y es excretada eficazmente por el hígado a la bilis. La falta de excreción de la filioeritrina, causada por trastornos o lesiones en los conductos biliares debido a la ingestión de esporos del hongo saprofito *Phythomices chartarum*, aumenta la cantidad de filioeritrina en la circulación. Por lo tanto, el compuesto llega a la piel donde absorbe la luz solar y libera energía lumínica, iniciando una reacción fitotóxica. Pueden provocar fotosensibilización, varias especies de *Panicum*, *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*, *Phalaris*, *Lupinus*, *Senecio*.

El tratamiento farmacológico de la fotosensibilización debe aplicarse tan pronto como sea posible, teniendo primordial importancia el evitar la ingestión de sustancias fotodinámicas, así como retirar inmediatamente de la luz solar al paciente. Se puede utilizar en tratamiento farmacológico, antimicrobianos, antiinflamatorios, antihistamínicos, protectores hepáticos, sustancias humectantes (agua, aceite, óxido de zinc, ungüentos con antibióticos y corticoides). Pero la mejor forma de evitar esta afección es mantener al ganado pastoreando en potreros bien implantados con gramíneas y leguminosas, evitando el brote de plantas fotodinámicas.

Cumarina

Se encuentra en el meliloto y en el pasto oloroso. En el forraje henificado o ensilado en malas condiciones la cumarina se transforma en un compuesto anticoagulante llamado dicumarol el mismo que produce en los animales pérdida de la capacidad de coagulación de la sangre y como consecuencia hemorragias internas y externas; en el descorne o castración pueden ocurrir hemorragias fatales.

Saponinas

Son glucósidos irritantes de sabor amargo, forman espuma cuando se las agita en el agua y producen hemólisis de los glóbulos rojos, debilitamiento

muscular y muerte, se presenta en diferentes plantas; autores de otros países mencionan que es común en la alfalfa, en los pastos bermuda y braquiarias.

Acidosis ruminal - laminitis o pododermatitis

El Manual Merck (1981) señala que gran parte de las cojeras del ganado bovino se relacionan directa o indirectamente con laminitis (trastorno circulatorio a nivel del interior de la pezuña, que desencadena un proceso inflamatorio agudo). En animales que se alimentan exclusivamente de forraje, el pH del rumen se mantiene gracias al bicarbonato de sodio que existe en la saliva. En animales de alta producción y que reciben cantidades excesivas de grano, los almidones y carbohidratos no fibrosos no pueden ser fermentados oportunamente por los microbios ruminales para producir ácido propiónico, entonces hay un aumento notable del ácido láctico en el tubo digestivo produciéndose acidosis láctica ruminal; como consecuencia se destruyen gran número de bacterias, se liberan endotoxinas, la mucosa intestinal se lesiona, se absorben endotoxina y lactato L., se desarrolla endotoxemia. La circulación se deteriora y ocurre coagulación anormal de la sangre, especialmente en los vasos capilares laminares, al no contar con la nutrición esencial de la sangre, las estructuras internas del casco sufren lesión irreversible y se produce laminitis. Se ven muchas pezuñas muy agrandadas y deformadas (se curvan las puntas), y aparecen estrías y surcos en los cascos, así como lesiones necróticas de las uñas. La planta se vuelve quebradiza. Como consecuencia de la acidosis ruminal los animales pueden sufrir muchos otros trastornos como diarrea y la consiguiente deshidratación, parálisis ruminal, mastitis, neumonía, endometritis, etc.

Tratamiento preventivo: pastorear las vacas en pasturas con suficiente fibra efectiva. En vacas que reciben grandes cantidades de concentrado, añadir al alimento bicarbonato de sodio (NaHCO_3) como amortiguador del pH, las necesidades de las vacas son sumamente variables y pueden ir desde 250 g diarios en una vaca recién parida, hasta cero en el caso de una vaca secas, la NRC y la Guía de Alimentación de Hoard's Dairyman recomiendan 0,75% de la ración total, es decir 7,5 kg por tonelada. También se puede utilizar monensina (30 g de droga pura por tonelada de materia seca) (Gingins, s/f).

Es útil igualmente suplementar metionina de zinc (para incrementar la formación de queratina y mejor estructuración de la pezuña del ganado) y, hacer pasar al ganado por pediluvios (baño de patas) con formalina al 3%, o con sulfato de cobre al 5%, o una mezcla de sulfato de cobre y cal, dos veces al día.

Tratamiento curativo: recorte del casco con cuchillas recortadoras, lijás eléctricas, con el animal acostado. Primeramente se debe limpiar la planta para quitar materiales extraños. El grado de crecimiento y deformación del casco determinan la cantidad de casco que debe quitarse. Debe examinarse repetidamente la planta para determinar cualquier cambio en la consistencia y color que indique que se ha quitado una cantidad adecuada de casco. Debe aplicarse presión digital frecuentemente a la planta para determinar su espesor. Se puede cortar, tanto como sea posible sin debilitar la planta, para que no sea perforada cuando el animal pise una piedra pequeña.

Advertencia, no todos los problemas de cojera del ganado bovino se deben a laminitis, como en la mayoría de enfermedades el éxito en el tratamiento, prevención y control dependen de la identificación exacta de la causa. Las cojeras pueden deberse a traumatismos asociados con marchas largas o caminos accidentados, laceración por objetos cortantes (piedras, vidrios, clavos, etc.), confinamiento de animales reproductores que causan desgaste limitado de la superficie de apoyo de la pezuña o al contrario, pisos de hormigón ásperos que adelgazan la planta, gangrena seca de las extremidades que ocurren por consumir pasto festuca, pododermatitis infecciosa causada por *Bacteroides*, pododermatitis necrótica causada por *Fusobacterium necrophorum*, ulceraciones de la planta del pie, lesiones en el músculo o tendón, etc.

El tratamiento gira alrededor de limpieza de las pezuñas o del casco, eliminación de los objetos extraños y del material necrótico, limpieza y desinfección de la lesión (yodo 2-4%), aplicación de vendaje protector (en casos graves colocación de taco), empleo de antiinflamatorios, tratamiento sistémico y local con antibióticos.

Timpanismo

Es una disfunción ruminal que resulta de la excesiva acumulación de gases en el rumen, puede causar pérdidas considerables en las ganaderías, y se la puede asociar a dos factores como:

Factores del animal. La formación de gases en el rumen a razón de 2 o 3 litros por minuto, es un proceso normal de la fermentación que ocurre durante la digestión en los rumiantes. Existen en el rumen dos mecanismos reflejos que responden a diferentes estímulos y que producen la regurgitación de la ingesta para la rumia promovido por la presencia de partículas groseras del contenido del rumen y, el eructo que se da por presión de gases (Carámbula, 1973).

Cuando un animal consume el forraje fresco de una leguminosa, las proteínas solubles del citoplasma de los tejidos foliares son liberados rápidamente en la solución del rumen, lo cual le confiere una gran estabilidad a las burbujas de gas que se producen durante el proceso de fermentación. Si el movimiento del gas hacia el esófago es obstruido, se forma una masa espumosa homogénea que ocupa todo el rumen, provocando hinchazón, el rumen expandido presiona sobre el diafragma y pulmones, dificultando la respiración y llevando a la muerte del animal.

La ocurrencia o no de meteorismo o timpanismo depende también de la susceptibilidad individual de los animales en pastoreo (Carámbula, 1973). La incidencia de timpanismo es más alta en ganado Holstein que en razas de carne.

Factores de las plantas: Dentro de las forrajeras que producen con más frecuencia meteorismo deben citarse: alfalfa, trébol carretilla, trébol blanco y trébol rojo. Si bien en la mayoría de los casos el meteorismo es provocado por dichos forrajes en estado succulento, no es imprescindible que se encuentre en dicho estado.

Síntomas: El primer síntoma es una pequeña distensión del lado izquierdo mientras el animal sigue pastoreando. Posteriormente, el lado izquierdo adquiere mayor tensión y el animal deja de pastorear. Luego, ambos lados se encuentran hinchados, el animal respira con esfuerzo, camina tambaleándose y defeca y orina con frecuencia. Finalmente, el animal respira con gran dificultad, su lengua cuelga fuera de la cavidad bucal, cae y en pocos minutos muere (Carámbula, 1973).

Prevención y tratamiento: La utilización de pasturas mixtas con predominancia de gramíneas, es una de las practicas de prevención mas difundidas, sin embargo, pueden presentarse casos de meteorismo con solo un 25% de leguminosas, si las condiciones son apropiadas (Carámbula, 1973).

Alternación de leguminosas y no leguminosas, es otra práctica pero no ha producido buenos resultados ya que no es recomendable estar sometiendo a los animales a cambios bruscos en la dieta, puesto que se altera la cantidad y balance de bacterias en el rumen (Bernal, 1991).

Limitar el área de pastoreo forzando al animal a comer todo el forraje o evitar que este seleccione las partes más tiernas. Claro que este manejo impedirá alcanzar la mejor producción por animal (Carámbula, 1973).

Suministro de un forraje tosco (heno) a los animales en las primeras horas de la mañana, antes de que salgan al potrero.

No hacer pastorear leguminosas, si el pasto está mojado por lluvias o rocío, esperar a que se evapore el exceso de humedad.

Sin embargo, la contribución más importante para prevenir el meteorismo es la aparición en el mercado de agentes antiespumantes y tensioactivos.

Entre los antiespumantes preventivos tenemos la monensina sódica (Rumensin) que induce a una mayor producción de ácido propiónico, y disminución de ácido acético y butírico reduciendo las cantidades de gases a nivel ruminal (metano y CO₂).

Los tensioactivos en cambio, ejercen una acción directa sobre la formación y la estabilidad de la espuma. Considerando su origen químico los tensioactivos pueden clasificarse en grasas y aceites minerales, detergentes iónicos, siliconas (dimetil polisiloxano), plurónicos (poloxaleno plurónico), detergentes alcohol etoxilados (Teric). Existen diferencias en cuanto a efectividad y forma de aplicación (sobre al pastura, en la ración, en el agua de bebida, pincelamiento sobre el flanco, en bloques para lamer, intra ruminalmente, etc.).

En casos en que el timpanismo presente signos y síntomas iniciales es suficiente el suministrar agentes con propiedades antiespumantes como: aceite vegetal, Sorol o kerosene, teniendo especial cuidado de que el líquido no se desvíe hacia los pulmones, estos agentes son efectivos a unas pocas horas.

En casos severos de timpanismo, y si el tiempo lo permite, se debe reducir la presión por medio de una sonda, si este método no funciona y la vida del animal continua comprometida, es necesario introducir un trocar y una cánula en la fosa paralumbar izquierda, unos 20 cm debajo del punto de máxima distensión, se remueve el trocar dejando a la cánula en su lugar, para que esta permita la liberación de los gases, si se obstruye la cánula es necesario realizar un corte de 12 a 15 cm, con un bisturí, esto produce un alivio inmediato, pero aumenta el peligro de infección en los bordes de la herida y en la cavidad peritoneal.

Taninos

Se dividen en dos grandes grupos, taninos condensados y taninos hidrolizables. Los taninos condensados son sustancias solubles con propiedades astringentes, que forman con la proteína un complejo tanino-proteína, y este compuesto disminuye la actividad proteolítica o celulolítica de las enzimas microbianas (3 a 15%) y son estables al pH ruminal. Una vez que los taninos condensados pasan del rumen, las secreciones gástricas (pH 2.5) y, pancreáticas y biliares (pH 8-9) disocian el complejo tanino-proteínico (Jones y Mangan,

1977, citado por Ramos, 1998) contribuyendo a una mayor disponibilidad de aminoácidos que se absorberían en el intestino, incrementando de esta manera la proteína “by pass” o pasante para el animal; ese mayor nivel de proteína pasante permitiría que se “reconstituyan” más rápidamente los tejidos del intestino dañados por los parásitos. Los taninos condensados ligados a la pared celular son excretados en las heces junto a la lignina.

Otro de los efectos beneficiosos de los taninos por el hecho de su unión con las proteínas solubles, es su efecto antiespumante que evita el timpanismo (Jones y Mangan, 1988, citados por Ramos, 1998). Contienen taninos *Astragalus cicer*, *Hedysarium coronarium*, *Lotus corniculatus*, *L. pendiculatus*, *Onobrychus viciifolia*, *Rumex obtusifolius*, las leguminosas tropicales (árboles, arbustos y herbáceas) y los cereales como el sorgo granífero (*Sorghum vulgare*).

Por otra parte, el consumo de ± 20 g de tanino/kg MS (2% de taninos/kg MS) reduciría significativamente la “postura” de huevos de los parásitos intestinales, de esta forma los taninos harían un control biológico de los parásitos en forma parcial.

Se considera que estos compuestos son desarrollados por las plantas como una manera de defenderse de las agresiones externas de los depredadores, de ahí que presenten gustos muy amargos y astringentes.

Fitoestrógenos o estrógenos vegetales

Los estrógenos son hormonas sexuales femeninas secretadas por el folículo de Graaf de los ovarios, su principal misión es preparar al tracto reproductor de la hembra y actúan sobre el cerebro provocando el deseo sexual. Cuando los animales que se alimentan en pastoreo reciben mucho fitoestrógeno se afectan los ovarios que se vuelven quísticos, se presentan alteraciones en los ciclos normales de celo, hay tendencia a celos muy alargados que dificulta los servicios de inseminación artificial, los partos son difíciles, puede haber abortos. También provocan lactancia en ovejas vírgenes.

Existen estrógenos en la alfalfa (cumestrol), tréboles (isoflavonas), maíz, holco, festuca y raigrases. Inactiva a los estrógenos el secado de la alfalfa, también la naturaleza de los suelos y el uso de los fertilizantes sobre todo el superfosfato (que contiene el catión Ca). Aumentan la actividad estrogénica el ensilado, el uso de la melaza y las enfermedades víricas de los pastos. Bernal (2010) menciona que los cultivares de trébol rojo contienen niveles altos de formononetin, fitoestrógeno que causa problemas reproductivos en ovinos por lo que se recomienda que no se use para alimentar al ganado durante la

temporada de empadre. En la actualidad existen cultivares con bajos niveles de estrogénicos que no causan problemas en ovinos.

En condiciones normales es poco probable que los animales adolezcan de problemas de fecundidad solamente por fitoestrógenos, hace falta que se sumen otras causas mucho más importantes como la deficiencia de energía y la falta de minerales (Cu y Mn).

Alcaloides

En especies de festuca y se caracteriza por inhibir la actividad de la microflora del rumen del animal y por tanto de la digestión. En otros países se ha detectado que ciertos alcaloides de la festuca provocan cojera y en casos grave pérdida de las pezuñas y del extremo de la cola de los animales.

Solanina

Provoca irritación intestinal y problemas depresivos, este alcaloide está contenido en la hierba mora (*Solanum nigrum*).

Oxalatos

Que se encuentran en la lengua de vaca (*Rumex sp.*), en la acederella (*R. acetosella*) y en la hojas de *Beta vulgaris* var. *saccharata* (remolacha azucarera), pueden provocar de cálculos renales si la cantidad ingerida es lo suficientemente elevada.

En caballos, los oxalatos inmovilizan el calcio presente en el tracto gastrointestinal, impidiendo la entrada al torrente sanguíneo y en consecuencia su aprovechamiento por el organismo. Diversas gramíneas tropicales y subtropicales son ricas en oxalatos entre ellas las *Brachiarias humidicola* y *decumbens*, el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), la *Setaria anceps* cv. Kazungula, *Panicum maximum* cv. Colonial y la *Digitaria decumbens* cv. Transvala, entre otras. La concentración de oxalatos en las plantas depende de las condiciones climáticas y de la calidad del suelo. Los oxalatos se vuelven más tóxicos a medida que la planta madura. La seguridad de una dieta que contiene oxalato depende de su relación con el calcio. Una dieta que presente una relación calcio: oxalato de 0,5:1 o mayor, generalmente es considerada segura. Algunas gramíneas como kikuyo, pangola y *Panicum* por ejemplo, presentan una relación calcio: oxalato de 0,23:1, 0,37:1 e 0,32:1, respectivamente, indicando un peligro potencial. La alfalfa posee una relación calcio: oxalato de 1,5:1, por lo que no reduce la disponibilidad de calcio.

En el caso de los rumiantes, entre las especies de microorganismos del rumen se encuentra el *Oxalobacter formigenes* el cual utiliza el oxalato como única fuente de energía y produce dióxido de carbono y ácido fórmico como productos de su catabolismo. Por lo tanto la habilidad del rumiante para tolerar altas concentraciones de oxalatos en su ración es proporcional a la presencia de este microorganismo.

Nitratos

El ion nitrato (NO_3) es la principal forma en que las gramíneas absorben el nitrógeno del suelo, este nutriente es absorbido por las raíces, movilizado en forma inorgánica hasta las hojas y allí es asimilado y convertido en proteínas. Cuando se fertiliza con exceso de nitrógeno, este elemento se acumula en cantidades anormales en las hojas y es ingerido por los animales. Los nitratos son cáusticos y afectan a las mucosas del tubo digestivo provocando insalivación excesiva, dolores abdominales y diarrea, más del 1 o 2% de nitratos es tóxico para el animal; tal hecho puede ocurrir cuando la actividad microbiana en el rúmen es pobre, ya que normalmente la transformación de nitritos (NO_2) en amoníaco (NH_3) es rápida. Los NO_3 dentro del rúmen por acción bacteriana son reducidos a NO_2 y en esta forma son rápidamente absorbidos por el sistema circulatorio donde reacciona con la hemoglobina, el producto de esta reacción es la metahemoglobina, la cual es incapaz de transportar oxígeno a los tejidos del rumiante; el animal presenta debilidad general, respiración acelerada, síntomas de ahogo, pulso rápido, temblores musculares, tambaleo, y finalmente muere por asfixia. Entre los principales factores que determinan la acumulación de nitratos en las plantas o animales son: consumo de plantas positivas para nitratos (*Amaranthus* sp., *Solanum nigrum*, *Datura stramonio*, *Eleusine indica*, *Sida rhombifolia*), pastos jóvenes, falta de brillo solar, bajas temperaturas, sequías, excesiva fertilización nitrogenada en suelos ácidos y deficientes en P.

En las leguminosas, el nitrato se reduce en las raíces y es trasladado en forma orgánica hacia la parte aérea, de allí que con leguminosas, no hay posibilidad de intoxicación por nitratos.

CAPÍTULO XI

Planificación de la alimentación

Es imprescindible planificar la alimentación animal. La planeación, la ejecución de planes de acción, la evaluación y la retroalimentación permiten a la empresa ganadera economizar, generar excedentes y ser rentables.

La producción de leche o carne por hectárea está en relación directa con el alimento comido por los animales, por ello en el sistema productivo deben estar balanceados la producción de forraje con los requerimientos de alimento.

Hodgson (2002) y Aragón y Naranjo (2002) opinan que así como en cualquier negocio, permanentemente se necesita conocer el flujo de caja y el saldo disponible, en una finca es necesario conocer la tasa de crecimiento del pasto y el forraje disponible para un pastoreo o para una determinada época, para relacionar con las necesidades de alimentación de los animales.

Milligan, citado por Sorio (2006) indica que la “Planificación Alimentaria Basadas en Pasturas” comprende tres herramientas, divididas en función del tiempo de duración y trascendencia de las decisiones específicas:

- Planificación diaria
- Planificación de mediano plazo
- Planificación de largo plazo

Planificación diaria

Consiste en planificar las rotaciones diarias de los potreros, en base del conocimiento del

- Forraje producido
- Forraje consumido
- Superficie de pastoreo

- Número de animales que se pueden alimentar
- Número de días de pastoreo
- Número de potreros

Forraje producido

La cantidad de forraje producido (disponible) por unidad de superficie se llama también producción primaria, producción bruta o producción total. El método más difundido para cuantificar la producción primaria es el aforo es decir, cosecha y pesaje de la vegetación inmediatamente antes del pastoreo. Para fines prácticos se puede expresar en kilogramos de materia verde (MV) o forraje fresco, como se encuentra al momento de la medición, pero para fines técnicos es necesario señalar los kilogramos de materia seca (MS) es decir la cantidad de substancia de un alimento menos la humedad que contiene. Se corta el forraje con la ayuda de un cuadrante de 1 m² o 0,5 m² y se pesa; se recomienda tomar 10-20 muestras por hectárea y de esta manera obtener la producción promedio por m² (Fig. 11.1). A continuación del material recolectado se toma una muestra de 100 gr y se procede a secar en un horno o estufa. Es preferible medir la materia seca por cuanto el agua contenida en los forrajes no aporta valor alimenticio y además el contenido de agua fluctúa a través del día o entre días a lo largo del año; así por ejemplo en época de lluvias el pasto puede contener 82% de agua en las primeras horas de la mañana y reducir su contenido a 78% por la tarde, en época seca puede bajar a 74%.

Figura 11.1
Evaluación del rendimiento de material verde



Fuente: León, R, 2018.

La cantidad de materia seca por hectárea también se puede medir directamente en el campo con el Grass Master, o con el Plato Medidor (Rising plate meter).

Figura 11.2
Plato medidor



Fuente: León, R, 2018.

Los potreros a base de raigrás perenne y trébol en condiciones ideales pueden producir, 1,4 kg/MV/m², esta MV puede contener aproximadamente 22% de MS, entonces:

$$1,4 \text{ kg/MV/m}^2 \times 22 \% \text{ MS} = 0,3 \text{ kg MS / m}^2, \text{ y,}$$

$$0,3 \text{ kg MS / m}^2 \times 10000 \text{ m}^2 = 3000 \text{ kg/MS/ha/pastoreo.}$$

La cantidad de forraje producido depende la estación climática, así en lluvias se pueden esperar acumulaciones de 60-70 kg/MS/día y en época seca 20-30 kg/MS/día; esta realidad como se verá más adelante influye en el tiempo de rotación (descanso de los potreros), número de potreros, etc.

El forraje producido se divide en forraje consumido más forraje sobrante o residuo.

Forraje consumido

Conocido también como Consumo o Producción neta, es decir es la diferencia entre la materia seca total y la materia seca residual. La cantidad de forraje consumido es resultado de un tiempo de pastoreo, de un número de bocados durante ese tiempo y de la cantidad materia seca ingerida en cada bocado. La eficiencia del consumo y la cantidad de residuo dependen del sistema

de pastoreo. Concepto similar a eficiencia de utilización del pastizal, que se verá en Parámetros Productivos.

Tabla 11.1
Relación entre sistema de pastoreo, producción, consumo y residuo

Sistema de pastoreo	Producción	Consumo	Residuo
Rotativo	100%	50%	50%
Franjas diarias	100%	65%	35%
Desnate y repaso	100%	85%	15%
Corte	100%	90%	10%

Fuente: León, R.

Retomando el caso anterior en que los potreros a base de raigrás y trébol tienen un rendimiento aproximado total de 3 000 kg/MS/ha/pastoreo, y por otra parte, que el residual ideal para asegurar un rebrote rápido es el 35% de la biomasa disponible; con estos datos, el cálculo sería:

$$3\ 000\ \text{kg/MS/ha} - 35\% \text{ de residuo} = 3\ 000 - 1\ 050 = 1\ 950\ \text{kg/MS/ha} \ (0,195\ \text{kg/MS/m}^2) \text{ de producción neta o consumo.}$$

Por otra parte, una vaca o UBA, necesita consumir para satisfacer sus requerimientos nutritivos, entre el 2,5-3-3,6% en materia seca según el tercio de lactancia, en promedio 3% de su peso vivo; de esta manera se dice que una vaca de 500 kg de PV, consume 15 kg MS. Pero, esta cifra es relativa, ya que también es importante considerar que la cantidad de MS que puede ingerir un animal depende de la FDN.

La FDN se utiliza como índice de volumen (y de digestibilidad) y supone por lo tanto un límite a la capacidad de ingestión de la ración, mientras mayor sea el contenido de FDN menor consumo por parte de los animales no importa que tanta oferta de forraje tengan. Pastos muy fibrosos tienen una digestión más lenta y por tanto la sensación de llenura en los animales se presentará muy pronto, entonces aunque el animal no esté satisfaciendo sus necesidades nutricionales suspenderá su consumo hasta que evacue el material de su estómago.

Una pastura joven de clima templado (raigrás y tréboles) tiene 35-40% de FDN y cuando ha iniciado la floración, aproximadamente 60%; los pastos tropicales tienen aproximadamente 68% de FDN, entonces en la capacidad de ingestión de una vaca será:

$$a. CV \% PV = \frac{120}{35} = 3,42\% \text{ (pastura joven)}$$

$$b. CV \% PV = \frac{120}{40} = 3\% \text{ (pastura iniciando floración)}$$

$$c. CV \% PV = \frac{120}{68} = 1,76\% \text{ (pasto tropical)}$$

Es decir que un animal de 500 kg consume en MS en los tres casos, lo siguiente:

$$a. \text{ consumo kg MS} = 500 \text{ kg PV} \times 3,42\% = 17,1 \text{ kg MS}$$

$$b. \text{ consumo kg MS} = 500 \text{ kg PV} \times 3\% = 15 \text{ kg MS}$$

$$c. \text{ consumo kg MS} = 500 \text{ kg PV} \times 1,76\% = 8,8 \text{ kg MS}$$

Estos cálculos demuestran que la clave para tener una buena alimentación con base forrajera, es pastorear el potrero a una edad óptima de cosecha, cuando los pastos tengan entre 35-40% de FDN.

Composición botánica

De manera complementaria al aforo para conocer la cantidad de forraje producido, es importante estar al tanto de la composición botánica, para fijarse que las especies guarden la proporción considerada como ideal: en la sierra 70% de gramíneas, 25-30% de leguminosas y 2-3% de malezas; en la costa y oriente la relación es 60% de gramíneas, 25-30% de leguminosas y 10-15% de malezas. Es deseable mantener estos porcentajes por complementariedad nutricional, de cobertura, sostenibilidad, etc. si no existe la composición botánica deseable, sobre todo de leguminosas, ésta se debe restablecer mediante las siguientes estrategias: manejo de la intensidad de pastoreo, altura del pastoreo y del residuo, enmienda del suelo, fertilización y resiembra.

Existen diferentes métodos para determinar la composición botánica de un potrero, porcentaje en peso, punto cuadrático, transectas, apreciación visual, mismos que se detallan al final de la obra, en la sección Anexos.

Superficie de pastoreo

ÁREA DE PASTOREO DIARIA

Se encuentra dividiendo los kilogramos de MS que requiere una vaca (3% de su peso vivo, en promedio), para la producción de materia seca disponible por m². Si las vacas pesan 500 kg y un potrero rinde en promedio 0,3 kg/MS/m² (producción total) equivalente a 0,195 kg/MS/m² (producción neta), se necesitaría:

Requerimiento:

$$500 \text{ kg PV} \times 3\% \text{ MS} = 15 \text{ kg/MS}$$

$$15 \text{ kg/MS} / 0,195 \text{ kg/MS/m}^2 = 77 \text{ m}^2, \text{ redondeando } 80 \text{ m}^2/\text{vaca/día}.$$

En efecto en un buen potrero de la sierra se necesitan 80 m² diarios de pastoreo por vaca; en un potrero de producción media 100 m² y en un potrero de poca productividad 120 m².

ÁREA DE PASTOREO DIARIO PARA UN GRUPO DE ANIMALES

Se encuentra multiplicando el área de pastoreo diario de una vaca por el número de animales. Si se tienen 40 UB, se necesitan 80 m² x 40 = 3 200 m² diarios. Esta área de pastoreo diaria debe subdividirse en tres franjas, de acuerdo con lo que se analizó en el capítulo Manejo del Pastoreo, en Pastoreo en franjas.

Número de animales que se pueden alimentar

Existen varios caminos para llegar a determinar el número de animales que se pueden alimentar en una hectárea de potrero (carga instantánea):

En base a la materia seca producida por un metro cuadrado:

Si ya conocemos el área de pastoreo diaria ej. 77 m², no tenemos más que dividir 10 000 m²/ 77 m²/día = 130 UB/ha/día.

En base a la materia seca producida en una hectárea:

Si un potrero produce o están disponibles 1 950 kg/MS/ha/netos; una vaca lactante necesita:

$$1\ 950 \text{ kg/MS/ha}/15 \text{ kg/MS/UB} = 130 \text{ UB/día}.$$

En el caso de que por premura de tiempo tenga que hacerse cálculos en base a materia verde (MV) es usual calcular con el 10% PV/MV para vacas de mediana producción y 12% PV/MV para vacas de alta producción. También se debe tener en cuenta que las vacas Jersey consumen el 14,2 %/PV/MV, debido a que tienen mayor proporción del tracto gastrointestinal y la velocidad de paso de la digesta es 21 % mayor que las vacas Holstein (Enríquez, 2009, Conferencia Cuenca-Ecuador).

Número de días de pastoreo

En base a la producción disponible por hectárea y al requerimiento del hato. Por ejemplo un hato de 40 UB requerirá:

$1\ 950\ \text{kg/MS/ha}/(40\ \text{UB} \times 15\ \text{kg/MS/día}) = 1950\ \text{kg/MS/ha}/600\ \text{kg/MS/hato/día} = 3,25\ \text{días.}$

En base a la carga instantánea y al número de UB que tiene el hato:

$130\ \text{UB (carga instantánea)} / 40\ \text{UB} = 3,25\ \text{días.}$

En base a la superficie:

Si para cada vaca se necesitan 77 m², para el hato se necesitará 77 m² x 40 UB = 3 080 m²/día, en el caso de que el potrero mida una hectárea: 10 000 m² / 3 080 m²/día = 3,25 días.

Número de potreros

El número de potreros necesarios para mantener una “cuenta” de ganado depende de la época del año, ya que la acumulación de materia seca se acorta o alarga de acuerdo con la presencia de lluvias, y se puede calcular de dos maneras: en base al tiempo de descanso y en base al tiempo de rotación.

TIEMPO DE DESCANSO

Tiempo de descanso, es el tiempo necesario para que el pasto vuelva a crecer, o sea el número de días transcurridos entre la terminación de un pastoreo y el reinicio de otro (en el mismo potrero).

Así por ejemplo si el tiempo de descanso de un potrero en los valles de la región interandina, en invierno es 21-28-30 días (en el páramo 40 días) y en verano 28-35 días y si los animales permanecen en el potrero (tiempo de ocupación) 1 día, el número de potreros será igual a:

$$\text{Número de potreros} = 35 + 1 = 36 \text{ potreros}$$

Como vemos, para determinar el número de potreros escogimos el tiempo de descanso más alto, es decir de 35 días, por seguridad alimentaria.

Puede darse el caso de que en los mismos potreros se quiera hacer pastar a dos cuentas (que después del rejo pastoree el seco), en este caso el potrero permanecerá ocupado por 2 días, por tal motivo, en la fórmula tendremos que reemplazar +1, por +2, en definitiva se necesitarán:

$$N = 35 + 2 = 37 \text{ potreros}$$

Como ya se comentó en el capítulo anterior en “Pastoreo Preferencial” si se van a pastorear dos grupos de animales, hay que calcular muy bien la cantidad de materia seca destinada al primer grupo de ganado lechero y la parte que debe dejarse para el grupo de ganado seco, sin descuidar del residuo para el rebrote, en definitiva los potreros (áreas de pastoreo) tendrían que ser más grandes.

TIEMPO DE ROTACIÓN

Término parecido al anterior, pero con la diferencia que, el concepto tiempo de rotación integra el tiempo de ocupación del potrero y el tiempo de descanso, en otras palabras, es el tiempo transcurrido desde la fecha en que se inicia el pastoreo en un potrero, hasta que se han pastoreado todos los potreros hasta la fecha en que el ganado vuelve al sitio inicial.

$$\text{T. de ocupación} + \text{T. de descanso} = \text{Tiempo de rotación} = 1 \text{ días} + 35 \text{ días} = 36 \text{ días} = 36 \text{ potreros.}$$

$$\text{Si hay dos grupos de animales: } 1 + 1 + 35 = 37 \text{ días} = 37 \text{ potreros.}$$

Este número de potreros son en el caso de que los animales vayan a pastar en ellos un día, pero en la práctica la realidad física de la finca puede hacer necesario que el diseño de los potreros sean para varios días, en cuyo caso se debe tener el cuidado de poner cerca eléctrica adelante y cerca atrás, para evitar sobrepastoreo y disminuir la compactación del suelo, lo ideal es que no sean mayor a 2 días.

Planificación de mediano plazo

Constituye el ajuste entre el forraje que dispone el predio y los animales que se pueden alimentar en forma productiva de manera permanente. Como la producción de alimento es estacional pero la demanda es permanente, se de-

ben estimar los sobrantes o faltantes de cada estación para planificar reservas forrajeras que nos permitan implementar estrategias de suplementación en la época de carestía. La producción de forraje oscila en función de la pluviosidad, la producción es mayor en época de lluvias, en la región sierra aproximadamente siete meses, y disminuye en la época seca, el efecto de la sequía se siente aún cuando inicien las lluvias, hasta que crezca el pasto en forma normal, alrededor de cinco meses. Existe una relación directa entre el régimen de precipitación, la disponibilidad de forraje en las diversas épocas del año (Tabla 11.2).

En la región oriental el exceso de lluvias satura el suelo y perjudica a la producción de los pastos por lo tanto, el rendimiento es mayor cuando disminuyen las lluvias, lo contrario de lo que sucede normalmente en la costa y la sierra. Además de la estacionalidad de las lluvias, se debe tomar en cuenta la disponibilidad de riego (para atenuar el verano), especie forrajera dominante, etc. En Manabí o en Loja como sabemos, el período seco es mucho más extenso que la temporada de lluvias, por lo tanto, los cálculos y la planificación que se realice son de mayor importancia.

Es importante no mantener a la finca a su máxima capacidad de carga animal, ya que en época de sequía faltará forraje y no se tendrá flexibilidad de manejo en caso de imprevistos (heladas, granizadas, fenómeno del Niño). Conforme la flexibilidad disminuye, los riesgos aumentan.

Tabla 11.2
Producción primaria de pastizales de la región interandina del Ecuador

Mes	Rendimiento de MS (kg/ms/ha/corte)			Precipitación
	Kikuyo sin fertilización	Kikuyo + nitrógeno	R. Grass + T. Blanco	mm/mes
Abril	1 580	2 570	2 300	234.3
Mayo	1 110	1 950	3 270	130.5
Julio	90	120	290	22.6
Septiembre	20	480	830	91.4
Octubre	380	610	1 120	88.0
Noviembre	1 611	1 210	3 670	102.3
Enero	1 020	1 200	3 280	180.6
Marzo	620	860	2 580	211.7
Total	6 431	9 000	17 340	

Fuente: Manual N°. 30 Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP, Quito.1995

Área de pastoreo para un grupo de animales

Como vimos y analizamos con anterioridad, el área de pastoreo calculada por rotación para un grupo de animales sería:

$$40 \text{ UBA} \times 80 \text{ m}^2/\text{día} = 3200 \text{ m}^2/\text{hato}/\text{día} = 0,32 \text{ ha}/\text{hato}/\text{día}$$

$$0,32 \text{ ha} \times (35 + 1 \text{ días}) = 0,32 \times 36 = 11,52 \text{ ha, en términos prácticos } 12 \text{ ha}$$

En la época seca el pasto necesita mayor periodo de descanso, pero además el rendimiento y la calidad es inferior (30-60-90% menos), por lo tanto en esta época el hato necesitaría, por lo menos:

$$40 \text{ UB} \times 100 \text{ m}^2/\text{día} = 4000 \text{ m}^2 / \text{hato} / \text{día} = 0,4 \text{ ha}/\text{hato} \text{ día}$$

$$0,4 \text{ ha} \times 35 \text{ días} = 14 \text{ ha, es decir } 2 \text{ ha más que en la época de lluvias}$$

Las áreas de pastoreo calculadas y las áreas de pastoreo (potreros) existentes se debe comparar con el área realmente disponible o asignada para este grupo de ganado, para ver si existente excedente o faltante y analizar la posibilidad de hacer las correcciones necesarias.

Para compensar las fluctuaciones estacionales, la capacidad receptiva de las pasturas se puede mejorar mediante una de las siguientes estrategias:

- Siembra de especies o variedades más precoces (ej. cambio de kikuyo por raigrás), resiembra con especies resistentes a la sequía (raigrases diploides, raigrás nacional, pastos azul, festuca, festulolium, llantén, trébol rojo, alfalfa), según los recursos naturales existentes.
- Siembra de forraje de corte para conservarlo como heno, silaje o heno-laje, en cantidad suficiente.
- Conservación de los excedentes de forraje (transferencia de forraje). En plena etapa invernal el crecimiento de la pradera supera la demanda del ganado (2 a 3 meses al año), la mayor disponibilidad de pasto permite reservar algunos potreros y destinarlos a conservación de forraje.
- Cambio (mejoramiento) del sistema de pastoreo por ejemplo implementación del pastoreo “inteligente”.
- Fertilización estratégica al suelo ej. N acompañado de riego (complemento de la fertilización completa que debió aplicarse en la época de lluvias), o, fertilización foliar. Abonos orgánicos líquidos.

- Suplementación del ganado teniendo en cuenta el nivel productivo de los animales y la disponibilidad y calidad de la pastura, privilegiando la oferta de suplementación forrajera (ensilaje o henolaje) a las vacas en producción que se encuentren en el primer o segundo tercio de lactancia, junto con el concentrado. A las vacas que están en el último tercio pueden recibir solamente suplementación forrajera, sin balanceado. Secar a las vacas que se encuentren finalizando el último tercio de lactancia, estén preñadas y con baja producción.

Figura 11.3
Suplementación con ensilaje



Fuente: Gutiérrez, F., 2018.

- Control de malezas.
- Ajustes estacionales de carga animal. Eliminación anticipada (venta) de terneros machos, vaquillas, vacas de descarte y otros tipos de animales no productivos.
- La utilización de forrajes toscos, heno de pastos maduros, de cebada, etc puede considerarse cuando la disponibilidad de forraje (de pasturas y forraje conservado) es limitada. Estos materiales pueden ablandarse mediante tratamientos con urea (amonificación), sosa caustica (hidróxido de Na) u óxido de calcio.
- Compra de forraje fuera de la finca (dudosa conveniencia o rentabilidad).

Planificación de largo plazo

La planificación de largo plazo consiste en la toma de decisiones estratégicas complementarias a las discutidas en planificación de mediano plazo, a fin de para mejorar la alimentación animal en forma definitiva, como por ejemplo:

- Sectorizar la producción. Intensificar el uso de la tierra (pastoreo de las vacas productoras de leche) en las áreas donde existan mejores recursos (mejor suelo, disponibilidad de agua de riego, mejores caminos, etc.), y siembra de pasto de corte aprovechando la época de lluvias en las áreas sin riego o en lugares distantes.
- Implementación o mejora del sistema de riego (construcción de reservorios, riego por aspersión).
- Partos estacionales programados, consistentes en inseminar a tiempo fijo las vaconas (novillas) de reemplazo a fin de que la mayoría de los animales paran y lleguen al pico de producción de leche en la temporada de mayor producción de forraje, de esta manera se optimiza la disponibilidad de forraje y la suplementación será solamente para mejorar y sostener los picos de leche.
- Si todo lo anterior no es suficiente, cambio del sistema de producción, pastoreo por semiestabulación, sistema mixto, etc.
- Ajuste de tamaño del hato.
- Elaboración de Raciones totalmente mezcladas RTM.
- Producción de forraje hidropónico. Ver indicaciones de su elaboración en Anexos.

Parámetros de productividad

En trabajos de diagnóstico de fincas se emplean indicadores de resultados técnicos llamados parámetros de productividad, estos indicadores miden el desempeño técnico logrado por la empresa en un momento determinado a lo largo de un período de tiempo escogido para su evaluación.

La productividad de las praderas puede expresarse en producción vegetal o en producción animal:

Producción vegetal

RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE O MATERIA SECA

Explicado en el Capítulo XI Planificación de la alimentación. Planificación Diaria, forraje producido; y, en Anexos. Medición de la producción primaria

TASA DE ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA POR HECTÁREA

La tasa de crecimiento diaria, o tasa de acumulación de MS se obtiene dividiendo la producción o rendimiento de materia seca en el período, para el número de días, por ejemplo:

$$1\ 950\ \text{kg/MS/ha/30 días} = 65\ \text{kg/MS/ha/día.}$$

El rango ideal de crecimiento de las pasturas de clima templado es 60-70 kg/MS/día, en época seca puede disminuir a 20-30 kg/MS/día, este aspecto se discutió en el Capítulo X, Manejo de Pasturas, Ecofisiología, Tasa de acumulación de materia seca.

EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL PASTIZAL

Según Ramírez, P. “la eficiencia de utilización es la cantidad de forraje utilizado o consumido con relación a la cantidad de forraje disponible para consumo de los animales”. Similar al concepto de “Forraje consumido”, que se analizó al inicio de este capítulo.

$$\text{Eficiencia de utilización} = \frac{\text{consumo estimado}}{\text{producción primaria}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de utilización} = \frac{1950\ \text{kg/MS}}{3000\ \text{kg/MS}} \times 100 = 65\%$$

Producción animal

La producción animal es la mejor expresión de la calidad del forraje cuando éste se ofrece a voluntad y no se suministran fuentes adicionales de proteína y energía en la dieta, y cuando el potencial de respuesta del animal no es limitante (Mott, 1959). La producción por animal relacionada con la producción de las praderas, usualmente se expresa en términos de:

- Ganancia de peso (g/día, kg/año).
- Producción de leche (L/vaca/día, L/vaca/lactancia).

En un sistema pastoril (donde las animales producen a partir del forraje que logran consumir) los parámetros ganancia de peso y producción de leche si bien son los más usuales, no son los de mayor significancia, pues económicamente existe una correlación inversa entre los máximos de producción individual y la utilidad. Por ejemplo, la mayor rentabilidad por litro de leche está alrededor de los 16 L/día (4900 L/lactancia); sobre esta base, cuando más sube

la producción individual la utilidad se reduce por la necesidad de suplementación, mayor cantidad de medicamentos, infraestructura, equipos, maquinaria, mano de obra, etc.

GANANCIA DE PESO

Es la diferencia de peso entre dos pesajes del animal en un lapso determinado de tiempo, ejemplo: si un novillo de carne se faena a los dos años con 450 kg de peso y si el peso de nacimiento fue 30 kg, significa que:

- La ganancia de peso total es $450 - 30 = 420$ kg
- La ganancia de peso/animal/día es $420 \text{ kg}/730 \text{ días} = 575 \text{ g/día}$
- Ganancia de peso/animal/año es $575 \text{ g/día} \times 365 \text{ días} = 210 \text{ kg}$

PRODUCCIÓN DE LECHE

- Producción de leche/vaca/día: se encuentra dividiendo la producción del hato para el número de vacas, ej: $1610 \text{ L}/80 \text{ vacas} = 19,9 \text{ L/vaca/día}$.
- Producción de leche/vaca/lactancia: es la producción de leche a lo largo del ciclo productivo, el cual dura aproximadamente 305 días.

Productividad por hectárea

Se considera que la productividad por hectárea es la variable de mayor importancia económica, ya que la tierra es el recurso más elevado en la producción pecuaria. La productividad por unidad de superficie se expresa como:

- Ganancia de peso por hectárea (kg/ha),
- Producción de leche por hectárea (L/ha).
- Carga (UB/ha).
- Capacidad receptiva (UBA/ha).

GANANCIA DE PESO POR HECTÁREA

La ganancia de peso por hectárea, se encuentra multiplicando la ganancia de peso/animal/día, por la carga animal (UB). Ejemplos:

- Ganancia de peso/UB/ha/día: $0,6 \text{ kg/día} \times 4 \text{ UB/ha} = 2,4 \text{ kg/ha/día}$
- Ganancia de peso/ha/año: $2,4 \text{ kg/ha/día} \times 365 \text{ días} = 876 \text{ kg/ha/año}$

PRODUCCIÓN DE LECHE POR HECTÁREA

Los sistemas de producción pastoriles eficientes, se caracterizan por una alta producción de leche por unidad de superficie. Ejemplo:

- Hato 114 vacas
- Producción 1824 L/leche/día
- Área de pastoreo del hato 31 ha

$$\text{Producción } 1824 \text{ L} / 114 \text{ vacas} = 16 \text{ L/vaca/día.}$$

Si comparamos estos resultados con el sistema de producción orientado a leche/vaca/día:

$$\text{Producción } 1610 \text{ L}/80 \text{ vacas} = 19,9 \text{ L/vaca/día}$$

Vemos que la mejor producción individual (19,9 L) no es necesariamente el mejor indicativo de producción de la finca, si incrementamos el número de vacas disminuye la producción individual (16 L), pero mejora la producción total (1824 L > 1610L). En efecto, en sistemas de producción a pastoreo la principal herramienta para incrementar la producción de leche total, es la carga animal por ha. En los ejemplos utilizados:

- Producción por hectárea 1824 L/31 ha = 58,8 L/ha/día
- Producción por hectárea 1610 L/31 ha = 51,94 L/ha/día

CARGA ANIMAL

Es el número de animales por unidad de superficie que se mantienen en una finca en condiciones normales de pastoreo. Se encuentra dividiendo el número de U.B. para la superficie (hectáreas) de pastoreo.

Volviendo a la propiedad de 31 ha, las cargas animales serían:

$$\begin{aligned} 114 \text{ UB} / 31 \text{ ha} &= 3,7 \text{ UB/ha} \\ 80 \text{ UB} / 31 \text{ hectáreas} &= 2,6 \text{ UB/ha} \end{aligned}$$

CAPACIDAD RECEPTIVA

La Capacidad receptiva mide la productividad potencial de la pastura, refleja las características agronómicas, el efecto del clima y el manejo dado por el productor, por lo mismo es variable a lo largo del año. Cuando se calcula y compara con parámetros ideales, hay que tomar en cuenta la época en nuestro caso y en otro sitio o país.

Se calcula dividiendo la producción de materia seca neta por hectárea, para la cantidad de materia seca que necesita una UB durante el tiempo de descanso del potrero:

$$C. \text{ de carga} = \frac{\text{Producción de forraje} - \text{Pérdidas y residuo}}{\text{Consumo kg/MS/día} \times \text{Nº días de descanso del potrero}}$$

$$C. \text{ de carga} = \frac{3000 \text{ kg/MS/ha} - 1050 \text{ kg/MS}}{17 \text{ kg/MS/día} \times 30 \text{ días}} = \frac{1950 \text{ kg/MS/ha}}{510 \text{ kg/MS}} = 3,8 \text{ UB/ha}$$

En base a la tasa de acumulación de materia seca:

$$\begin{aligned} 1950 \text{ kg/MS producción neta} / 30 \text{ días} &= 65 \text{ kg/MS/ha/día} \\ 65 \text{ kg/MS/ha/día} / 17 \text{ kg/MS/UB/día} &= 3,8 \text{ UB/ha} \end{aligned}$$

En este parámetro, algunos autores prefieren detallar los kilogramos de peso vivo animal por hectárea, así por ejemplo si el peso promedio de una UB es 500 kg/PV/ha, la capacidad receptiva sería = 3,8 x 500 = 1900 kg/PV/ha, etc. Este método es más útil para comparar distintas especies (ej: bovinos y ovinos), razas, etc.

Los resultados anteriores nos indicaban que la capacidad de carga era 3,8 UBA/ha, mientras que la carga animal real es 3,7 UB/ha en un caso y 2,6 UB/ha en el otro, entonces establecemos la comparación

3,8 UB – 3,7 UB. = + 0,1 UB en términos prácticos, en este caso está equilibrado (la finca se aprovecha al máximo), pero en el otro caso 3,8 – 2,6 = 1,2 UB (hay capacidad para 1,2 UB más).

Hasta aquí, estos parámetros se han elaborado como si todos los potreros tuvieran igual producción y el rendimiento fuera uniforme durante todo el año. Por ello, cuando se presentan áreas o potreros heterogéneos es preferible sectorizar y calcular la capacidad de carga para cada una de las áreas o tipo de potreros y estimar la capacidad receptiva promedio de la finca o hacienda. Es necesario hacer aforos permanentes o por lo menos dos veces al año, una vez en invierno y otra en verano, cuando haya transcurrido 2/3 de la estación, por ejemplo en la sierra norte entre abril-mayo (invierno) y entre agosto-septiembre (verano), con estos datos obtendremos una idea de la máxima capacidad receptiva (en invierno) y la mínima capacidad receptiva (en verano). Para tener datos confiables de un predio es preciso tener registros de por lo menos tres años consecutivos, ideal diez años.

En el país existen diferentes pisos climáticos y cada especie forrajera tiene producciones diferentes, para hacer cualquier cálculo es necesario tomar en cuenta las producciones medias referenciales de los diferentes forrajes.

Parámetros adicionales

EFICIENCIA DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Se calcula mediante dividiendo: kg de sólidos totales / kg de MS

RELACIÓN MATERIA SECA / PRODUCCIÓN DE LECHE

El consumo de materia seca (MS) tiene relación directa con la producción de leche. Una conversión generalmente aceptada es que en una pastura de clima templado por cada 1 kg MS, una vaca produce 0,8 - 1 litro de leche, según la calidad del forraje.

Ejemplos: si en promedio las vacas consumen 17/kg/MS/día

$$17 \text{ kg MS/vaca} / 17 \text{ L/vaca} = 1 \text{ kg/MS} / \text{L de leche.}$$

Tabla 11.3
Producción media de materia verde y materia seca de algunos forrajes

	Uso	Materia verde t/ha/corte	Materia seca t/ha/corte	Materia seca t/ha/año	Nº de cortes, pastoreos o siembras/año
Alfalfa	Corte	14	3	30	8-10
Avena + Vicia	Corte	40	9	29	2-3
<i>Brassicas</i>	Corte	50	12	24	2-3
Kikuyo	Pastoreo	10	2,5	17,5	7-8
Raigrás anual	Corte	18	4,5	40	6-9
Raigrás perenne	Pastoreo	12	3	30	8-10
Maíz para choclo	Corte	30-35	8,5	8,5	1
Maíz forrajero	Corte	40-50	12,5 12,5	12,5 25	1 (sierra), 2 (costa)
Estrella	Pastoreo	8	2,5	30	12-15
Caña forrajera	Corte	75	22,5	67	3 -4
Elefante	Corte	85	25,5	76	3-4
Gramalote morado	Sogueo	30	-	14	2
King grass	Corte	50-60	16	100	6

Fuente: León, R.

Elaboración: Autores

Por lo analizado, podemos concluir que lo sensato es tener una carga animal intermedia y guardar los excedentes de invierno para el verano.

Otros cálculos

SUPLEMENTACIÓN PARA LA ÉPOCA SECA

Ejemplo:

- Región: centro norte de la región interandina.
- Peso promedio de las vacas: 500 kg.
- Producción promedio 15 L/día.
- Número de animales 80 vacas de ordeño.
- Días de suplementación, 150 días (de julio a noviembre).
- Sistema de conservación: ensilaje.
- Déficit estimado (depende del clima, tipo de pasto, fertilización, disponibilidad de riego, etc.): para este caso asumimos que tenemos potreros de mediana calidad, que existe riego y que en verano habrá una baja en la producción de 50%.

Datos complementarios:

- Cantidad de materia seca por hectárea que rinde un cultivo forrajero, por corte (depende del cultivo forrajero que se seleccione, en función del clima).
- Porcentaje de pérdidas en la cosecha, transporte, procesamiento y suministro del ensilaje: 20%.

Resultado a obtener:

- Déficit de forraje en verano.
- Hectáreas de cultivos forrajeros para cortar y guardar como suplementación.

Desarrollo:

- Requerimiento de materia seca: $500 \text{ kg} \times 3\% \text{ PV} = 15 \text{ kg} / \text{MS}$
- Déficit de materia seca en verano: $\text{Requerimiento } 15 \text{ kg} \times \text{déficit estimado } 50\% = 7,5 \text{ kg} / \text{MS} / \text{día}$

Déficit total:

$7,5 \text{ kg/día/MS} \times 80 \text{ vacas} = 600 \text{ kg/día/MS} \times 150 \text{ días} = 90000 \text{ kg/MS} = 90 \text{ toneladas/MS.}$

- Se debe buscar un forraje apto para ensilar, que aporte con la cantidad de materia seca y la energía requerida. Para clima templado el cultivo de avena-vicia es una buena opción, este cultivo antes de la floración aporta con 9600 kg de MS/ha y 2,35 Mcal/kg/MS (similar contenido de energía que la pastura en el verano).

$9\ 600 \text{ kg/MS} - 20\% \text{ de pérdidas} = 9\ 600 \text{ kg/MS} - 1\ 920 \text{ kg/MS} = 7\ 680 \text{ kg/MS/netos.}$

- Número de hectáreas a sembrar:

$90\ 000 \text{ kg} / 7\ 680 \text{ kg/ha} = 11,72 \text{ ha}$ (dos siembras de 6 ha, en el periodo de lluvias)

- El manejo de la alimentación durante el la época seca puede realizarse en forma separada: suministro de forraje conservado en el potrero o en el corral y concentrado durante el ordeño.

CÁLCULO DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE UNA PASTURA DE CALIDAD

Batallas (2009) indica que los requerimientos de EM para mantenimiento de bovinos se pueden determinar mediante la ecuación ; donde la EM del animal esta función de su peso vivo. Como se puede observar en el Tabla 11.4.

Tabla 11.4
Requerimientos de energía metabolizable
para mantenimiento de bovinos

Peso vivo, kg	EM , Mcal/día
400	12,52
450	13,68
500	14,80
550	15,90

Elaboración: Gutiérrez, F.

Elaboración: Autores

También se recomienda tomar en cuenta los requerimientos de energía para:

- Producción de leche 1,19 Mcal EM por cada litro de leche al día.
- Los últimos 90 días de gestación, 2,38 Mcal EM/ día
- Para que la vaca camine 1,2 Mcal EM x km.
- Ganancia de peso 11,5 Mcal EM/ kg.

En el libro *De la alimentación a la leche: Comprendiendo la función del rumen* (Heinrichs y Varga, 2015) publicado por la Universidad de Penn State estiman los requerimientos de proteína, FDN y CNE en función de las etapas de la lactación.

Como ya se explicó, todos los cálculos relacionados con la alimentación del hato funcionarán siempre y cuando el pasto tenga el FDN indicado.

Para fines de planificación forrajera tomaremos en cuenta la materia seca y la energía, asumiendo que la energía es el aspecto más importante para el crecimiento y producción de los animales y que este concepto involucra a todos los agentes nutritivos orgánicos como proteínas, carbohidratos y grasas.

Tabla 11.5
Requerimientos de proteína, FDN y CNE
para vacas en estado de lactancia

Estado de lactancia	Temprana	Media	Tardía
Proteína cruda % MS	17-18	16-17	15-16
Proteína soluble % PC	30-34	32-36	32-38
Proteína degradable % PC	62-66	62-66	62-66
Proteína no degradable % PC	34-38	34-38	34-38
FDN del forraje % MS	21-24	25-26	27-28
FDN total % MS	28-32	33-35	36-38
CNE % MS	32-38	32-38	32-38

Fuente: Heinrichs, y Varga, 2015

Con metodologías de nutrición animal se pueden hacer cálculos más exactos, tomando en cuenta los requerimientos de los animales en cuanto a fibra, energía, proteína y minerales (calcio y fósforo); pero esto es ya tema propio de nutrición animal.

Elementos a tener en cuenta en el potencial de producción:

- Requerimientos:
 - Peso promedio de las vacas y promedio de producción de leche.
 - Requerimiento de energía y materia seca por día.
- Aportes:
 - Aporte energía y materia seca esperado con pasturas.
- Balance:
 - Requerimientos menos aportes. Ejemplo: Datos: Peso promedio de las vacas 500 kg, y caminan 3 km/día.

- Requerimiento de energía:

$$\begin{aligned} E. \text{ Mantenimiento} &= (500)^{0,75} \times 0,14 \text{ Mcal EM} \\ E. \text{ Mantemiento} &= 14,8 \text{ Mcal EM} \\ E. \text{ Caminar} &= 3 \text{ km} \times 1,2 \text{ Mcal/km} \\ E. \text{ Caminar} &= 3,6 \text{ Mcal EM} \\ E. \text{ Total} &= 14,8 + 3,6 \\ E. \text{ Total} &= 18,4 \text{ Mcal EM/día} \end{aligned}$$

- Aporte de energía de la pastura; unas pasturas con 40% FDN y 2,5 Mcal EM.

$$\begin{aligned} CV \% PV &= \frac{120}{40} = 3 \% \\ \text{consumo kg MS} &= 500 \text{ kg PV} \times 3\% = 15 \text{ kg MS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo de Energía pasto} &= 15 \text{ kg MS} \times 2,5 \text{ Mcal/kgMS} \\ \text{Consumo de Energía pasto} &= 37,5 \text{ Mcal EM} \end{aligned}$$

- Balance energético

$$\begin{aligned} \text{Balance de Energía} &= \text{Consumo de Energía pasto} - \text{Requerimiento de Energía} \\ \text{Balance de Energía} &= 37,5 \text{ Mcal EM} - 18,4 \text{ Mcal EM} \\ \text{Balance de Energía} &= +19,1 \text{ Mcal EM (positivo)} \end{aligned}$$

19,1 Mcal/1,19 Mcal/L = 16 litros de leche solamente con pastura de clima templado, con un 40% de FDN, pero si se toma en cuenta otros requerimientos extras de energía por altitud sobre el nivel del mar, preñez, desarrollo en vacas jóvenes, el potencial de producción de leche baja aproximadamente

a 15 litros. Por lo expuesto, la lechería ecuatoriana tiene que apoyarse en una alimentación a base de pasturas de alto rendimiento, buena calidad y suministradas al ganado en el momento adecuado, a fin de lograr producciones de leche sostenibles.

Como el primer tercio (100 días) es el exigente en la alimentación de la vaca lechera de producción media, es en esta etapa donde el productor lechero debe hacer los mayores esfuerzos con el objeto de satisfacer los requerimientos nutritivos de los animales. En el primer tercio se produce alrededor del 45% del total de la leche de la lactancia, en el segundo y tercer tercio se producen el 32% y 23%, respectivamente. La máxima producción de leche se logra entre los días 45 a 60 después del parto. En vacas de alta producción son importantes los dos primeros tercios de lactancia es decir 200 días (6 meses y medio).

Para los cálculos de Potencial de Producción de Leche, también se puede utilizar la Tabla del National Research Council de USA, NRC, 2001.

Tabla 11.6
Requerimientos nutricionales y condición corporal sugerida de vacas lecheras, según producción, periodo de lactancia y preñez

Ítem	Producción de leche (kg/día)			Inicio de lactancia 3,0	Periodo seco (45 días) 3,5	Periodo pre-parto (15 días) 3,5
	<20	20-30	30-40			
Producción						
Cond. Corporal	3,5	3,5	3,5			
PC %	15	16	17	19	12	15
PND %	37	39	40	45	30	40
EM, Mcal/kg	2,5	2,7	2,8	2,8	2,2	2,5
ENI, Mcal/kg	1,52	1,62	1,72	1,67	1,25	1,47
Fibra Cruda %	20	17	15	17	25	27
FDA %	21	21	19	21	27	27
FDN %	28	28	25	28	35	45
Ca %	0,51	0,58	0,64	0,77	0,39	0,39
P %	0,33	0,37	0,41	0,48	0,24	0,24
K %	0,9	0,9	1	1	0,65	0,6
Mg %	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,16
S %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,16	0,16
Na %	0,18	0,18	0,18	0,18	0,1	0,1
Cl %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2	0,2

Fuente: NRC, 2001.

Siglas: PC, proteína cruda.
PND, proteína no digerible.
EM, energía metabólica.
Enl, energía neta de lactancia.
FDA, fibra detergente ácida.
FDN, fibra detergente neutra.

COSTO DE LA ALIMENTACIÓN

Vélez (2015) recomienda que previo a establecer un sistema de producción se debe establecer el costo de la alimentación.

Se considera que el costo de alimentación de la vaca lechera, no debe sobrepasar el 40% de la entrada bruta por venta de leche. Así el costo máximo de la alimentación será:

Costo máximo de la alimentación = producción de leche en L x \$ /L x 40%

Si el promedio de producción es 15 L/día, y el precio de venta es \$ 0,40/L

15 L/día x \$ 0,40 / L = \$ 6 de venta de la leche x 40% = \$ 2,40 /día, costo máximo de la alimentación.

Si las vacas pesan 500 kg, necesitarán para su alimentación 15 kg de materia seca, entonces el precio máximo a pagar por la materia seca utilizada en la alimentación diaria de estas vacas, debería ser:

$\$ 2,40 / 15 \text{ kg} = \$ 0,16 / \text{kg}$ de materia seca.

El precio de la materia seca del balanceado es: \$ 20 el saco/40 kg = \$ 0.50/kg de balanceado x 100/88% de materia seca que tiene el balanceado = \$ 0.56 /kg de MS.

El precio de la materia seca del pasto, en cambio oscila alrededor de \$ 0.08 el kg, por lo tanto es totalmente rentable producir en base de pastos.

Registros

Registro de pastoreo

Para determinar la capacidad de producción de cada potrero y poder tomar decisiones de mejora de manejo es necesario llevar un “Registro de Pastoreo” (ver en Anexos) en el que se anotan los siguientes datos:

- Fecha
- Número del potrero.
- Número de días de descanso del potrero.
- Número de días de ocupación del potrero.
- Número de animales que pastorean, su tipo y categoría.
- UB/potrero, UB/hectárea y UB/día.
- Producción primaria.
- Producción de leche o carne por potrero y por hectárea.
- Suplementos ofrecidos a los animales. Kilogramos de concentrados, heno o ensilaje consumidos por los animales. La materia seca suministrada debe descontarse de la producción del potrero al realizar el resumen y balance de la producción de los potreros.

Registro de potreros

También es importante llevar un “Registro de Potreros” (ver en Anexos), con los siguientes datos:

- Fecha de siembra.
- Mezcla forrajera.
- Fechas y registro de:
 - Fertilizaciones, cantidad y tipo.
 - Mediciones del rendimiento de Producción Primaria.
 - Evaluaciones de la Composición Botánica.
 - Cortes para forraje verde, heno o ensilaje.
 - Aplicación de herbicidas o plaguicidas, la dosis empleada y el resultado visual obtenido.
 - Riego, si es factible la cantidad de agua empleada o las horas regadas.
 - Resiembras, mezclas, cantidad de semilla, etc.

Planificación estratégica de la producción forrajera

En toda empresa es necesario elaborar un Plan Estratégico que guíe y promueva el desempeño de las personas hacia el logro de los objetivos estratégicos (metas y estrategias). Los diferentes componentes de la empresa, los procesos y el recurso humano deben estar ligados con el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa ganadera. El cumplimiento de las metas y estrategias deben medirse periódicamente, para retroalimentar el proceso.

A continuación se presenta una guía para elaborar la Planificación Anual de la Producción Forrajera, de una empresa o finca cualquiera, la redacción incluye los Antecedentes, Visión, Misión y Objetivos Estratégicos, Descripción del Sistema de Producción y la Planificación Anual de la Producción Forrajera.

Antecedentes

Describa la problemática y/o necesidades de la empresa ganadera en materia de producción de forraje.

Visión

El sueño. Declaración que indica aquello en lo que pretende convertirse la producción de forraje en la empresa ganadera, como soporte a la producción animal.

Misión

El qué y el porqué. Declaración del objeto, propósito o razón de ser de la producción forrajera, para la empresa ganadera.

Objetivos estratégicos

- Metas: Resultados medibles (cifras, fechas, indicadores, parámetros) que la empresa espera alcanzar (inspirados en la Misión) con la Planificación Anual de la Producción Forrajera.
- Estrategias: El cómo. Conjunto de acciones que llevará a cabo la empresa (inspiradas en la Visión), para cumplir las metas.

Descripción del sistema de producción

Recopilación de datos e información de la situación actual del sistema de producción, con el propósito de identificar problemas y oportunidades de mejora.

DATOS GENERALES

- Nombre del predio.
- Situación política: provincia, cantón, parroquia, lugar.
- Situación geográfica: latitud, longitud.
- Área total del predio.
- Área de pastizales.
- Fecha del trabajo.

CLIMA

- Clasificación climática.
- Altitud.
- Temperaturas máxima y mínima, temperatura promedio.
- Precipitación anual, distribución por meses. Histograma.
- Heliofanía.
- Contingentes adversos (heladas, granizadas, riesgo de inundaciones, de cambios climáticos, etc.).
- Época climática en que se efectúa el trabajo.

SUELO

- Características físicas del suelo (textura, estructura, profundidad).
- Propiedades químicas (pH, contenido de nutrientes, MO, CIC, etc.).
- Topografía.
- Erosión, estado actual, riesgos.
- Drenaje.
- Pedregosidad.

CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA (HOLDRIDGE)

- Indique la clasificación ecológica de la zona donde está el predio.

CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA

- Señale la clasificación agrológica de los suelos de la finca.

CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

- Diga cuál es el sistema productivo de la empresa ganadera.

PLANIFICACIÓN FÍSICA

En un plano o croquis detalle:

- Forma y tamaño de los potreros.
- Distribución de los potreros por grupos de animales.
- Distancia al establo.
- Red de agua, bebederos para el ganado.
- Sistema vial, estado de los caminos principales y secundarios.
- Fuentes, distribución, sistema el riego.
- Tipos de cercas y estado de las mismas.
- Infraestructura disponible (bodegas, silos, heniles, etc.)

CONDICIÓN Y MANEJO DE LOS POTREROS

- Elabore un cuadro con el inventario de los potreros de la finca:
 - Número.
 - Extensión.
 - Composición botánica.
 - Estado general.
 - Disponibilidad de agua (bebederos) en los potreros.
 - Observaciones sobre alguna particularidad especial de cada potrero.
- Estime el valor nutritivo de los potreros y su potencial productivo.
- Indique si existen árboles forrajeros, si existe silvopastoreo, agroforestería.
- Averigüe el sistema de siembras y resiembras de potreros.
- Indique la disponibilidad de riego, caudal, sistema.
- Indague sobre fertilización (fuentes, cantidades, calendario de aplicación).
- Describa si hay malezas importantes. Control.
- Observe, averigüe sobre plagas y enfermedades, su manejo.
- Examine, indague sobre labores culturales: subsolado, dispersión de heces, cortes de igualación, resiembras, etc.
- Sistema de pastoreo que se lleva a cabo: Intensivo, extensivo, rotación diaria, varios días, uso de cerca eléctrica, etc.

PRESIÓN DE PASTOREO

- Tiempo que dura el pastoreo.
- Período de descanso del potrero.
- Altura del pasto al inicio del pastoreo.
- Altura del residuo.
- Eficiencia de utilización de los potreros (% de pérdidas o desperdicio).

BALANCE FORRAJERO

- Inventario ganadero. Número de animales y número de unidades bovinas. Grupos.
- Disponibilidad estacional de forraje (en función de la precipitación, heladas, etc.).
- Suplementación (balanceado, sales minerales, melaza).
- Alimentos varios (heno, ensilaje, banano de rechazo, brócoli, papas).
- Balance forrajero estacional.

OTROS

- Registros de potreros.
- Registros de pastoreo.
- Disponibilidad de maquinaria agrícola, mano de obra.
- Análisis de suelos.

PARÁMETROS DE PRODUCTIVIDAD

- Producción de materia verde y materia seca/ha.
- Capacidad de carga.
- Carga animal.
- Producción de leche por día.
- Producción vaca / día.
- Litros de leche/ha/año.
- Producción de carne.
- Aumento diario de peso.
- Kg de carne/ha/año.

Planificación de la producción forrajera

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

- Procese, analice y valore la información recopilada en la Descripción del Sistema de Producción (clima, suelo, condición y manejo de los potreros, manejo del pastoreo, balance forrajero, planificación y otros). Defina si la actual planificación y manejo de potreros es conveniente, estime la potencial producción de pasto en función de la distribución de la precipitación mensual a lo largo del año, etc.
- Realice un análisis FODA, determine las Fortalezas (recursos que se deben aprovechar) y, las Debilidades (limitantes para la producción que se deben corregir), las Oportunidades (de origen externo que mejoren las perspectivas del negocio ganadero y la Amenazas (también externas del sistema productivo).
- Coloree en un plano o croquis la situación actual de los potreros; pinte de verde los potreros buenos, de amarillo los potreros regulares y de rojo los potreros malos.

DIAGNÓSTICO

En pocos párrafos, redacte un Diagnóstico de la Situación Actual.

PLAN DE TRABAJO

En una respuesta coherente al Análisis de la Situación y al Diagnóstico e inspirados en la Visión, Misión y Objetivos Estratégicos, elabore un Plan de Trabajo que incluya:

- Planes de manejo de los potreros (enmiendas y fertilización, aireaciones, control de malezas, siembras, resiembras, modificaciones de planificación física, infraestructura si fuere del caso, etc.), elabore cuadros indicando los lotes, actividades, áreas, costos.
- Planes de manejo del pastoreo: ocupación, descanso
- Cálculo de los requerimientos forrajeros estacionales y plan de siembras con fines de conservación de forraje.
- Plan de suplementación.
- Calendario anual de actividades (Diagrama de Gantt).
- Plano o croquis de la nueva condición y uso de los potreros (para visualizar los cambios).
- Responsabilidades del recurso humano, en los diferentes niveles de ejecución.
- Presupuesto.

IMPLEMENTACIÓN

- Controle el avance de la ejecución.
- Monitoree los resultados.

ANÁLISIS DE IMPACTO

- Determine el costo de 1 kg de MS producido.
- Kilos de pasto consumidos por cada litro de leche producida (eficiencia alimenticia).
- Costo de producción del litro de leche o el kg de carne.
- Ingreso neto por ha /año.

EVALUACIÓN

Al finalizar el año agrícola se deben realizar las siguientes actividades:

- Evaluación anual de las Metas.
- Evaluación de las Estrategias.
- Evaluación del Plan de Trabajo.
- Retroalimentación y elaboración de un nuevo Plan de Trabajo.

CAPÍTULO XII

Conservación de forrajes

Las variaciones estacionales en el crecimiento de los pastos crean restricciones en la alimentación de los animales. El objetivo fundamental de conservar los pastos y cultivos forrajeros temporales es el de cosechar y almacenar su biomasa, con pérdidas mínimas de nutrientes.

Las técnicas de conservación permiten aprovechar al máximo el potencial productivo de los forrajes, en los siguientes propósitos específicos:

- Contar con suplemento alimenticio en épocas de carestía.
- Intensificar la producción.
- Incrementar la carga animal.
- Alimentar ganado estabulado o semi estabulado.
- Acondicionar a los animales, ejemplo “flushing” en las épocas de empadre a los ovinos.

Se puede conservar plantas forrajeras de corte, pastos artificiales, raíces forrajeras y residuos de cosecha.

Las principales formas de conservación de cultivos forrajeros, son: henuficación, ensilaje y henolaje.

Heno

La henuficación es la extracción natural del agua de los forrajes hasta un nivel de humedad de 15-18% para asegurar su buena conservación (sin que se presente fermentación o se enmohezca). Se requieren pastos que tengan una alta relación de hoja/tallo para su fácil deshidratación y también es ideal un clima seco como de los valles interandinos de Salinas en la provincia de Imbabura o Lasso en la provincia de Cotopaxi. La temperatura, la humedad relativa del ambiente y el viento influyen en el tiempo de deshidratación del forraje cortado.

El objetivo es disminuir rápidamente el contenido de agua, con el fin de matar las células vegetales antes de que la respiración y fermentaciones consuman los nutrientes del pasto.

Durante la henificación se pierde materia orgánica y ciertas vitaminas. El valor nutritivo también disminuye en cierto grado, aunque también se pierden sustancias tóxicas. La pérdida de hidratos de carbono solubles durante la henificación del forraje es baja en los henos que son secados rápidamente en condiciones climáticas favorables. Esta pérdida en cambio es muy elevada en forrajes casi secos cuyos hidratos de carbono son lavados por la lluvia.

Existen muchos cultivos que se adaptan para henificar. Los cultivos más adaptables son los de alta calidad nutritiva y de fácil manejo (tallos delgados y con poca fibra) durante el proceso de henificación. 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.

Para obtener heno de alta calidad y buen rendimiento es necesario cortar el cultivo a tiempo. Para la alfalfa se ha determinado que el momento óptimo de corte es cuando el cultivo alcanza un 10% de floración en promedio, para la avena y los pastos al iniciar la floración.

Existen diferentes métodos de henificación. Normalmente la operación incluye lo siguiente:

- Corte del forraje, esto se hace manualmente o por medio de segadoras, o segadoras hileradoras. Es aconsejable segar por la mañana, después que haya desaparecido el rocío.

Figura 12.1
Equipo para cortar forraje



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

- Secado natural al sol. En el momento en que la parte superior de la hierba cortada aparezca un poco seca (a medio día) es conveniente voltearla; en cambio por la tarde es preferible reunir y amontonar el forraje con el objetivo de impedir que absorba la humedad de la noche; al día siguiente se continúa con las operaciones, esparciendo y volteando durante el día y amontonando por la noche. Se pueden usar máquinas acondicionadoras, aflojadoras, volteadoras y desparramadoras. El tiempo de secado varía según la especie forrajera, el volteado, la intensidad solar, el viento y altitud sobre el nivel del mar. Bajo condiciones del trópico cálido 6 horas de exposición al sol suficientes para que la humedad de los tejidos alcance el óptimo, en los valles de la sierra son necesarios 2 días y en el páramo pueden necesitarse 3-4 días. Se reconoce el punto óptimo cuando el pasto estando seco mantiene elasticidad y no llega a volverse quebradizo (reseco). En el caso de la avena el proceso requiere más tiempo (4-5 días).

Figura 12.2
Alfalfa cortada y secándose al sol



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

- Hilarar o amontonar el material secado, esto se hace manualmente o mediante máquinas henificadoras de descarga lateral.

Figura 12.3
Equipo para hilerar



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

- Empacado a granel, en rollos o en pacas por medio de una máquina empacadora.

Figura 12.4
Equipo para empacar y pacas de heno



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

La henificación misma no tiene mucha influencia sobre la digestibilidad y el consumo, cuando los factores ambientales y la época de cosecha son iguales. Por el contrario, la forma física en que el heno es ofrecido a los animales sí tiene un efecto importante sobre el consumo. Por esto, es conveniente picar y moler el heno antes de suministrarlo a los animales, para favorecer su consumo.

Una unidad bovina que consume heno ingiere un 20% más de materia seca lo cual le permite producir 2,2 kg más de leche por día y tener ganancias de peso de 340 g más que con forraje verde. Por este motivo el heno es altamente conveniente tanto para vacas, vaquillas y sobre todo para las terneras a las cuales además de ayudar a desarrollar su rúmen, acelera su crecimiento por el elevado aporte nutritivo de este alimento concentrado. El heno es de gran importancia también en la alimentación de ovinos, camélidos americanos y animales menores como conejos y cuyes.

En cuanto a palatabilidad, Juan, N.A. y otros (1996, citados por Gagliostro, 2011), demostraron que el consumo de heno de avena es mayor que el consumo de heno de alfalfa.

Pérdidas

Si al heno le llegan a caer lluvias, puede perder el 40% o más de su valor alimenticio, por ello este proceso se debe efectuar en días completamente soleados.

Las pérdidas mecánicas ocurren durante todo el proceso de henificación. Al henificar leguminosas se pierden más hojas que en gramíneas, sobre todo cuando la desecación es muy alta y la manipulación excesiva. Una alternativa para disminuir estas pérdidas, puede ser recoger el heno cuando aún tenga 40% de agua y empacar a baja densidad (poca presión, 50-75 kg/m³); las pacas de heno flojas pueden dejarse en el terreno durante 3 o 4 días más hasta completar su secamiento. También puede utilizarse la segadora acondicionadora que aplasta el forraje y reduce el tiempo de secado en un 40% y sobre todo evita la caída de hojas y folíolos.

En los páramos o en época lluviosa lo mejor es secar dentro de invernaderos plásticos, con estanterías de tiras o mallas en su interior.

El forraje henificado no debe conservarse de un año al otro, pues por la oxidación y desintegración que provocan ciertos microorganismos, se van perdiendo principios nutritivos y digestibilidad de nutrientes, dando mayor contenido de fibras.

Harina y pellets

También es posible deshidratar artificialmente el forraje (hasta un 10%) para elaborar pellets o para molerlo obteniéndose harina. La harina de leguminosas (alfalfa, leucaena, matarratón) se utiliza como materia prima para elaborar balanceados. Esta técnica se detalla como forraje condensado en el texto cubano *Conservación de pastos y forrajes* (Ojeda, Cáceres y Esperance, s.f.).

Cálculo de producción de heno

Para determinar el rendimiento nos podemos guiar por el siguiente ejemplo:

El rendimiento de forraje verde de un cultivo de avena forrajera es 45 000 kg/materia verde/ ha (45 t), si consideramos que este forraje tiene 28% de materia seca, entonces al momento de corte, tendremos:

$$\begin{aligned} &\text{En 100 kg de avena hay 28 kg de materia seca} \\ &\text{en 45.000 kg de avena habrán X kg de materia seca} \\ &= 45\,000 \times 28 / 100 = 12\,600 \text{ kg de materia seca/ha} \end{aligned}$$

Ahora, el heno tiene aproximadamente 15% de agua y 85% de materia seca, por lo tanto:

$$\begin{aligned} &\text{En 100 kg de heno hay 85 kg de materia seca} \\ &\text{X kg de heno tendré con 12\,600 kg de materia seca} \\ &= 100 \times 12\,600 / 85 = 14\,824 \text{ kg de heno / ha.} \end{aligned}$$

Las pacas tienen un peso promedio de 16 kg, por lo tanto el rendimiento o producción por ha, en pacas es $= 14\,824/16 = 926$ pacas.

Estos son cálculos ideales, en términos prácticos para estimar la cantidad de material que se cuenta en forma neta, conviene descontar un 5% de desperdicio en la elaboración, transporte, almacenamiento y distribución para el consumo.

Cálculo de consumo de heno

Si una unidad bovina tiene 500 kg de peso vivo, y el consumo de materia seca es aproximadamente el 3% del peso, entonces necesitará $(3 \times 500/100) = 15$ kg de materia seca por día. Y el consumo potencial de heno, en consecuencia será:

En 100 kg de heno hay 85 kg de materia seca,
en cuantos (X) kg de heno hay 15 kg de materia seca ?

$$= 100 \times 15 / 85 = 17,65 \text{ kg de heno / unidad bovina / día.}$$

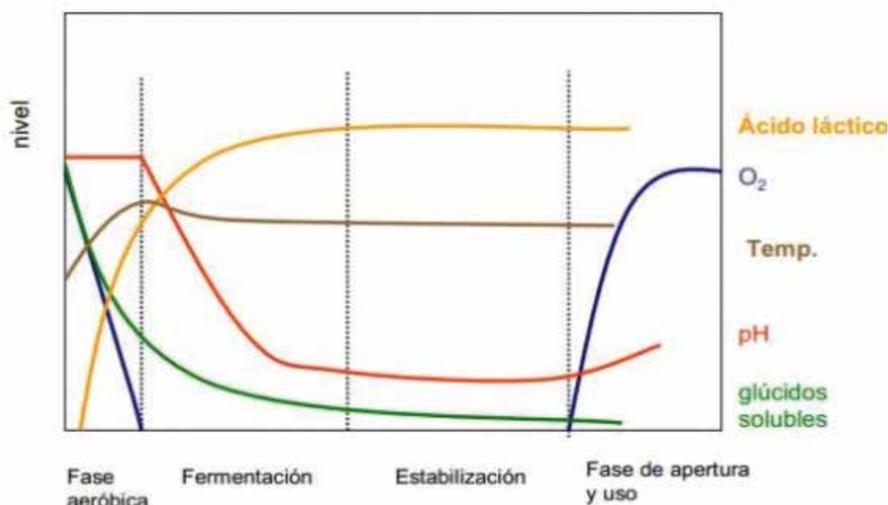
Ensilaje

El ensilaje es un método de conservación de forrajes con 65-70% de humedad y 30-35% de MS, el proceso de conservación tiene como principio la fermentación de los azúcares, por lo que requiere forrajas con una buena concentración (maíz, avena, sorgo, gramalote, kingras) y humedad para que se de la fermentación, se puede adaptar a condiciones climáticas de alta humedad relativa, es el método que más tiempo puede conservar el forraje.

Principios de la conservación

El principio sobre el cual se desarrolla el ensilaje es la fermentación de los azúcares a ácidos orgánicos el más deseable es el ácido láctico, estos cambios bioquímicos se dan por la presencia de bacterias y se da en tres fases, como son: a) Fase aeróbica o de respiración del forraje. b) Fase anaeróbica o de fermentación-acidificación del ensilaje. c) Fase de estabilización.

Figura 12.5
Químicos en las diferentes etapas del ensilaje



Fuente: Piñero, 2012

FASE AERÓBICA (RESPIRACIÓN)

Después que el forraje es cortado y depositado en el silo, las células vegetales continúan vivas y por ello mantienen su respiración pudiendo utilizar el oxígeno presente en el aire intersticial retenido en la masa verde.

La respiración es una combustión, lo que implica una elevación de la temperatura, siendo tanto mayor cuanto más aire se encuentre presente; esta respiración transforma una parte de las materias hidrocarbonadas de las plantas en CO_2 y O_2 . Una vez que el oxígeno se agota, la respiración propiamente dicha cesa y es reemplazada por la respiración intramolecular que se debe a acciones diastásicas y que produce alcohol y gas carbónico. Durante este tiempo la elevación de la temperatura continúa.

Los principales agentes que intervienen en las transformaciones de la materia vegetal, en esta fase son: los fermentos de las materias albuminoides y las diastasas (zimasa, lactosa, sucrosa).

Cuando el oxígeno se agota inicia la fase anaerobia.

En la fase anaerobia, las fermentaciones bacterianas que intervienen en el ensilaje son láctica, acética, butírica y azoadas.

FASE ANAEROBIA (FERMENTACIÓN-ACIDIFICACIÓN)

Fermentación láctica: las bacterias anaerobias más deseables para la fermentación son los géneros *Lactobacillus* sp, *Enterococcus* sp, *Pediococcus* sp, estas comienzan a utilizar los azúcares (las hexosas) como fuente de energía, 1 mol de hexosa forman dos moles de lactato (ácido láctico), este es el causante del descenso de pH entre 3-4 en el ensilaje y se produce un olor agradable a vinagre de frutas, la temperatura dentro del ensilaje se estabiliza. Cuando se produce la fermentación láctica, la conservación es perfecta y duradera pues destruye los agentes nocivos. Siendo el ácido láctico un antiséptico energético, su acción posterior sobre los órganos digestivos de los animales es de lo más favorable, previene todo tipo de fermentación nociva en el estómago de los rumiantes y más especialmente en la panza.

Fermentación acética: está asociada al grupo *Coli aerógenes*, se encuentran a una temperatura de 20-30° C., transforman el alcohol en ácido acético (vinagre) y agua. Se desarrolla con exceso de humedad, produce pérdidas de materia nutritiva y un sabor poco agradable.

Fermentación butírica: provocada por la tierra y el polvo, está asociada a la acción de las Bacterias del género *Clostridium*, desintegran el azúcar o el ácido láctico en otros ácidos diversos, butírico, fórmico, propiónico, de olor desagradable y persistente a mantequilla rancia.

FASE DE ESTABILIZACIÓN

Cuando el pH ha bajado a valores cercanos a 4, el ensilaje entra en una fase de estabilización, la materia se conserva en este medio ácido y las proteínas no se desnaturalizan.

FASE DE APERTURA

Una vez abierto el ensilaje de manera voluntaria o accidental, el momento que toma contacto con el aire el ensilaje inicia su fase aeróbica nuevamente por lo que se debe consumir gradualmente.

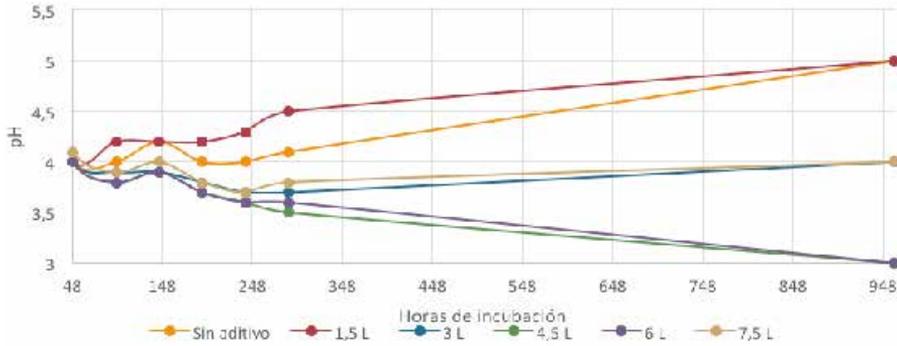
Inoculación de microorganismos en el ensilaje

Debido a que la cantidad de bacterias productoras de ácido láctico es muy baja a 10 UFC/g (unidades formadoras de colonias) en el ambiente es necesario inocular microorganismo caso contrario la velocidad de fermentación láctica es muy baja, se debe tener en cuenta que la concentración ideal de bacterias lácticas al inicio del proceso fermentativo es $>10^6$ UFC/g (1 millón de bacterias lácticas) (Piñeiro, 2016).

Contreras-Govea y Muck (2009), clasifican a los inoculantes microbianos en homofermentativos producen solo ácido láctico y dentro de ellos se encuentran especies de *Lactobacillus* sp y especies de *Pediococcus* spp, y *Enterococcus* spp. y los heterofermentativos producen ácido láctico, ácido acético y bióxido de carbón, el *Lactobacillus buchneri* es el mejor ejemplo. Estos aditivos aceleran el proceso de fermentación, reducen la pérdida de nutrientes, aumentan la digestibilidad de la fibra y reducen la degradación de la proteína.

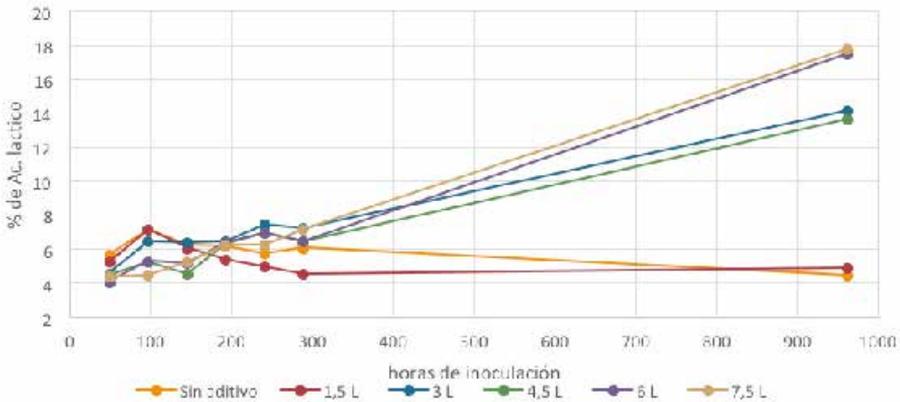
En efecto Montesdeoca y Gutiérrez, 2017, demostraron que la mezcla suero de leche, agua y melaza, disminuye el pH y aumenta la concentración de ácido láctico en el ensilaje.

Figura 12.6
Cambios del pH con diferentes dosis de suero de leche



Fuente: Montesdeoca y Gutiérrez, 2017

Figura 12.7
Cambios en la concentración de ácido láctico con diferentes dosis de suero de leche



Fuente: Montesdeoca y Gutiérrez, 2017

Otros tipos de aditivos preservadores o conservadores

Hidratos de carbono (harinas) o azúcares (melaza) que facilitan la fermentación del ácido láctico.

Aditivos químicos (ácido fosfórico, fórmico, clorhídrico, metasulfito de sodio), tienen por objeto aumentar la acidez benéfica para los lactobacilo, pero perjudicial para las bacterias indeseables.

Otros aditivos como suero de leche, urea, gallinaza, sal.

Ventajas del ensilado

- Conserva el valor nutritivo del forraje por largo tiempo.
- Se puede disponer de alimento natural en épocas de escasez de forraje.
- Se puede ensilar en cualquier tiempo.
- El desperdicio de pasto es mínimo, pues se ensilan hojas y tallos frescos en el mejor estado de desarrollo.
- Reduce los costos de producción al disminuir el uso de concentrados.
- Puede aumentar la carga/ha y por tanto producir más leche, carne o lana.
- Las fermentaciones enzimática y bacteriana, son una predigestión artificial y el silaje es más fácil de aprovechar en el organismo del animal.
- La leche producida por los animales que consumen ensilaje es rica en vitamina A y caroteno.

Proceso del ensilaje

PUNTO DE CORTE

Las pasturas y forrajes conforme avanza sus estados fisiológicos experimentan cambios bioquímicos, uno de los más importantes es la relación humedad/ MS y el otro es que en sus granos aumentan la cantidad de almidón y cambian la relación tallo, hojas y espiga.

Tabla 12.1
Cambios en la composición morfológica y química de la planta de maíz

	Inicio (1)	Lechoso	Pastoso	Vitroso
Composición morfológica (% de la MS)				
MS (%)	18	23	27	32
Hojas	17	16	13	11
Tallo + vainas	45	42	29	24
Espiga + chala	38	42	58	62
Granos	-	20	42	50

Composición química (% de la MS)				
Cenizas	7	6	5	5
PB	10	9	8	8
CHS	-	18	14	10
Almidón	-	16	20	25

MS = materia seca; PB = proteína bruta ; CHS = carbohidratos solubles

(1) Inicio de formación del grano.

Fuente: Adaptado de Gagliostro, 2011.

Elaboración: Autores

Tabla 12.2
Cambios en la composición morfológica y química de la planta de avena

%	Vegetativo	Espiga	Grano pastoso
MS	13	18	31
PB	17	13	9
FC	22	26	29
EE	4	3	3
Ceniza	14	12	9
ENN	44	46	49

PB=proteína bruta, FC=fibra cruda, EE= extracto etereo, ENN= elementos no nitrogenados

Fuente: Gutiérrez y Loayza, 2016.

Las plantas tienen indicativos morfológicos que tienen la humedad correcta para ser cortada, es decir alcanzado entre el 65 y 70 %, humedades más altas presentan mayor cantidad de lixiviados y humedades más bajas son difícil de compactar y se requieren humedad para la fermentación.

Tabla 12.3
Momento de picado para diferentes cultivos

Cultivo	Momento de óptimo de corte
Maíz	1/2 la línea de leche, grano pastoso
Sorgo	1/3 de panoja, grano pastoso
Avena, trigo, cebada	Valor nutritivo: hoja bandera. Materia seca: grano pastoso
Raigrás	Hoja bandera

Fuente: Piñero, 2012. Elaboración: Autores

Figura 12.8
Punto de corte del maíz, (izquierda) maíz aun no desarrolla las líneas de leche, (derecha) maíz con líneas de leche



Fuente: Gutiérrez, F. y Bonifaz, N., 2018.

Figura 12.9
Avena en estado pastoso



Fuente: Gutiérrez, F., 2018

CORTE Y PICADO

El propósito del picado es disminuir el área del material para que sea más fácil compactar y aumentar la densidad, se puede utilizar los siguientes equipos:

Figura 12.10
Cortadora de maíz, sorgo, pastos tropicales de corte



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.11
Cosechadora de forrajes



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.12
Cortadora estacionaria de pastos, se adapta a pastos tropicales de corte, maíz y sorgo



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Si consideramos que el ensilado se realiza en su mejor momento de picado y contenido adecuado de materia seca, el tamaño aconsejado debe estar entre un 5% y 10% de partículas mayores a 2 cm, entre 40% y 50% de partículas entre 0,8 cm y 2 cm y el resto, menores a 0.8 cm. A su vez, estos tamaños permitirán una correcta compactación y eliminación del oxígeno (Romero y Aronna, 2003).

Figura 12.13
Tamaño del picado



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

La altura de corte es otro factor a considerar que permitirá incrementar la relación de espiga o panoja en la masa ensilada, permitiendo aumentar la digestibilidad de la misma. Este hecho se basa en que la digestibilidad de la caña es aproximadamente del 50% y la de la espiga de más del 80%. En la tabla 12.4, podemos ver cómo mejora la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) cuando se pasa de 15 cm a 30 cm o 50 cm (Piñero, 2012).

Tabla 12.4
Mejora en calidad por levantar altura de corte

Altura de corte (cm)	Composición morfológica			DIVMS (%)
	Tallo (%)	Hoja (%)	Espiga (%)	
15	24	14	62	66,9
30	17	10	73	68,7
50	12	8	80	70,7

Fuente: Adaptado de Piñero, 2012.
Elaboración: Autores

COMPACTACIÓN

Figura 12.14
Compactación con ayuda de tractor



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.15
Compactación con equipos para silo funda



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

La compactación del material a ensilar busca eliminar el oxígeno para que la fase aerobia del ensilaje sea lo más corta posible e inicie a la fase anaerobia y fermentación de azúcares, en esta etapa se recomienda la inoculación de los microorganismos deseables para la fermentación.

Figura 12.16
Llenado manual de silo funda y compactación con pisón



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Un valor referencial de compactación es que el material a ensilar alcance una densidad entre 500 y 700 kg por m³, para alcanzar esta compactación se recomienda hacer esta labor por capas, es decir: acumular material picado, igualar el forraje, compactar en capas de 30 a 50 cm, incorporar aditivos o inoculantes y continuar el proceso hasta el llenado del silo.

APERTURA DEL ENSILAJE

Se debe valorar el ensilaje en sus características cualitativas y cuantitativas; cualitativas se debe valorar su olor, color, presencia o ausencia de hongos y palatabilidad; cuantitativas el pH, amoníaco, humedad y MS.

Tabla 12.5
Características de un ensilaje de buena y mala calidad

Parámetros	Ensilaje de buena calidad	Ensilaje de mala calidad
pH	4.0	5.5
Nitrógeno amoniacal	1.0	4.0
Color	Verde amarillento	negro
Olor	Agradable	pútrido
Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
Humedad	70%	>70% o <60%
Sabor	Apetecible por el ganado	Rechazo por el ganado

Fuente: Adaptado de Bernal, 2003.

Elaboración: Autores

Figura 12.17
Ensilaje de color verde amarillento



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.18
Ensilaje con un pH de 4



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.19
Ensilaje con buena palatabilidad



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.20
Ensilaje de color negro



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.21
Ensilaje con un pH de 7



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.22
Ensilaje con presencia de hongos



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Cuando se destapa el silo, el ensilaje debe consumirse gradualmente y de manera continua, ya que inicia el proceso aerobio nuevamente y se puede descomponer. Si los animales no han consumido este tipo de alimento antes se debe hacer una etapa de adaptación para que las bacterias del rumen se adecuen a este tipo de alimento y los animales se acostubren a comerlo. Por ser un alimento con pH ácido los animales pueden consumir de manera segura entre 10 a 15 kg de ensilaje al día, cantidades superiores aumentan el riesgo de acidosis ruminal.

Los silos, construcciones diseñadas para colocar el forraje para su fermentación, se pueden dividir en:

- Subterráneos (zanja o trinchera, cajón).
- Aéreos (torre, bunker, montón).
- Bolsas plásticas.

Figura 12.23. Silo de trinchera



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.24. Silo bunker



Fuente: Bernal, J. 2017

Figura 12.25. Elaboración de silos montón Figura 12.26. Silo montón



Fuente: Bernal, J. 2017

Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.27
Ensilado en fundas con equipo Silo Press



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Figura 12.28
Ensilado en fundas de 50 kg



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Los silos subterráneos son de tipo zanja o trinchera, o sea cavados en la tierra con las paredes inclinadas (cono truncado invertido) y lisas, de preferencia revestidas de cemento, el piso plano inclinado hacia la entrada del silo para facilitar el acceso para el llenado, la elaboración del ensilaje y luego la extracción y un canal para facilitar el drenaje de los jugos.

En fincas pequeñas, con pocos animales, se pueden utilizar recipientes plásticos con capacidades de hasta 200 litros que se llenan manualmente, suelen ser silos muy eficaces. Al usar las bolsas, estas se deben atar o sellar la boca, apilar las bolsas en forma piramidal sobre una plataforma firme de tierra o cemento y protegerlas con un cobertor.

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE UN SILO DE TRINCHERA

Las dimensiones del silo varían de acuerdo con las necesidades de la explotación. Para una ganadería mediana se aconseja que el silo tenga 2,5 m de profundidad, 3,0 m de ancho inferior o base, 4,0 m de ancho superior y un largo 3 veces el ancho medio. Un silo de estas dimensiones tendrá un volumen de: $2,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 87,5 \text{ m}^3$, y podrá almacenar $87,5 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 52500 \text{ kg} = 52,5 \text{ T}$ de forraje. Si se necesita mayor capacidad, antes que agrandar el tamaño se aconseja hacer varios silos, de igual tamaño. El piso debe ser ligeramente inclinado hacia la entrada para favorecer el drenaje.

Es recomendable revestir el silo con ladrillo, cemento o piedra, si esto no es posible, se puede usar polietileno, colocándolo de tal manera de que una parte cubra el piso y las otras cubran los costados, dejando enrollada la parte que sobra para cubrir luego la parte superior que es la más importante.

El cálculo de la capacidad y número de silos se halla, en base de los siguientes datos:

- Número de UB que se pretende alimentar.
- Consumo diario. (Una UB puede consumir 15 kg/día).
- Número de días que los animales se van a alimentar con ensilaje (depende de la duración del verano) teniendo en cuenta que es preferible que sobre un alimento antes que falte.
- El peso del ensilaje, varía en función de numerosos factores entre otros, clase de pasto o forraje, tamaño del picado, grado de apisonamiento, porcentaje de materia seca, contenido de grano, etc. Un m^3 de ensilaje pesa en promedio 600-650-750 kg.
- En el ensilado existen pérdidas en la cosecha, en el transporte del forraje, durante la elaboración, en la fermentación (pérdidas gaseosas

y acuosas) y desperdicio durante el consumo de los animales, por lo tanto se debe calcular un 20% de desperdicio. El desperdicio se puede calcular al hacer el Presupuesto de Alimentación (cuantos kg de MS necesito guardar, cuantas hectáreas necesita sembrar y que cultivo debo sembrar), ejemplo:

Retomando el ejemplo del Capítulo XI, Planificación de la Alimentación, en Suplementación para la Época Seca, donde había que alimentar con 7,5 kg MS, a 80 UB (600 kg/MS/día), durante 150 días con un total de 90 000 kg MS, para lo cual se necesitaban sembrar 11,7 ha de avena-vicia. El tamaño del silo o de los silos, deberá ser de las siguientes dimensiones:

El silaje tiene aproximadamente 30% MS, entonces:

En 100 kg de silaje hay 30 kg MS,

¿Cuantos kg de ensilaje tendré con 90 000 kg MS?

$$100 \times 90\,000 / 30 = 300\,000 \text{ kg de silaje fresco.}$$

Ahora bien, un m³ de silaje pesa aproximadamente 600 kg, entonces:

$$300\,000 / 600 = 500 \text{ m}^3 \text{ de tamaño del silo.}$$

Un prototipo de silo trinchera tiene las siguientes dimensiones:

3 m de ancho inferior, 4 m de ancho superior, 2,5 metros de alto y 10 m de largo:

$$(3 + 4) / 2 = 3,5 \times 2,5 \times 10 \text{ m de largo} = 8,75 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} = 87,5 \text{ m}^3, \\ \text{por lo tanto conviene construir:}$$

500 m³ total / 87,5 m³ cada silo = 5,7 silos; en términos prácticos son 6 silos de las dimensiones ya indicadas.

Para saber si el tamaño del silo está bien calculado, y en especial si el espesor de la capa que se debe sacar diariamente es el adecuado, procedemos a dividir el largo total de los silos (5,7 silos x 10 m de largo) = 57 m, para los 150 días de duración:

$$57 \text{ m} / 150 \text{ días} = 0,38 \text{ m} = 38 \text{ cm/día}$$

Este resultado indica que, para alimentar a los animales con las cantidades de ensilaje programadas, se deben sacar capas de 38 cm; el espesor mínimo

que se debe consumir cada día para evitar daños es 20 cm, esto significa que el diseño de los silos es el adecuado.

Además, podemos comprobar si con este corte de 38 cm se obtienen los 600 kg de materia seca para las 80 UB:

$$0,38 \text{ m} \times 8,75 \text{ m}^2 \text{ de sección del silo} = 3,325 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$3,325 \text{ m}^3/\text{día} \times 600 \text{ kg/m}^3 = 1\,995 \text{ kg de silaje}$$

1 995 kg de silaje x 30% de MS = 598,5 kg de MS, en términos prácticos 600 kg de MS que necesitamos.

Henolaje

Henolaje es un método de conservación, cuyo producto tiene características intermedias entre el heno y el ensilaje, se pueden utilizar pastos de corte y cultivos forrajeros de ciclo corto como la avena.

Principios del henolaje

Se requiere que la humedad de los pastos se encuentre en un 50% y de MS 50%, este porcentaje de humedad es necesario por que el henolaje requiere un proceso de fermentación similar al ensilaje para su conservación.

El proceso del henolaje requiere los mismos pasos de corte y segado del heno. El corte de pasto debe hacerse cuando comienza a espigar y los tréboles a florecer. La altura de corte recomendada es en general 8-10 cm a fin de evitar la contaminación (tierra, paja).

Lo ideal es segar y acondicionar el pasto, acondicionar significa comprimir el pasto para liberar el agua, rompiendo la capa de lignina, lo cual hace más asequible los azúcares a las bacterias productoras de ácido láctico y, luego producir una hilera esponjosa que reduzca el tiempo de secado al aire. Aprovechar tiempo soleado y seco, en ambiente húmedo y caluroso pueden desarrollarse mohos rápidamente.

Se deja premarchitar en el campo por 24-36 horas, hasta que el material tenga un 40-50% de materia seca. Por lo tanto debe buscarse que el secado sea rápido y eficaz. Al deshidratarse la planta se reduce o interrumpe el desarrollo de bacterias perjudiciales.

Por último se enfarda en rollos cilíndricos (el proceso no debe durar más de 3 horas) que finalmente se revisten con polietileno autoajustable. La lámina plástica es autoadhesiva, tiene protección para rayos UV a fin de ofrecer protección a la luz solar, es bastante elástica de tal manera que al recubrir los fardos se estira (como mínimo un 50%) y comprime el forraje. Emplear plástico de color blanco para que proporcione la máxima reflexión calorífica lo cual es importante cuando las pacas van a permanecer expuestas a la luz solar muy intensa y prolongadamente, mientras que al contrario, una película negra absorberá la mayor parte de calor y se conoce que todo aumento en la temperatura interior de la paca significa un aumento del nivel de ácido butírico a expensas del ácido láctico. En total se recubre con 4 a 6 capas (150 micrones de cobertura) dependiendo del tiempo que se piense guardar el producto (uso a mediano o a largo plazo); las capas se superponen el 50%, lográndose una hermetización total, de tal manera que en el interior no queda aire y tienen lugar las fermentaciones anaeróbicas propias del ensilaje.

Figura 12.29
Enfardadora



Fuente: Deere, 2018

Figura 12.30
Rotoempacadora de henolaje



Fuente: Deere, 2018

La dimensión de los fardos es 1,20 m de alto y 1,20 m de diámetro, y el peso de los fardos de este tamaño oscila entre 400-700 kg, según la densidad de materia seca (kg de MS/m^3).

Figura 12.31
Fardos de henolaje



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Almacenaje de los rollos

- Por el recubrimiento plástico y el tamaño de los fardos, se puede almacenar en sitios no convencionales, por ejemplo, en el costado de los mismos potreros, en caminos, patios, etc.
- Se puede transportar a cualquier lugar (otras fincas, o zonas del país), esto permite su comercialización.

El henolaje tiene algunas ventajas:

- Mayor valor nutritivo (energía, proteínas, materia seca) que el forraje fresco o el ensilaje.
- Debido a la fermentación, este forraje tiene mayor digestibilidad que el heno.
- Minimización de problemas por enfermedades intestinales.
- Reducción de laminitis.
- El pH del rúmen se mantiene estable.
- Es una metodología más flexible, permite conservar forraje conforme se producen excedentes en los potreros, no se necesitan grandes volúmenes como en el caso del ensilaje.
- Si no se cuenta con maquinaria propia, se puede rentar. Quienes tienen el equipo generalmente cobran por fardo elaborado o llegan a acuerdos con el propietario de la finca para repartirse los fardos “a medias” es decir 50% para cada uno.

Precauciones

- La mejor manera de almacenar los rollos a campo es apilándolos de a dos, sobre sus caras planas y lejos de los árboles.
- Necesidad de manejar los fardos con precaución, para no romper la cubierta plástica, por donde entraría aire y se deterioraría el producto.
- Revisar periódicamente las pacas y reparar sin tardanza cualquier desperfecto mediante parches de cinta adhesiva.
- Consumir rápidamente los rollos que presenten defectos en su envoltura o conservación.
- La protección UV de la película plástica, dura 12 meses.

Nota: La película de polietileno para recubrimiento de pacas es, de por sí material conservador del medio ambiente, con elevado contenido energético. Si se utiliza como biocombustible, en combustión controlada produce dióxido de carbono, agua y calor. En cambio, si por error se incinera con insuficiente oxígeno produce monóxido de carbono, que es un gas tóxico.

Cálculo de producción de henolaje

Para determinar el rendimiento nos podemos guiar por la metodología y el ejemplo que se propuso para el heno:

El rendimiento de forraje verde de un cultivo de avena forrajera es 45 000 kg/ha (45 t), si consideramos que este forraje tiene 28% de materia seca al momento de corte, entonces:

$$\begin{aligned} &\text{Si en 100 kg de avena hay 28 kg de materia seca} \\ &\text{En 45 000 kg de avena habrá X de materia seca} \\ &= 45\,000 \times 28 / 100 = 12\,600 \text{ kg de materia seca/ha} \end{aligned}$$

El henolaje tiene aproximadamente 50% de materia seca, por lo tanto:

$$\begin{aligned} &\text{Si en 100 kg de henolaje hay 50 kg de materia seca} \\ &\text{X kg de henolaje tendré con 12 600 kg de materia seca} \\ &= 100 \times 12\,600 / 50 = 25\,200 \text{ kg de henolaje/ha} \end{aligned}$$

Si los fardos tienen un peso promedio de 700 kg, el rendimiento o producción por ha, es:

$$= 25\,200 / 700 = 36 \text{ fardos}$$

Cálculo de consumo de henolaje

Si una unidad bovina tiene 500 kg de peso vivo, y el consumo de materia seca es aproximadamente el 3% del peso, entonces necesitará $(3 \times 500 / 100) = 15$ kg de materia seca por día. El consumo de henolaje en consecuencia será:

$$\begin{aligned} &\text{Si en 100 kg de henolaje hay 50 kg de materia seca en} \\ &\text{X kg de henolaje habrá 15 kg de materia seca?} \\ &= 100 \times 15 / 50 = 30 \text{ kg de henolaje /UB/ día.} \end{aligned}$$

CAPÍTULO XIII

Producción de semilla de pastos

Disponibilidad de semilla

Las semillas que se emplean para el establecimiento de pasturas en la sierra ecuatoriana son en su gran mayoría provenientes de la importación de USA, Nueva Zelandia y otros países, las semillas de pastos tropicales provienen principalmente de Colombia, Brasil y Australia.

No existen en el país sistemas oficiales de autorización de venta de semillas de pastos basados en pruebas de campo, las semillas que se emplean son aquellas que las empresas comerciales deciden importar. Por estrategia de venta, las variedades importadas cambian con mucha frecuencia y de acuerdo al criterio de los importadores (Paladines, 2010).

Muchas veces estas semillas no se adaptan convenientemente en nuestro país, de allí que es importante multiplicar semillas de variedades ya probadas. La propagación de pastos es un tema poco tratado, sin embargo de su gran importancia técnica y económica, por tal motivo, a continuación se expone de manera sintética los principales aspectos que se deben tener en cuenta para producir semillas de pastos de clima frío.

En el año 2009 según SICA/MAG existían once proveedores de semilla en Quito, con un total de 57 variedades de gramíneas y leguminosas. El país de origen principal fue USA con un 75% del total importado, seguido por N. Zelanda 21% y Europa 4%.

Las únicas semillas producidas localmente son las de raigrás anual Pi-chincha, la avena INIAP 82 y la alfalfa variedad nacional (en forma artesanal).

Generalidades

Según Ruiz (1976), la tecnología para producir semillas de especies forrajeras, tiene el siguiente basamento técnico:

La simiente (semilla madre) debe ser de calidad, con elevada pureza varietal, pureza física y alto porcentaje de germinación.

El mejor sistema de siembra es en líneas o surcos ya que permite un mejor control de malezas, menores densidades de siembra, aprovechamiento de pequeñas cantidades de semilla certificada, facilidad de irrigación, obtener semilla más limpia y elevados rendimientos.

Los lotes de producción de semilla deben tener un aislamiento adecuado, 80-100 metros.

La época apropiada para producir semilla es aquella en la que hay lluvias o riego suficiente para la siembra y el período de crecimiento; sin precipitación y con mucho sol durante la floración y maduración. En pastos de la sierra, las épocas ideales son: siembra enero-febrero, cosecha julio-agosto.

Importancia del clima y del suelo en la producción de semilla

La mejor área para la producción de semilla, según el INIAP (1989) debe reunir las siguientes características climáticas.

- Brillo solar la mayor parte del día.
- Humedad ambiental baja.
- Épocas de lluvia y seca bien definida.
- Temperaturas entre 17 y 30 grados.
- Disponibilidad de riego.
- Suelos sueltos, drenados y fértiles.
- Tabla de agua en el subsuelo, no muy cercana a la zona radicular.
- En la región interandina valles secos y bajos como Chota y Guayllabamba; en el litoral valle de Portoviejo y la Península de Santa Elena.

Sistemas de producción de semilla

La semilla puede obtenerse de dos maneras:

Sistema tradicional

La recolección se lo efectúa en forma manual, seleccionando un sector dentro del pastizal, la cosecha consiste en cortar los tallos florales con una hoz y

formar montones para luego transportarlos a cobertizos para protegerlos de la lluvia. Si la época seca esta definida, los montones pueden quedar en el campo.

Figura 13.1
Recolección manual de semilla



Fuente: León, R. 2018

Después de una semana se procede a desgranar los tallos golpeándolos con un palo y sobre una lona. Una vez limpia y recolectada la semilla se la expone al sol durante 2 o 3 días para conseguir un mejor secado.

Los pastos que se pueden cosechar bajo este sistema en zonas tropicales: saboya (*Panicum maximum*), buffel (*Cenchrus ciliaris*), *Setaria splendida* y Nandi, Rhodes (*Chloris gayana*), *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria ruziziensis*. Fergusson, J. 1978; también el falaris (*Phalaris* sp). En zonas de clima frío: raigrás (*Lolium* sp), holco (*Holcus* sp), pasto azul (*Dactylis* sp) y avena (*Avena sativa*).

La semilla obtenida por este método, tiene una alta cantidad de material inerte y con una baja proporción de semilla pura.

Sistema tecnificado

Según el INIAP (1989), los lotes sembrados bajo este sistema no forman parte del área de pastizales para pastoreo; el objetivo principal es la producción de semilla, aunque eventualmente pueden ser utilizados para conservación de forraje.

En este sistema se aplican todas las labores agronómicas que se realizan en la obtención de semillas de cultivos anuales, tales como sorgo, maíz, etc.

La cosecha se la realiza en forma mecánica usando combinadas convencionales graduadas al tamaño de la semilla y el proceso concluye con un buen procesamiento y almacenaje en lugares apropiados con control de temperatura.

Producción de semilla de pastos de clima frío

Producción de semillas de gramíneas

Las densidades de siembra para producción de semilla son más bajas que para la producción de forraje, 10-15 kg en especies perennes (raigrás perenne) y 15-20 kg en especies anuales (raigrás anual).

La fertilización se debe efectuar en base al análisis del suelo, en bandas. La dosis total de fósforo y potasio y un tercio del nitrógeno al momento de la siembra; segundo tercio del nitrógeno a los 60 días y tercer tercio de nitrógeno a los 90 días (1 saco de urea cada vez).

Se recomienda un corte de igualación a los 60 días para controlar malezas anuales y poder fertilizar en bandas. Si fuere necesario, control químico de malezas (ver detalles en el Capítulo VII, Manejo de Pasturas). El corte incrementa el macollaje y como consecuencia la producción en un 20%.

La cosecha debe ser oportuna, cuando la semilla esté fisiológicamente madura (estado de “masa”) antes que haya pérdidas por desgrane.

Producción de semilla de leguminosas

En leguminosas es necesario tener en cuenta que el crecimiento es indeterminado a causa de las yemas terminales y axiales que continúan creciendo independientemente de la floración y semillación. Cuando en las partes bajas hay semilla madura, en la parte apical continúan formándose inflorescencias. En algunas especies se abren y expulsan las semillas.

La semilla deber ser inoculada. En el caso de la:

ALFALFA

- La distancia de siembra es 60 cm.
- Cantidad de semilla, 10-15 kg.
- Fertilización, según el análisis del suelo, especialmente con P, K y Ca. Aplicar 4 qq de yeso/ha, N complementario a los 45 y 90 días (0,5 saco de urea, cada vez).

- El alfalfar para producir semilla debe ser bien cultivado y haber recibido por lo menos 3-4 cortes.
- Un régimen adecuado de riegos es fundamental, regar con intervalos de 7 días. Un exceso de H₂O reduce el contenido de azúcar en el néctar de las flores, haciéndolas menos atractivas a los insectos polinizadores.
- La polinización cruzada es indispensable, instalar 3, 6 y 12 colmenas/ha según el avance de la floración.
- La cosecha se efectuará cuando las vainas han tomado un color café claro. A la madurez absoluta se produce desgrane y pérdida de semilla.
- Para uniformar y facilitar la cosecha, puede aplicarse un desecante químico como Diquat (Reglone).

VICIA

- Siembra al voleo 60 kg/ha, o en surcos distanciados 50 cm depositando la semilla a “chorro continuo” 30 kg/ha.
- Cosechar cuando las vainas tomen un color café claro, antes de que se desgrane.

TRÉBOL ROJO

- Siembra en líneas 8 kg/ha, al voleo 15 kg/ha.
- El trébol rojo necesita más humedad que la alfalfa para mantener su crecimiento vigoroso y cuajado de semilla.
- Dar un corte antes de dejar el cultivo para la floración y semillación.
- A la floración colocar 4 colmenas por hectárea.

Producción de semilla de pastos de clima tropical

La renovación y siembra de nuevas áreas de pastizales en el litoral ecuatoriano es un proceso lento debido a la falta de un organismo dedicado a la producción de semilla de pastos tropicales.

La esterilidad y baja viabilidad de la semilla de algunas especies forrajeras de alta producción como en el caso de pasto elefante y estrella, son factores que igualmente han contribuido a una expansión lenta en las ganaderías de la costa.

Producción de semilla de gramíneas

SIEMBRA

Se inicia con la preparación del suelo, ya sea que el establecimiento se lo realice con material vegetativo o semilla, es conveniente arar y pasar dos veces

la rastra, para lograr una buena cama de siembra con suelo suelto y mullido, en terrenos con pendientes donde no es posible usar maquinaria, la preparación se limita a las labores de socla quema y despalizada.

Cuando la siembra se realiza con material vegetativo, lo conveniente es establecer un semillero al inicio de la época lluviosa, en un terreno limpio, libre de sombra, de fácil acceso, a una distancia de siembra de 50 x 50. Una hectárea de semillero produce a los 4 a 5 meses de establecido, material suficiente para sembrar de 10 a 15 hectáreas.

En las siembras de las cepas al lugar definitivo se pueden plantar entre 6 a 10 plantas por metro cuadrado (1 m entre surcos y 0.30 m entre plantas).

CONTROL DE MALEZAS

Durante el establecimiento de las gramíneas (saboya), generalmente las malezas de hoja ancha pueden ser controladas a partir de 30 días después de la siembra, usando Aminapac (2-4 D amina) en dosis de 1,5 l/ha.

FERTILIZACIÓN

El análisis químico de la fertilidad del suelo deberá ser la guía para aplicar la fertilización adecuada.

PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA

La semilla cosechada, manual o mecánicamente, necesita procesarse, con la finalidad de eliminar impurezas como: malas hierbas, semillas sin madurar, etc. El proceso implica las siguientes operaciones:

- Pre limpieza. Se la realiza con una zaranda de malla y consiste en separar la semilla de pedazos de hojarasca, tallos, etc.
- Limpieza. Se lleva a cabo con una maquina limpiadora por corriente de aire, se limpia impurezas de poco peso que tengan anchura y espesor mayor o menor a semilla.
- Selección. Comprende la clasificación de la semilla por longitud, anchura, espesor y densidad, existen dos tipos de seleccionadoras de cilindro dentado y de disco.
- Empacado de la semilla. Para facilitar el manipuleo y asegurar una mejor protección durante su almacenamiento, se envasa en sacos de yute, limo, algodón o papel, debe llevar su nombre común y científico, fecha de cosecha, % de germinación, y una etiqueta adjunta.

Producción de semilla de leguminosas

El INIAP, indica que en el litoral es posible obtener semillas de leguminosas tropicales tales como centrosema, siratro, soya, leucaena, etc., con la siguiente tecnología:

Figura 13.2
Producción de semilla de centrosema, en espaldera



Fuente: León, R. 1990

DISTANCIAS DE SIEMBRA

Una proporción de 4-10 plantas por metro cuadrado es una adecuada población para producir semillas de leguminosas. Esta cantidad de plantas se logra sembrando a chorro continuo de 4-6 kg de semilla, en hileras de un metro de ancho.

CONTROL DE MALEZAS

Pueden ser controladas en forma manual (machete) o con productos químicos: 3 L de Lazo + 1 kg de Afalón o Lorox (linurón) / 200 L de agua; el linurón puede sustituirse por diurón. Las malezas que escapan a la acción de los herbicidas, deben ser controladas manualmente.

CONTROL DE PLAGAS

Entre las principales plagas que atacan están: arañas, trips, tostadores de la hoja, que se controlan aplicando 300 cc/200 L de agua/ha de metasistox al 25% o dimetoato al 40%. También mariquitas, para las que se aplica 400 g de acephate al 97,4%. Procurar rotar los productos par evitar el desarrollo de resistencia.

FERTILIZACIÓN

Se sugiere aplicar 2 sacos de superfosfato simple (21% P_2O_5) a la siembra y la mitad de un saco de urea (46% N) por hectárea a la primera deshierba, o a los 30 días de germinado el cultivo.

COSECHA

La semilla de leguminosa está para cosecharse una vez que las vainas se han secado y toman una coloración café. Sin embargo, algunas de estas especies forman vainas que se abren fácilmente (dehiscentes) al secarse por el sol, de ahí que es conveniente adelantar la cosecha. La cosecha puede realizarse en forma manual en las especies trepadoras como centrosema, siratro y puera-ria, tuteladas con caña y, en forma mecanizada en leguminosas como soya y centrosema.

PROCESAMIENTO Y SECADO

La semilla cosechada a mano y especialmente a máquina debe procesarse con la finalidad de eliminar impurezas. El secado es la operación que consiste en reducir el contenido de humedad de la semilla a un 12% o menos, en el caso de semillas cosechadas por máquina deben secarse durante 48 horas en la sombra para que prosiga la maduración completa de la semilla, si por la cantidad de humedad se considera que hay la necesidad de exponer directamente al sol, no se debe exceder de 24 horas, luego de lo cual se debe continuar el secado a la sombra.

Antes de almacenar la semilla debe ser tratada con productos químicos (insecticidas-fungicidas) para protegerla de insectos y patógenos.

REGULADORES DE CRECIMIENTO

La aplicación de productos químicos tales como Ethrel (ethephon), Cycocel (chlormequat), Tiba (ácido triiodobenzoico), 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) en bajas dosis, por diversos mecanismos según el ingrediente activo de cada producto, ejercen acción reguladora sobre el crecimiento, detienen el desarrollo de guías y hojas, estimulan mayormente la fructificación y uniformizan la maduración de vainas y semillas.

Con parte del mejoramiento de la calidad de vida del hombre, existe una mayor necesidad de contar con áreas verdes que sirvan para descanso, recreación, ornato, espacio vital, conservación del suelo y a la vez de pulmones para purificación del aire.

Para todos estos propósitos, los céspedes cumplen un papel utilitario y ornamental excepcional, en canchas deportivas y espacios verdes, públicos y privados; solos o en combinación con árboles.

Figura 14.1
Parque con espacios verdes



Las especies utilizadas para formar céspedes, deben tener las siguientes características:

- Tamaño bajo, semi-rastrero o rastrero.
- Sistema radicular fuerte que evite el arrancamiento.
- Densa y continua cobertura vegetal.
- Estética, sobre todo para los céspedes ornamentales; depende de la finura de las hojas, el color y la densidad del tapiz.
- Resistencia al pisoteo severo y al corte continuo, importante en un césped destinado a terrenos deportivos, hipódromos, etc.
- Persistencia, depende de numerosos factores como la resistencia a diferentes tipos de estrés y la adaptación a condiciones ambientales cambiantes.
- Economía de mantenimiento, gracias a un crecimiento lento, resistencia a enfermedades, poca exigencia de agua y en clima frío resistencia a heladas.

Para formar céspedes se usan mezclas de gramíneas, la elección de las especies debe efectuarse en función de la utilización prevista, entre los principales usos tenemos:

Áreas verdes: condominios, casas, hoteles, áreas turísticas, centros comerciales. Para céspedes ornamentales de estos lugares generalmente de poco pisoteo, son recomendables las mezclas de raigrás inglés de nueva generación, más finas y de crecimiento lento. En clima tropical funciona bien el césped japonés o el maní forrajero.

Zonas deportivas: fútbol y béisbol. Para terrenos deportivos, sometidos a pisoteo severo, hay que tener muy en cuenta las festucas sumamente resistentes al pisoteo y las poas así como las variedades más resistentes de raigrás inglés. En la formación del césped, debe primar la festuca alta y la poa de los prados que se implantan más lentamente que el raigrás inglés, el cual, debido a su rápida instalación, podremos utilizar en labores de resiembra. En clima tropical se utiliza el pasto San Agustín o al pasto Bermuda.

Jardines domésticos. Para jardines familiares y domésticos, generalmente sometidos a mayor intensidad de pisoteo, se usarán las mismas especies que para zonas deportivas y, además de éstas, podemos utilizar la festuca roja. También está indicada la festuca alta, dado que su resistencia al pisoteo es extraordinaria. El porcentaje de semilla a utilizar de esta última deberá ser alto, para guardar la homogeneidad del césped. Tanto en jardines domésticos como

en grandes áreas verdes, y además de los criterios mencionados, hay que tener en cuenta la zona climática donde está situado el jardín, dado que en clima cálido es aconsejable utilizar Bermuda, pasto Bahía, pasto San Agustín, kikuyo o, maní forrajero.

Canchas especiales: golf, tenis, croquet, etc. La elección de las semillas adecuadas para sembrar un campo de golf vendrá siempre marcada, además de la situación geográfica del mismo, por las diferentes zonas que componen el campo, las cuales presentarán necesidades distintas. Así, en los “tees” o salidas, sometidos a constante pisoteo y arranque, se primará la utilización de la poa de los prados y el raigrás inglés resistente al pisoteo. En los “fairways” o recorridos, tratándose de grandes superficies, habrá que buscar especies de poco mantenimiento como festuca roja y festuca ovina. Asimismo, podemos usar poas de los prados, agrostis (*Agrostis tenuis*) y raigrás inglés. Para los “greens”, generalmente se usa el *Agrostis stolonífera*, principalmente por su tolerancia a las siegas a ras. Para zonas frías y de altitud, pueden usarse festucas cespitosas, semirrastreras y *Agrostis tenuis*. En cuanto a los “roughs” o bordes, con frecuencia se mantiene la vegetación natural y algunas veces, para facilitar el mantenimiento, se emplean gramíneas de crecimiento lento. En clima tropical seco se utiliza Bermuda por su finura, resistencia a la sequía y al pisoteo.

Breve descripción de las especies más utilizadas

Especies de clima frío

Figura 14.2
Césped de raigrás



Fuente: Gutiérrez, F. 2017

Es conveniente hacer mezclas de especies a fin de que resistan mejor las condiciones climáticas, las plagas y enfermedades, las condiciones de uso y el manejo. De cada especie existen numerosas variedades, en el país solamente se cuenta con pocas mezclas comerciales que importan las casas comerciales. Las principales especies son:

- Pasto azul de Kentucky (*Poa pratensis*). No es adecuado para áreas sombreadas. Es susceptible a enfermedades.
- Raigrases perennes (*Lolium* sp.). Son de gran macollamiento, hojas de poca fibra que permiten un corte limpio, sin mostrar desgarramiento; Buena resistencia a enfermedades. Después de la siembra, se debe cortar a las 3 semanas para evitar la sombra y favorecer el macollamiento, se considera establecido a las 6 semanas. No es muy tolerante a la sombra ni a la alcalinidad. No debe cortarse a menos de 18-25 mm caso contrario su persistencia se afecta.
- Festucas (*Festuca* sp.). La festuca alta (*Festuca arundinacea*) es una especie muy rústica y soporta el pisoteo intenso. Festuca de los prados (*Festuca pratensis*) tiene cualidades similares de adaptación pero de porte más bajo. La festuca roja (*F. rubra*) tiene buena capacidad de macollamiento, producen bien en condiciones de sombra y soportan un uso fuerte en áreas deportivas; además su coloración da una apariencia particular a las canchas, pueden sembrarse por líneas para tener el efecto de “rayado”. La festuca ovina (*F. ovina*) es de porte bajo y resiste el frío y la sequía.
- Agrostis (*Agrostis stolonifera*). Utilizada en céspedes de alto cuidado como golf, tenis.
- Pasto trigo (*Agropyron smithii*). Adecuado para autopistas, parques, taludes de tierra pobre; resiste la sequía y la alcalinidad. Sobrevive con poca fertilización e irrigación.
- Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En la región interandina del país es la especie más utilizada para céspedes. Reconocido por su agresividad y por formar césped muy denso. Se establece y se repara por tepes o chambas cuadradas de césped. Resiste el uso y es de fácil mantenimiento, requiere de cortes bajos y frecuentes y, cortes en los bordes para evitar la invasión a lugares no deseados. La fertilización debe ser limitada y se debe romper el colchón de vez en cuando, para favorecer la penetración de aire y agua.

- Coronilla (*Coronilla varia*). Leguminosa perenne, provista de rizomas, tallos rastreros, numerosas hojas, flores rosadas en umbelas axilares, muy vistosa. Útil para áreas ornamentales, parques o jardines.
- Mezclas decorativas: para parques jardines, campos de golf y canchas deportivas. Ej. Lawn grass (mezcla decorativa), densidad 270 kg/ha. Arena, 1 kg. para 15 m².

Especies de clima cálido

Figura 14.3
Césped de bermuda



Fuente: León, R. 2017

Pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*). Produce un césped de hojas finas y pequeñas, porte bajo. No se desarrolla bien en áreas sombreadas. Se adapta a zonas secas donde inclusive crece como “maleza” espontánea. no necesita un cuidado especial, se instala en toda clase de suelos y aguanta el pisoteo, además tiene muchos estolones por lo que su poder de cubrición es grande. Densidad de siembra 140 kg/ha. Duración 5-6 años.

Césped japonés (*Zoysia japonica*, *Z. matrella*). Mejor en zonas secas con suelos drenados. Se reproduce mejor vegetativamente. Césped pequeño (menudo), de hojas muy finas, erectas y firmes, adecuado para áreas pequeñas. Tolera la sombra intermedia. Resistente a enfermedades, tolerante a herbicidas como la atrazina.

San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*). Tolera acidez y salinidad. Clima húmedo. Es el césped que más se adapta a zonas sombreadas. Crecimiento estolonífero, propagación vegetativa. Hojas anchas. Muy exigente en microelementos. Se usa en céspedes pero no en canchas deportivas de fuerte uso.

Gramma misionera (*Axonopus compressus*). Perenne, porte bajo, tallos rep-
tantes en todas direcciones, achatados, ocupan todo el terreno en poco tiempo.
Gran resistencia al pisoteo, corte, fuego, seca, humedad excesiva. Se adapta a
todo tipo de suelos. Se siembra por mudas a 60-70 cm unas de otras.

Pasto Bahía, Pasto horqueta (*Paspalum notatum*). Es el mejor césped, para
climas tropicales y subtropicales húmedos, suelos ácidos. Se extiende mediante
estolones cortos y gruesos y rizomas superficiales. Se presta para establecer por
cespedones. Las hojas anchas y de buen aspecto, permiten un corte limpio, gran
cantidad de hojas cerca de la base. La variedad más utilizada el Pensacola.

Maní forrajero (*Arachis pintoi*). Leguminosa muy utilizada en la actuali-
dad, para cubrir espacios ornamentales, taludes, cunetas de caminos, etc.; muy
vistosa, flores amarillas. Clima húmedo, resiste la sequía. Muy persistente, se
propaga fácilmente por material vegetativo o por semilla.

Establecimiento y manejo de céspedes

Preparación del terreno

LABORES PREVIAS A LA SIEMBRA

En áreas recreacionales es fundamental el diseño (arquitectura de par-
ques y jardines), para de acuerdo con ello nivelar el suelo, diseñar las áreas,
seleccionar el tipo de césped y otras plantas ornamentales.

En los céspedes y especialmente en las canchas deportivas es fundamen-
tal planificar dos aspectos: drenaje y riego.

El drenaje debe ser diseñado con ayuda de la ingeniería, debe tener la su-
ficiente capacidad para evacuar el exceso de agua proveniente de la lluvia, casi
de inmediato. Los canales generalmente se disponen en “espina de pescado”
es decir con canales secundarios y principales; estos drenajes pueden confor-
marse mediante la apertura de canales y posterior relleno de piedra grande en
la base, luego piedra mediana, piedra pequeña y ripio cerca de la superficie y
finalmente arena; pueden también colocarse tubos de cemento o PVC perfor-
rados como flautas.

El riego, igualmente es de suma importancia para mantener el césped
siempre verde, por lo que se debe asegurar una buena fuente o reserva de agua
y, planificarse todo el sistema de riego, mejor si incluye bomba, tubo vénturi

para aplicar fertilizantes líquidos, y controlador automático con tensiómetros y “timer”. Si no hay lluvias, el riego debe darse cada 3 días.

El suelo en el que va a sembrar césped, debe estar bien nivelado y aireado, deben eliminarse las piedras, tocones y raíces de árboles y malas hierbas preexistentes, si es necesario debería subsolarse previamente. Las labores de preparación serán diferentes, así por ejemplo si se va a sembrar con semilla, es necesario un trabajo más esmerado y desinfectar el suelo con Vitavax, que cuando se utiliza tepes o cespedones (chambas), solamente se requiere que el suelo esté nivelado. Se debe recordar que, un césped que desarrolle un buen sistema radicular, soportará mejores condiciones adversas de uso, de clima, de plagas, etc.

Las condiciones físicas del suelo tiene que revisarse, para de ser necesario, incrementar aquellos elementos que mejoran la infiltración (arena, pomina, cáscara de arroz); por el contrario la necesidad puede ser mejorar la capacidad de retención de agua, para lo cual se adiciona al suelo materia orgánica (compost, zeolita); también productos sintéticos como el hidrogel que absorbe el agua cientos de veces su peso y la proporciona paulatinamente a las raíces o, polímeros sintéticos en forma granulada que pueden absorber y ceder agua repetidamente.

En ocasiones es necesario desmenuzar los terrones a fin proporcionar un lecho de siembra que permita un crecimiento uniforme del césped, libre de agujeros y de prominencias.

En suelos sueltos es necesario consolidar el suelo con el pase de un rodillo, con ello se consigue una capa de siembra firme de 3-5 cm.

En suelos que están infestados de malezas que han sembrado, se aconseja un barbecho (dejar el terreno sin cultivar todo el verano, rastrillándolo cada mes, de esta manera se eliminan las malas hierbas que van saliendo) su objetivo es acabar con las semillas latentes de las malas hierbas que podrían germinar y causar problemas en el futuro césped.

Siembra

Abonado del suelo. Una semana antes de la siembra se aconseja abonar el suelo con un fertilizante que favorezca la implantación vigorosa y rápida del césped. Previamente se debe hacer el análisis de suelo.

Siembra con semilla de buen calidad, en densidades apropiadas: 50-100 g/m² para especies de semilla muy pequeña como los *Agrostis* sp.; 100 g/m² para semillas intermedias como las *Poas* sp.; 150 g/m² para semillas un poco más grandes como

la *Festuca* sp. y 200 g/m² para semillas grandes como los raigrass. Para conseguir una cobertura vigorosa, no es necesario densidades altas sino manejar bien la técnica de siembra y la fertilidad, ideal si se lo hace a máquina.

Para mejorar el establecimiento, es útil el empleo de bioestimulantes orgánicos (a base de humus, leonardita, ácidos orgánicos, macroelementos, microelementos, etc) que acondicionan el suelo, promueven el desarrollo radicular, mejoran el vigor de las plantas, aumentan la resistencia a las enfermedades, etc.

Cuidado de las plántulas. Las plántulas aparecerán a los 7-21 días de la siembra. Se realizarán riegos suaves durante la germinación. Cuando la hierba tenga una altura de 5-8 cm, se eliminarán los restos de piedras y la hojarasca caída mediante un rastrillo de púas finas. Más tarde se dará una siega superficial y muy suave. Las malezas se eliminan manualmente, con mucho cuidado, halando las malezas con una mano, pero sosteniendo con la otra el suelo del contorno para evitar sacar las plántulas de césped.

Colocación de tepes

El tepe es un césped natural de alta calidad cultivado en origen hasta un estado completo de madurez, momento en el que es extraído formando rollos (o en placas de 1 m² de superficie) con 1,5-2 cm de sustrato, para facilitar su enrollado y garantizar el perfecto enraizamiento posterior; de esta manera son transportados y posteriormente trasplantados en el sitio definitivo.

El tepe ofrece ventajas frente al modo tradicional de siembra y crecimiento del césped; siendo sus ventajas más evidentes:

- Menor plazo de entrega de las obras.
- Uso inmediato.
- Menores riesgos de enfermedades, malas hierbas y falta de uniformidad en la nacencia.
- Instalación de praderas todo el año.

Sin embargo, la colocación de las planchas de tepe es más cara que sembrar semillas.

Labores de mantenimiento

- Primer corte a los 60 días de la germinación. Segundo corte a los 30-40 días.

- En lo posterior, se recomienda segar con frecuencia, pero no demasiado frecuentemente. De esta forma se evita un desarrollo foliar excesivo, se disminuye la pérdida de fertilizantes y se reduce la amenaza de malas hierbas, lombrices y gramíneas gruesas. En la práctica de la siega conviene alterar el sentido y la dirección del corte, para evitar el encamado de la hierba.
- Es recomendable realizar un programa de cortes sistemáticos y cortar siempre a la misma altura y que la parte cortada sea, como máximo, 1/3 de la altura total de la hoja. El mantenimiento debe ser permanente, para garantizar la duración del césped, su aspecto y aptitud para la utilización.
- La frecuencia de corte depende del tipo de césped depende de la especie, del riego, de la fertilización, de los factores climáticos y del uso se le esté dando: en canchas de golf durante los torneos se cortan diariamente (5 días a la semana) a una altura aproximada de 0,3 cm; campos de atletismo pueden cortarse dos veces a la semana; en parques, áreas de recreación, un corte a la semana es normal. Otra norma es, en época de lluvias cortar dos veces por semana, en época seca una vez por semana.
- Luego del corte se debe rastrillar con escobas metálicas las hojas cortadas y partes muertas de las plantas.
- Cuando el corte es pequeño y las hojas son finas, puede no recogerse y dejar que se descompongan; las lombrices de tierra aceleran la descomposición e incorporación al suelo la materia orgánica, de esta manera se favorece el reciclaje de nutrientes y se fertiliza con menor frecuencia; sin embargo esta situación debe balancearse pues, si se deja con frecuencia residuo se puede estar impidiendo el normal desarrollo de hojas nuevas y de raíces.
- Compactación. Se considera que el aplastamiento del suelo a causa del tránsito normal alcanza una profundidad de 6 a 7 cm. Las partículas del suelo se unen eliminando el aire, y con él el oxígeno, con lo cual las raíces no respiran. Además si contamos con un suelo pesado, se hace aún más impermeable al paso del agua y los encharcamientos pudren las raíces, como resultado, cesa el crecimiento de la planta, aparecen manchas pardas irregulares y las enfermedades se instalan en el césped, perdiendo su buen aspecto. Para corregir este problema se aconsejan dos labores: i) El *escarificado*, esta labor se realiza con la ayuda de un escarificador (aireador), hay de varios tipos, los que están provisto de cinceles, cuchillas o discos giratorios, que cortan el suelo en sentido vertical. Es una operación superficial de mantenimiento que produce el corte y disgregación de las raíces superficiales, impide una compactación del suelo y facilita la circulación de aire y agua a través del perfil del suelo y mejora de la acti-

vidad biológica en la capa superficial del suelo, donde se encuentran los restos vegetales en descomposición y el acceso de los abonos al sistema radicular de las plantas, además, estimula el ahijamiento de las plantas y el rejuvenecimiento de la pradera. Este tratamiento suele efectuarse principalmente en suelos pesados, dos veces al año, al inicio de y poco antes que se terminen las lluvias, cuando la planta está en fase de crecimiento, evitando épocas de elevadas temperaturas o de excesiva humedad en el suelo. ii) El *punzado*, consiste en perforar (punzar) el suelo con pinchos o con una horquilla, a fin de dejar el suelo agujereado o lleno de hendiduras para que el aire y el agua puedan penetrar en el mismo; es conveniente punzarlo hasta una profundidad de 8 a 10 cm este trabajo puede hacerse con una horquilla construida para ese propósito, o si el terreno es de grandes proporciones, con rodillo de púas.

- En el comercio existen máquinas con motor eléctrico o a gasolina, que realizan los dos trabajos de forma simultánea es decir escarifican y airean con un sistema de cuchillas y púas, a su vez recogen en un saco el material generado.
- La fertilización de mantenimiento, debe ser balanceada. El nitrógeno mantiene un buen crecimiento y coloración del césped, pero debe utilizarse mezclado con todos los otros macro y microelementos. La relación más empleada es 4-1-4 hasta 10-1-10.
- Cuando se dejan descomponer las hojas las dosis de fertilizante pueden ser de 75-100 kg/ha/año de N y K_2O y, 10-15 kg/ha/año de P_2O_5 ; si no se dejan descomponer las hojas, se debe aumentar la cantidad de fertilizante en un 30%. La cantidad de fertilizante está en relación a la intensidad de los cortes, por lo que las cantidades indicadas anteriormente pueden ser incrementadas, en todo caso las aplicaciones deben ser en dosis pequeñas y frecuentes, por ejemplo 5-10 kg de N después de cada corte y de igual manera los demás nutrimentos.
- Se puede fertilizar con el riego, empleando fertilizantes solubles. De los fertilizantes comunes, se pueden aplicar con este método urea, nitrato de amonio, nitrato de potasio, muriato de potasa, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, en concentraciones del 2,5% sin causar ningún daño al césped. Generalmente se fertiirriga durante 20-25 minutos y después se aplica agua sola por igual período de tiempo.
- También se pueden hacer aplicaciones foliares con fertilizantes quelatados, la composición debe ser lo más parecida a la de la hoja, aproximadamente 7-1-7 y con un pH cercano a 5,0.

- La cal puede aplicarse según el análisis del suelo, para suelos con pH 5.5 un kilogramo por mes por cada 100 m².
- Si el suelo es salino, se puede aplicar yeso o flor de azufre en dosis de 50 kg/100 m² por año.
- Las malezas se controlan con los mismos herbicidas utilizados en pasturas: Malezas de hoja ancha pueden controlarse con 2,4-D, MCPA. Malezas de hoja angosta con glifosato, fluazifop-p-butil. Ciperáceas con productos selectivos como halosulfuron o imazaquin. En los céspedes de gramíneas de clima frío los tréboles se pueden eliminar con herbicidas de hoja ancha o aplicando nitrógeno.
- El rulado, consiste en el paso de un rulo o rodillo de tamaño y peso muy limitado (menor de 200 kg), a fin de igualar las irregularidades producidas por el pisoteo del terreno. En esta labor es importante evitar la compactación del terreno.
- Resiembras, consiste en sembrar de nuevo las zonas de la superficie que presentan una baja o nula densidad de césped. En otros casos, cuando se quiere cambiar el porcentaje de especies que forman la cubierta vegetal, tras un escarificado se realiza una siembra con la semilla de la nueva especie elegida. Después de realizar la resiembra, la semilla se recubre con una capa fina de arena mezclada con una enmienda orgánica, permite obtener una mayor cantidad de agua retenida en la parte superficial de la capa de enraizamiento para ayudar a la germinación y nacencia de las semillas resembradas.
- Cuando sea necesario corregir el tipo de suelo, en cuanto a hacerlo más poroso, se recomienda incorporar arena fina y, a continuación realizar la labor de subsolado, la arena prácticamente desaparece de la superficie, debido a las vibraciones que producen las cuchillas, incorporándose al interior del suelo.
- Enfermedades

Por las heridas abiertas con el corte continuo, y por el riego frecuente, los céspedes son susceptibles a enfermedades tales como antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), mancha café (*Rhizoctonia solani*) y, mancha de dólar (*Sclerotinia homoeocarpa*), estas enfermedades pueden controlarse con la aplicación de fungicidas del tipo benzimidazole (Benomil, carbendazim, metil tiofanato, tiabendazol, fuberidazol) aplicados en la zona de las raíces.

El damping-off (*Pythium* y *Fusarium*), como es conocido, se controla desinfectando el suelo, o aplicando fungicidas cada 3-4 días hasta que las plántulas estén bien establecidas.

Otras enfermedades como la mancha foliar (*Helmintosporium* sp.) se controlan con funguicidas sistémicos y, con fertilización baja en nitrógeno, alta en potasio.

En el manejo de plagas y otros problemas se pueden aplicar principios indicados para el manejo de pasturas.

Bibliografía

- Aedo, N. (2012). *Morfología de una gramínea y leguminosa típica*. Vol. 1. INIA (Ed.) (<https://goo.gl/26Naf5>).
- Agnusdei, M. (2009). *Ecofisiología aplicada a pasturas*. Unidad 1, Crecimiento de forraje. Grupo Producción y Utilización de Pasturas. Argentina: UI EEA INTA Balcarce, FCA UNM.
- _____ (2010). *Curso Ecofisiología*. Quito: ESPE, sin publicar.
- AGRO-ICA (16-04-2016). Capacidad de Intercambio Cationico (<https://goo.gl/oFm3Ur>).
- Aguilar, F., y Carlos, J. (2015). *Problemática, uso y manejo del estiércol de ganado bovino lechero*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (<https://goo.gl/QKp1bD>).
- Aguilera, J., y León, R. (2002). *Introducción y evaluación preliminar del trébol de Alejandría (Trifolium alexandrinum) en Lasso, Cotopaxi*. Sangolquí, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, ESPE.
- Akin, D. E., Rigsby, L.L., Hanna, W.W., y Gates, R.N. (1991). Structure and digestibility of tissue an brown midrib pearl millet (Pennisetum glucum). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 56, 523-528.
- Alcívar, W., y León R. (2000). *Evaluación de tres cultivares de avena forrajera (Avena sativa) sometidos a cuatro niveles de fertilización nitrogenada*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, ESPE.
- Álvarez, H. J. et al. (2006). Effect of pasture allowance and energy supplementation upon dairy cows ilk yield. *Cien. Inv. Agr.* 33(2), 99-107. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Balcarce, Argentina. www.rcia.puc.cl
- Álvarez-Racelis, E. y Bagaloyos, A. (1977). Germination of *Leucena leucocephala* seed under vatyng temperature and lenght of soaking in water. *Silva-trop.* 2(1), 65-66. (<https://goo.gl/JsajT2>).
- Aragón, E., y Naranjo, A. (2002). Estimativa del consumo en vacas en lactación en sistemas a pasto. *Arq.cien. vet. zool. UNIPAR*, 5(1), 135-144.
- Arce, B., y Paladines, O. (1997). *Análisis y opciones de desarrollo sostenible del ecosistema húmedo altoandino de la provincia del Carchi, Ecuador*. Consorcio Carchi, - Ecoregión Río El Ángel- Ecuador.

- Álvarez, S., y León, R. (2003). *Evaluación del incremento de peso de ganado de carne Bos indicus en tres intervalos de pastoreo de pasto miel Setaria sphacelata en Nanegalito-Pichincha*. Informe de Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario, IASA-ESPE.
- Araujo, O. (2002a). *Alimentación de vacas lecheras en condiciones tropicales*. Departamento de Zootecnia. Maracaibo, Venezuela: Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia.
- _____ (2002b). *Recientes avances en nutrición de rumiantes*. Maracaibo, Venezuela: Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia.
- Assuero, S. (2016). *Dinámica de macollos en pasturas pastoreadas*. Balcarce Argentina.
- Asturnatura (2016). *La pared celular* (<https://goo.gl/WeV8v2>) (31-1-18).
- Batallas, C. (2002). *Conceptos modernos de formación, manejo y explotación de la pastura para mejorar la producción lechera*. Primer Seminario Internacional de Producción Animal. ESPE-IASA.
- _____ (2008). *Tecnología forrajera y sistemas de producción ganadera. Utilización de los recursos forrajeros. Desarrollo de la tecnología forrajera y su uso en los sistemas de producción*. Maestría de Producción Animal, ESPE.
- _____ (2009). *Requerimientos de vacas lecheras*. Sangolquí Ecuador: ESPE Centro de Posgrados.
- Batista, Fernández, E., Morales, E., Leal, A., Pacheco, Y., & Castillo, R. (2018). *Sistema intensivo de producción de pastos con pedestales*. Universidad de Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía, Dpto. Agropecuario. (<https://goo.gl/jJK-Jbc>) (25-1-18).
- Bendersky, D. (2009). *Pautas para el manejo del pastoreo de raigrás*. INTA Mercedes, Corrientes. Argentina. Engormix.com newsletter@engormix.com Fecha de publicación: 02/07/2009.
- Benítez, R. (1980). *Pastos y forrajes*. Quito: Universidad Central.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo*. Banco Ganadero. 3° Ed. Bogotá.
- _____ (2002). *Ensilaje, heno y henolaje*. Bogotá, Colombia: Ideagro.
- _____ (2003). *Pastos y forrajes tropicales producción y manejo*. Bogotá, Colombia: Angel Agro-Ideagro.
- _____ (2008). *Pastos y forrajes tropicales. Tomo 1. Manejo de praderas*. 5° Ed. Bogotá.
- _____ (2010). *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas*. Perú: Dirección de Crianzas, DGPA.
- Bernal, J., y Espinosa, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Bogotá-Colombia: INPOFOS.
- Berone, G. (2016). *Morfogénesis y desarrollo. Ecofisiología de pasturas*. Balcarce, Argentina.
- Bertrán, C. (1975). *Nutrición de las plantas y fertilización en Venezuela*. 3ª Ed. Bogotá: Antares Tercer Mundo S.A
- Bishop, J. et al. (s.f.). *Manual del ganadero*. Quito: INIAP, PROTECA, BID.
- Briseño, J. et al. (2002). *Materia orgánica: características y uso de insumos orgánicos en suelos de Costa Rica*. Costa Rica: Ed. Universidad Nacional Heredia.

- Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2013). Correlación de niveles de urea en leche con características físico-químicas y composición nutricional de dietas bovinas en ganaderías de la provincia de Pichincha. *La Granja*, 18(2).
- _____. (2014). *Niveles de urea en leche y su correlación con características físico-química y la composición nutricional de las dietas para bovinos en ganaderías de la provincia Pichincha*. (Tesis de Maestría en Producción Animal). Ecuador: ESPE.
- _____. (2015). Valor nutritivo de las materias primas empleadas en la alimentación de bovinos de leche en ganaderías del cantón Cayambe. *La Granja*, 21(1), 69-76. doi: 10.17163/lgr.n21.2015.06
- Bowman, A.M., y Wilson, G.P.M. (1996). Persistence and yield of forage peanuts (*Arachis spp*) on the New South Wales north coast. *Tropical Grasslands* 30, 402-406.
- Bragachini, M. et al. Reservas de forraje. Henolaje empaquetado. E.E.A. INTA Manfredi. *Marca líquida*, 54.
- Burbano, H. (1989). *El suelo. Una revisión de sus componentes bio-orgánicos*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.
- Butler, W.R. Calaman J.J., Y Beam S.W. Niveles de urea en plasma y leche en relación al índice de preñez en vacas lecheras. Departamento de Ciencia Animal, Cornell University, Ithaca, NY 14853. Traducción: Verónica Dairea, Laboratorio Colon: labcolon@labcolon.com.ar <https://goo.gl/PgQAHT>
- Caballero, H. (1985). *Producción lechera en la sierra ecuatoriana*. MAG, IICA, Asoc. Ganaderos de la Sierra.
- Cáceres, J. (1976). *Recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador*. INIAP. Boletín N° 18.
- Calsamiglia, S., Bach, A., De Blas, C., Fernández, C., y García-Rebollar, P. (2009). *Necesidades nutricionales para rumiantes de leche*. Normas FEDNA, Vol. 1. F. E. p. e. D. d. I. N. A. FEDNA (Ed.) (<https://goo.gl/ZEzA3v>).
- Calsamiglia, S. (1997). *Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes*. XIII Curso de Especialización FEDNA, Madrid. Depto. de Patología y Prod. Animal, Univ. Autónoma de Barcelona.
- Cañas, R. et al. (1985). *Introducción a la alimentación de bovinos a pastoreo*. *Producción lechera en la sierra ecuatoriana*. Ed. Caballero, H., Hervas, T. Quito: MAG, IICA, AGSO.
- Cárdenas, A. (s.f.). *Curso de pastos y forrajes*. Bogotá: IICA.
- Carámbula, M. (1977). *Producción y manejo de pasturas sembradas*. Montevideo: Hemisferio Sur.
- Castagna, A. et al. (2008). *Pastoreo Racional Voisin. Manejo Agroecológico de Pastagens*. Manual Técnico N° 10, Programa Río Rural, Do Estado Do Rio de Janeiro.
- Carrera, I., y León, R. (2011). *Fertilización del kikuyo Pennisetum clandestinum con tres fuentes nitrogenadas, dos sólidas y una líquida en tres niveles y dos frecuencias*. (Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario) IASA, ESPE.
- Cepeda, P., Velasco, W., y León, R. (2003). *Evaluación de la producción láctea e incidencia de timpanismo, en ganado bovino manejado al pastoreo en mezclas forraje-*

- ras con alto porcentaje de leguminosas. (Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario). IASA, ESPE.
- CIAT (1995). *Capacitación en Tecnología de Producción de Pastos*, 4 Tomos. Cali.
- CIPAV (1995). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Cali.
- Clark, D., y Jans, F. (1995). High Forage use in sustainable dairy systems. En: M. Journet, E. Grenet, M.H. Farce, M. Thériez, y C. Dermanquilly (Eds.), *Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Recent developments in the nutrition of herbivores* (pp. 497-526). París: INRA Editions.
- CLIMATE-DATA.ORG. (19 de 04 de 2016). CLIMATE-DATA.ORG. (<https://goo.gl/Az7wHM>)
- Colabelli, M. y otros (1998). El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín Técnico*, 148. Argentina: SAGPA, INTA.
- Combs, D. (2001). *Alimentación de vacas de alta producción en pastizales*. Universidad de Wisconsin Madison.
- Combs, D. y Hoffman, P. (2011). Department of Dairy Science, University Wisconsin – Madison. <https://goo.gl/fYztCv>
- Comeron, E. (2008). *Factores que afectan el consumo de vacas lecheras*. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, 1-29.
- Contreras, P. (1998). *Consideraciones sobre la suplementación mineral para desbalances metabólicos-nutricionales en rebaños bovinos*. Chile: INIA, Remehue.
- Contreras-Govea, F., y Muck, R. (2009). *Inoculantes microbiales para ensilaje. Su uso en condiciones de clima cálido*. Servicio de Extensión Cooperativa. Facultad de Ciencias Agrícolas, Ambientales y del Consumidor. Circular, 642, 1-8.
- Cook, B.G., Jones, R.M., y Williams, R.J. (1995). Experiencia regional con *Arachis* forrajero en Australia. En: P.C. Kerridge (Ed.), *Biología y agronomía de especies forrajeras de Arachis* (pp. 170-181). Cali: CIAT.
- Correa, H., y otros (2004). *Pasto maralfalfa: mitos y realidades*. Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- _____ (2006). Posibles factores nutricionales, alimenticios y metabólicos que limitan el uso del nitrógeno en la síntesis de proteínas lácteas en hatos lecheros de Antioquia. *Livestock Research for Rural Development*, 18, Article #43. (<https://goo.gl/7wM56U>) (17-06-2006).
- Cuenca, G. y otros (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. (<https://goo.gl/tMgQnn>).
- Cuesta, M., y Villaneda, V. *El análisis de suelos: Toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera*. Tomado del Manual Técnico “Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos” (pp. 1-10).
- Cuesta M., Pablo A., (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. *Revista Corpoica*, 6(2), julio-diciembre.

- Cuesta M., Pablo A. y otros. (s.f.). Manual Técnico “Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos” (pp. 29-40).
- Chamoro, D., y Rey, A. (2010). *Los sistemas silvopastoriles como estrategia de ganadería ecológica y productiva*. (<https://goo.gl/3uzavS>) (9-03-2018).
- Deere, J. (2018). *Empacadora de Rollo 469* (<https://goo.gl/YMqcgH>) (8-02-2018).
- Delgado, B., Rivadeneira, P., y León, R. (1983). *Respuesta del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) a la fertilización, en suelos de topografía irregular*. Fac. de Med. Vet. y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador.
- De la Fuente, L. y otros (2001). Inoculation with *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strains does not affect the symbiosis between rhizobia and forage legumes. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(4), 545-548.
- Delorenzo, D. (2014). [Revisión de libro de pastos y forrajes].
- _____ (2015). Taller Manejo de sistemas de producción lechera basados en pradera. Paper presentado en el Taller para el manejo del pastoreo. Lloa, Quito, Ecuador.
- Demagnet, R. (2005). Efecto del hongo Endofito. (<https://goo.gl/RjDSgf>) (26-1-18).
- Demagnet, R. (2012). *Manual de Especies Forrajeras y Manejo de Pastoreo*. Chile: Departamento Agropecuario Watt’s S.A. Programa de Desarrollo Productores. Universidad de la Frontera.
- _____ (2005). Efecto del hongo Endofito. (<https://goo.gl/RjDSgf>) (26-1-18).
- Departamento de Investigación y Desarrollo, Microfertisa S.ACADIMAPAS (2010). Corrientes Marinas. (<https://goo.gl/6V1usz>) (24-1-18).
- Donaghy, D.I. Y Fulkerson, W.I. (1998). Priority for allocation of soluble carbohydrate reserves in *Lolium perenne*. *Grass and Forage Sci.*, 5(21),1-278.
- Dumont, B. (1997). Diet preferences of herbivores at pasture. *Ann. Zootec.*, 46, 105-116.
- Dumont *et al.* (1992). *Trébol blanco y producción de leche*. INIA. Citado por Francisco Lanuza en el III Seminario Aspectos Técnicos y perspectivas de la producción de leche INIA, Osorno-Chile, 1996.
- EDAFOLOGIA.NET. (19 de 04 de 2016). Lección 4. Propiedades Físicas. <https://goo.gl/yhbSS>
- El Lecherito. Revista informativa (2008). Dairy Partners Americas DPA, Nestlé, Frontera. N° 8, Ecuador, Septiembre.
- Espín, W. (2003). Renovación de pasturas en Baeza. *El lecherito. Revista informativa*. Nestlé-Ecuador.
- Espinoza, F. y otros (1998). *Efecto del banco de proteína sobre la utilización del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) en pastoreo con ovinos*. Maracay, Aragua, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Instituto de Investigaciones Zootécnicas (IIZ).
- Espinosa, J., Molina E. (2001). Acidez y encalado de los suelos: uso del yeso agrícola como enmienda (<https://goo.gl/41EhT4>) (20-04-2012).

- Espinosa, J., Sosa, C., y Rivera, M. (2015). *Manual de prácticas de laboratorio*. Curso de Edafología. U. C. d. E. Facultad de Ciencias Agrícolas Ed. Vol. 1. Quito Ecuador: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
- Espinoza, F., Hernández, R., & Folache, L. (2008). Etología de vaquillas doble propósito en un sistema silvopastoril durante el período seco en una sabana tropical. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 429-437.
- FAO (2018). AGP - Praderas, pastizales y cultivos forrajeros. (<https://goo.gl/CsVaKw>) (22-1-2018).
- Faria, J. (2005). Fundamentos para el manejo de pastos en sistemas ganaderos de doble propósito. En: C. González, y E. Soto (Eds.), *Manual de ganadería doble propósito* (pp. 156-161). Maracaibo: Ed. Astro Data S.a.
- _____ (2006). Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. *X Seminario de Pastos y Forrajes*. Maracaibo, Venezuela.
- FEDNA (2009). *Necesidades nutricionales para rumiantes de leche*. Normas FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal. Ediciones Peninsular.
- Fergusson, J. (1978). *Sistemas de producción de semillas de pastos en América Latina*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT.
- Fernández Mayer, A. (2006). La calidad nutricional de los alimentos y su efecto sobre la producción de carne y leche. INTA, *Serie Didáctica N° 8*, 19-21. E.E.A. INTA Bordenave.
- Fisher, M.J., y Cruz, P. (1995). Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoi*. En: P.C. Kerridge (Ed.), *Biología y agronomía de especies forrajeras de Arachis* (pp. 56-75). Cali: CIAT.
- Flores, J. (1986). *Manual de la alimentación animal*. México: Ed. Ciencia y Técnica.
- Fuentes, G. (1984). INIAP-82: Nueva variedad de avena de doble propósito. *Boletín Divulgativo*, 140. Est. Exp. Santa Catalina.
- Gagliostro, G. (2008). *Particularidades de la suplementación proteica*. Curso de Nutrición y Alimentación de la Vaca Lechera (pp. 1-25). Balcarcer-Argentina.
- _____ (2011). *Principios de nutrición y suplementación de bovinos en pastoreo*. Balcarce: INTA, EEA.
- Chiriboga G, E. (2013). Plan de negocios para la producción y comercialización de complementos nutricionales para la alimentación de ganado vacuno en Pedro Vicente Maldonado. Universidad de las Américas. (<https://goo.gl/QxAGtB>).
- García, J. (1995). *Estructura del tapiz de praderas*, Vol. 66. INIA (Ed.) (<https://goo.gl/Ry3ngE>).
- _____ (2014). *Una buena pirámide*. (<https://goo.gl/aBM11m>) (23-1-18).
- García, F. (2002). *Informaciones Agronómicas N° 39*. Quito, Ecuador: Instituto de la Postasa y el Fósforo. INPOFOS.
- García, G. (2016). Altura de pastoreo y altura de residuo de otros pastos. *INFOTAM-BO*, 89, 1-60.
- González, B. y otros (2010). *Pastos*. 2da. Ed. Venezuela: FUSAGRI.

- González, G. (2008). Bacterias solubilizadoras de fósforo. Rizobacter Argentina S.A. (<https://goo.gl/xm9oVf>).
- Gingins, M. (s/f.) Sitio argentino de producción animal. Alimentación de la vaca lechera. www.agropro.com.ar.
- Giraldo-Cañas, D. (2013). Las gramíneas en Colombia. Riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares Vol. 1. F. d. C. I. d. C. N. Universidad Nacional de Colombia (Ed.) (pp. 1-386). (<https://goo.gl/V4xsXv>).
- Gregorini, P., Eirin, M., Agnelli L., Refi, R., Ursino, M., Ansin O.E., Masino, C., Wade, M. H., Soder, K. J. y Gunter, S.A. (2007). Diurnal eating pattern and performance of cattle strip grazed with afternoon herbage allocation or continuously variable stocked. *Proc. American Forage and Grasslands Council Annual Meeting*. State College, PA, USA.
- Gregorini, P., S. A. Gunter, y Beck, P. A. (2007). Timing of herbage and fasting allocation alters nutrient supply in cattle. *Proc. 2nd Int. Symp. Energy and Protein and Nutrition*, 9-13 September. Vichy, France.
- Grijalva, J. (2002). *Nutrición y Alimentación de vacas lecheras. Una guía para definir estrategias de alimentación de vacas lecheras en la Región Interandina del Ecuador*. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Grijalva, J. y Colaboradores (1995). Producción y utilización de pastizales en la región Interandina del Ecuador. Manual, 30. INIAP.
- Grof, B. (1985). *Arachis pintoii*, una leguminosa forrajera promisoriosa para los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 7(1): 4-5.
- Gualoto, A., y Gutiérrez, F. (2012). *Evaluación del contenido nutricional del silaje de maíz en forma de microsilos inoculados con bacterias ácido lácticas*. Cayambe-Ecuador.
- Guerra, D., y León, R. (2000). *Efecto de niveles de sulfato de calcio, en la disponibilidad de fósforo en potreros establecidos de ray grass (Lolium perenne) y tréboles (Trifolium repens y Trifolium pratense)*. Informe de tesis de grado de Ingeniero Agropecuario, IASA-ESPE.
- Guerrero, R. (2011). *Fertilización de cultivos en clima frío*. Universidad Nacional de Colombia.
- Gundel, P. (2008). *Producir XXI*, Bs.As. 16(2006), 24-32. IFEVA, FAUBA-CONICET. www.produccion-animal.com.ar
- GYPSSUM (2018). *Agricultural Gypsum*. (<https://goo.gl/scESpx>) (25-1-18).
- Hacker, J.B. (1994). Seed production and its components in bred populations and cultivars of winter green *Setaria sphacelata* at two levels of applied nitrogen fertilizer. *Aus. J. Exp. Agric.* 34, 53-160.
- Hadler P. N. (1987). *Manual de pastagens e forrageiras*. Sao Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.
- Haro, M. (2011) Zeolita natural: triple impacto para el sector agropecuario ecuatoriano, PRODECOAGRO. Ecuador. (<https://goo.gl/1jgdBV>).
- Hann, C., Molina, O., y Oskam (1970). *Manejo de potreros*. Curso de Capacitación en Ganadería de Leche. INIAP.

- Havard-Duclos, B. (1969). *Las plantas forrajeras tropicales*. Madrid: Ed. Blume.
- Hazard, S. (2009). *Alimentación de vacas lecheras*. INIA Carillanca. (<https://goo.gl/9z3McY>).
- Hernández, L., Peña Barbosa, J., y Narváez García, Y. (2010). Especificaciones para generación de curvas de nivel a partir de modelos digitales de terreno. Scielo, 79-87.
- Hidalgo, F., Alvarado, M., Chipantase, L., Pástor, C., Quishpe, V., y Vandecandelaere. (2011). *Atlas de tenencias de la tierra en el Ecuador*. Quito, Ecuador: SIPAE Ed.
- Hijano E., y Navarro A. (1995). La alfalfa en la Argentina, Subprograma Alfalfa, I.N.T.A.www.produccion-animal.com.ar. (<https://goo.gl/Htby4i>).
- Hodgson, J. (1994). *Manejo de pastos*. México: Ed. Diana.
- _____ (2002). *Efficiency in pastoral production systems*. Massey University. College of Sciences.
- _____ (2002). *Conocimientos necesarios para el manejo adecuado de pastizales*. Día de Campo y Conferencia. Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente. Agosto.
- Holman, F. (2002). *El uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones en la promoción de nuevas alternativas forrajeras; el caso de Costa Rica y Perú*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e Instituto Internacional de Investigación en Ganadería (ILRI).
- Holmes, C. (2005). Conferencia del profesor Colin Holmes, Universidad de Massey de Nueva Zelanda. Dairy Parteners Americas DPA, Nestlé. Frontera. Quito.
- _____ (s.f.). *Producción de leche en Nueva Zelanda. Recientes desarrollos en el manejo de pastos*. Nueva Zelanda: Universidad de Massey.
- Hughes, H.D. (1966). *Forrajes*. México: CECSA.
- IICA/ZN-ROCAP (1971). *Pastos y forrajes*. Curso Regular de Postgrado. Turrialba, Costa Rica.
- INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2018). Servicio meteorológico. www.inamhi.gov.ec (26-1-18).
- INEC (2000). III Censo Nacional Agropecuario. INEC Ed. Vol. 1.
- _____ (2008). Resumen Ejecutivo. Sistema Estadístico Agropecuario Nacional SEAN.
- _____ (2013). Estadísticas Agropecuarias. (<https://goo.gl/S5YJWM>) (18-01-2018).
- _____ (2014). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAC.
- INIAP (1968). II Reunión de Pastos y Forrajes, Resumen de Trabajos. Quito, Ecuador.
- _____ (1973). Informe de Labores del Programa de Ganadería de Leche y Pastos 1972-1973. pp. 23. Quito, Ecuador.
- _____ (1977). *Estudio de la retención de nitrógeno y la producción de leche en animales que pastorean gramíneas leguminosas y pastos fertilizados con nitrógeno*. Quito (Ecuador). Informe de Labores del Programa de Ganadería de Leche y Pastos.
- _____ (1979). Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador. *Boletín Técnico*, 32. Quito, Ecuador.
- _____ (1989). *Manual del ganadero*. Quito, Ecuador.
- _____ (1989). *Manual de pastos tropicales*. Quito, Ecuador.
- _____ (1995). *Producción y utilización de pastizales en la región Interandina del Ecuador*. Quito, Ecuador.

- Informe final sobre “Consumo voluntario de pastos y forrajes, en conejos”, Modulo Integrador, 4° B, 2012, IASA-ESPE.
- INPOFOS (1997). Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.
- Inforadiofrecuencia (2017). Espectro electromagnético. (<https://goo.gl/aJNebG>) (24-1-18).
- INTA (1995). *La alfalfa en la Argentina*. Enciclopedia Agro de Cuyo, Manual 11. Publicaciones Editar.
- _____ (2000). XIX Curso Internacional de Producción Lechera. Rafaela, Argentina.
- IPNI (2018). Fuentes de Nutrientes Específicos. (<https://goo.gl/A9D1xE>).
- ITALCONSULT (1963). *Desarrollo de la producción forrajera*. Roma.
- KhanAcademy (2018). *Introducción a la fotosíntesis* (<https://goo.gl/PFgVmb>) (29-1-18).
- Jaramillo, J. (1980). Pichincha, Nueva variedad de Rye grass “INIAP”. *Boletín*, 112. Quito-Ecuador.
- Joaquin, B. *et al.* (1999). Fertilización nitrogenada y momento de cosecha en la producción de semilla de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.): Parámetros y componentes de rendimiento. *Pasturas tropicales*, 23(2). (<https://goo.gl/yn3nYb>).
- Juan, N.A., Jouli, R., Pordomingo, A.J., y Babinec, F. (1996). Utilización de henos de alfalfa y avena en invernada para sustituir verdeo de avena. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 16 (Suplem. 1), 146-147 (Resumen).
- Juscáfresa, B. (1994). *Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo*. Barcelona: Ed. AEDOS.
- Kellaway, R., y Porta, S. (1993). *In Feeding Concentrates: Supplements for Dairy Cattle*. Daratech Pty LTD. 3/166 Wellington Parade, East Melbourne, Victoria 3002, Australia.
- King, M. W. (1996). (<https://goo.gl/8UGxab>) (12-09-2013).
- Klein, F. (1996). *Alimentación de vacas lecheras bajo condiciones de estabulación*. Remehue, Chile: INIA.
- Lanuzá, F. (1996). *Requerimientos de suplementación para vacas lecheras a pastoreo*. Remehue, Chile: INIA.
- _____ (1996). *Producción de leche en base a pradera*. Chile, Remehue: INIA.
- Ledesma, J. (1996). Las leguminosas forrajeras y su efecto en la producción ganadera. *Revista Informativa del INIAP*, 6. Quito, Ecuador.
- Londoño, D. (2000). *Acidez y enclamiento de los suelos*. PROMICAL. Segunda Revisión. Itagüí, Colombia.
- Lora, S. (1994). *Fertilidad de los suelos*. 1ª Ed. Santafé de Bogotá: Guadalupe Ltda.
- Lotero, J. (1993). *Producción y utilización de los pastos de las zonas altoandino de Colombia*. 1ª. Ed. Medellín: Repaan.
- Lucero, J. (2009). Presentación en Postgrado de Producción Animal, ESPE. 2010. Sin publicar.
- Luque, J.A., Paolini, J., y Luque, J.L. (1985). *Riego de forrajeras y pasturas para producción de carne*. Buenos Aires: Ed. Hemisferio Sur.
- Marino, M. (2009). *Ecofisiología aplicada al manejo de pasturas*. Balcarce: INTA, EEA FCA, UNMP. Argentina.

- Martínez, L. J. (2006). Modelo para evaluar la calidad de las tierras: caso del cultivo de papa. *SciELO*, 96-110.
- Malavolta, E., Oliveira, S., y Vitti, G. (1997). *Evaluación do estado nutricional das plantas* 2ª Ed. Sao Paulo: Asociación Brasileira para pesquisa da potassa e fosfato.
- Mamani, G. (2016). *Claves para el manejo del pastoreo en praderas naturales de la zona altoandina* (<https://goo.gl/pXtcHA>) (29-1-18).
- Manual Merck de Veterinaria (1981). 3ra. Ed. Centrum. Barcelona. España.
- Marcano, J. (2018). *Factores limitantes y Ley del Mínimo* (<https://goo.gl/T9w195>) (25-1-18).
- Matthew, C., y Hodgson, J. (1997). *Grass View*. Institute of Natural Resources. College of Sciences at Massey University. New Zealand.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., y Morgan, C. (1969). *Nutrición animal*. Ed. Acribia.
- McIlroy, R. (1991). *Introducción al cultivo de los pastos tropicales*. México: Ed. Noriega.
- McMeekan, C. (1962). *De pasto a leche*. Montevideo: Ed. Hemisferio Sur.
- Mena, K., y León, R. (2011). *Evaluación del efecto de agronitrógeno y ecotrófon 40 con urea en potreros de pastos mejorados, en el sector de Machachi*. (Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario) IASA, ESPE.
- MEP (2018). *La geografía: Ciencia de la tierra* (<https://goo.gl/qXA7VJ>) (24-1-18).
- Mertens, D.R. (1983). *Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages*. Proc. Cornell Nutrition Conf., Ithaca, N.Y. pp 60-68.
- _____ (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64(5), 1548-1558.
- _____ (1994). Regulation of forage intake. En: G.C. Fahey Jr. (Ed.), *Forage quality, evaluation and utilization* (pp. 450-493). Madison, Wisconsin.
- Mendoza, P. (s.f.). *Pastos y forrajes para Colombia*. Bogotá: Banco Ganadero, IICA.
- Meyer, B. y otros (1996). *Introducción a la fisiología vegetal*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Montejo, F. (2016). Abonos aprobados para ganadería ecológica. *INFORTAMBO*, 89.
- Montesdeoca, F. et al. (1993). *Sobresiembras de leguminosas forrajeras en pastizales de saboya*. PROFOGAN-INIAP-PROTECA.
- Montesdeoca, G., & Gutiérrez, F. (2017). *Evaluación nutricional del pasto tropical maralfalfa (Pennisetum sp) en forma de microsilos inoculados con suero de leche*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador (<https://goo.gl/iTY7Sb>).
- Moreno, J. (2016). *La mejora genética vegetal como herramienta para encarar los retos de sostenibilidad que se plantean como consecuencia de los cambios ambientales para la producción de forraje*. Centro Investigaciones Agrarias de Mabegondo.
- Murillo, J., y León, R. (2000). *Evaluación de la adaptación y potencial forrajero de 21 cultivares comerciales de leguminosas forrajeras en la Hda. El Prado (Sangolquí), Provincia de Pichincha*. Sangolquí, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, ESPE.
- Muslera, P. (1984). *Praderas y forrajes*. Madrid: Ed. Mundi Prensa.
- New Zealand Agricultural Merchants Federations Inc. (1982). *Grasslands pasture cultivars from New Zealand*.

- NCR (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7th Ed. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Noda, Y. (2009). Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes*, 32(2). Matanzas, Cuba.
- Ochoa, A., Vega, X. y León, R. (1998). *Validación de opciones de mezclas forrajeras para el IASA y su zona de influencia*. Sangolquí, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, ESPE.
- Ojeda, F. y otros (s.f.). *Conservación de pastos y forrajes*. Cuba: Ministerio de Educación Superior.
- Olivarum (2018). *Protocolo para la toma de muestras de suelos* (<https://goo.gl/8czac1>) (25-1-18).
- Oliveira, J. y otros (2002). Contenidos en alcaloides en semillas de poblaciones naturales de ryegrass inglés del norte de España infectadas con los hongos endófitos de *Neotyphodium*. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 17(2).
- Osorio, F. (2003). *Efecto de la edad de pastoreo sobre el contenido mineral de la pradera y la reproducción en lecherías especializadas*. Director de Ganadería, FINCA S.A.
- Padilla, W. (1979). *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador*. INIAP.
- Paladines, O. (1992). *Metodología de pastizales*. PROFOGAN, MAG, GTZ. Serie metodológica, Manual N°1, Pastos y Forrajes.
- _____ (2002). *Especies forrajeras de mayor uso en el Ecuador*. Quito: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
- _____ (2003). *Producción y utilización eficiente de los pastizales para la producción de leche a bajo costo*. P.-A.-F. UCE Ed. Quito Ecuador: 1.
- _____ (2010). *Recursos forrajeros para los sistemas de producción pecuarios*. Quito: Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador.
- _____ (2011). *Notas de Aula de la Cátedra de Pastos y Forrajes*. Quito: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
- Paladines, O., e Izquierdo, F. (2007). *Fertilización de pasturas en el centro norte de la sierra ecuatoriana*. Quito: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central del Ecuador.
- Parra, R. (2009). (<https://goo.gl/VvLGxg>) (04-003-2009).
- Peña, A. (2014). II Foro Internacional Lácteo. A cambiar el chip. Infotambo Andina. *Revista del Sector Lechero*, 71, Septiembre.
- Peña, F. (2002). Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. *Revista Acovez*, 27(1), Edición 90.
- Pinheiro, L. (2004). *Pastoreio Racional Voisin. Tecnología agroecológica para o terceiro milénio*. Porto Alegre, Brasil: Cinco Continentes Editora Ltda.
- Piñeiro, G. (2016). *Manual práctico Lactosilo para lograr ensilados de alta calidad*. B. Underwood (Ed.). Vol. 3. Argentina.
- Pouwut, P. et al. *Clima del Ecuador*. (<https://goo.gl/ebTfcs>).

- PROMSA, AGSO, FCAUC, REPAAN (2002). Bibliografía anotada sobre ganadería de leche y pastos en la sierra ecuatoriana 1968 - 2000. Volúmenes I y II.
- Raij, B. (1991). *Fertilidade do solo e adubacao*. 1ª ed. Sao Paulo: Agronómica Ceres.
- Ramírez, P., Izquierdo, F., y Paladines, O. (1996). *Producción y utilización de pastizales en cinco zonas agroecológicas de Ecuador*. Quito: MAG, GTZ, REPAAN.
- Ramón, S., Basantes, E. (2012). *Respuesta a la fertilización química y a las enmiendas complejas en una pastura establecida*. Informe de tesis de grado de ingeniería Agropecuaria IASA-ESPE.
- Ravic, M. (2005). Production of high-quality compost of horticultural purposes: a mini review. *HorTech.*, 15(1), 52-57.
- Robalino, N. (2010). *Influencia de la fertilización y el intervalo de pastoreo en el contenido de FDN y energía de una mezcla forrajera* (Tesis de Ingeniería Agropecuaria). Sangolquí, Ecuador: ESPE.
- Rodríguez, C. (2016). *Fase luminosa de la fotosíntesis:anabolismo* (<https://goo.gl/dHL-2qw>) (31-1-18).
- Rogg, H. (2000). *Manual de Entomología Agrícola del Ecuador*. Quito, Ecuador: Ed. Abya-Yala.
- Rojo, J., Montoya, J., y Sierra, J. (2011). *Infortambo Andina Revista*, 28, febrero. Colombia: Inforcampo Latinoamericana S.A.
- Romero, A., Pazmiño, J., y León, E. (2002). *Efecto de la resiembra de diferentes mezclas forrajeras sobre kikuyo Pennisetum clandestinum en la Hda. El Prado*. Informe de tesis de grado Ingeniería Agropecuaria IASA-ESPE.
- Rua, M. (2010). ¿Cómo aforar un potrero para pastoreo correctamente? (<https://goo.gl/xf732>) (29-1-18).
- Ruiz, R. (1976). *Aspectos básicos para la producción de semilla de pastos en la sierra ecuatoriana*. Quito: INIAP.
- R.J. Laboratories (2003). *Technical Note. Soil & Plant Division*. Hamilton, New Zealand.
- Salamanca, R. (1990). *Pastos y forrajes. Producción y manejo*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Salvador, E., y León, R. (2000). *Evaluación de opciones de mezclasforrajeras para la zona central de la región interandina (bhmb)*. Sangolquí, Ecuador: Facultad de Ciencias Agropecuarias, ESPE.
- Sangakkara, U.R. (1988). Relationship between nitrogen fertilizer, defoliation frequency and seed productivity of *Panicum maximum* Jacq. *Seed Res.* 16(2), 206-210.
- Santos, J., y León, R. (1999). *Evaluación de la adaptación de 37 cultivares comerciales de gramíneas y su potencial forrajero en la Hda. El Prado. Facultad de Ciencias Agropecuarias*. ESPE.
- San Martín, D., & Tapia, A. (27 de mayo de 2015). Cinco nuevas alternativas para medir la materia seca en praderas. *El Mercurio*.
- Seminis (2016). Sequía y manejo de recursos hídricos, esencial para la agricultura (<https://goo.gl/rHnxWD>) (29-1- 2018).
- Sheard, R.W. (1973). Organic reserves and plant regrowth. En: G.W. Blütler y R.W. Bailey (Eds.), *Chemistry and biochemistry of herbage*, 2, 353-377. New York: Academic Press.

- Sierra, J. (2005). *Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros*. 2º Ed. Editorial Universidad de Antioquia.
- Singleton, P. (1985). Effect of phosphorous on the effectiveness of *Rhizobium japonicum* Soil soc. *Amj*, 49, 613-616.
- SMT (2015). *Chinche de los pastos* (<https://goo.gl/D8KKqs>) (29-1-18).
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., y De Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones*. FAO.
- Tecnicoagrícola (2013). pH de un suelo. (<https://goo.gl/85X6Vx>) (25-1-18).
- Teuber, N. y Dumont, J. (1996). *Atributos de la pradera permanente para la alimentación del rebaño lechero*. INIA-Remehue.
- Thom, E. & Barker, G. (1993). Technique for pasture renovation o renewal. En: R. Pottnger, P. Lane, y Wilkins (Eds.), *Pasture Renovation Manual*. AgResearch. New Zealand Pastoral Agricultural Research Institute Ltd.
- Thomas, R. (1966). *Aplicación del conocimiento en el ciclo de nitrógeno en pasturas*. CIAT. Cali, Colombia.
- Torres, C. (1996). *Manejo de enfermedades de forrajeras en el trópico*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Torres, M. (2008). *Síntesis de complejos con adeninas* (<https://goo.gl/JzHPRj>) (25-1-18).
- Trioplast (1995). *Manual del encintado de pacas. Guía para un eficaz recubrimiento con plástico de pacas de ensilado*. Smalandsstenar, Suecia.
- Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira (1996). *Investigación y desarrollo de sistemas de producción forrajera en el trópico*.
- UNSJ (2018). *Vientos de vida* (<https://goo.gl/N9Ekpf>) (24-1-18).
- Urzúa, H. (2007). *Beneficios de la fijación simbiótica de Nitrógeno en Chile* (<https://goo.gl/uLn4Uq>) (25-1-18).
- Valdemar, F. (1994). *Nutricao mineral de plantas* 1ª Ed. Larvas Gráfica Universitaria.
- Valdéz, V. (2003). Informe del año pre profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador, en Agroindustrias Flamingo, provincia de Esmeraldas.
- Vélez, M. (2014). *Producción de pastos y forrajes en el trópico*. Honduras: FEPALE.
- _____ (2015). *Nutrición de ganado lechero*. Uruguay.
- Vera, I., y Muñoz, E. (2002). *Rehabilitación de un pastizal de pasto saboya (Panicum maximum), con la introducción de una leguminosa forrajera arbustiva matorrón (Gliricidia sepium)*. (Tesis de grado de Ingeniería Zootécnica). Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
- Vera, L. (2003). Conferencia en el IASA, ESPE.
- Vergara, R. (1995). Consideraciones básicas para el manejo integrado de plagas en pastos. *Revista Despertar Lechero*, 12, 77-92.
- Virginia, I., Heinrichs, J., y Varga, G. (2015). *De la alimentación a la leche: Comprendiendo la función del rumen*. Penn State- USA: P. S. University Ed. Vol. 1.
- Voisin, A. (1961). *Suelo, hierba, cáncer*. Madrid: Ed. Tecnos.
- _____ (1967a). *Productividad de la hierba*. Madrid: Ed. Tecnos.
- _____ (1967b). *Dinámica de los pastos*. Madrid: Ed. Tecnos.
- _____ (1973). *Aubos: novas leis científicas de sua aplicação*. São Paulo: Mestre-Jou.

- _____ (1961). *Tetania do pasto*. Rio de Janeiro: Mestre-Jou.
- WIKIPEDIA. Enciclopedia Libre. (<https://goo.gl/PekuRd>) (19 de 04 de 2016).
- Williams, M.J., y Hanna, W.W. (1995). Performance and nutritive quality of dwarf and semi-dwarf elephant grass genotypes in the south-eastern USA. *Tropical Grasslands* 25, 73-84.
- White, J., y Hodgson, J. (1999). *New Zealand pastures and crop science*. Oxford.
- Whiteman, P. (1980). *Tropical Pasture Science*. USA: Oxford University Press.
- Yepes, R.F.C. (1993) *Contribución al conocimiento de la situación actual del manejo de los pastos de clima frío del Departamento de Antioquia*. Medellín: Secretaría de Agricultura-Antioquia (Informe de Trabajo).
- Zarza, R. (2014). Manejo de pasturas de clima templado. Montevideo, Uruguay: INIA.

Capítulo I

Terminología relacionada con los pastos en español

- Canopia: capa superior (dosel) de hojas del pasto.
- Concentrado: alimento para el ganado con bajo porcentaje de humedad y fibra y, elevado contenido de nutrientes (energía).
- Cultivo forrajero: área sembrada en forma temporal con un cultivo forrajero y que se aprovecha mediante pastoreo directo o corte.
- Forraje: material vegetal generalmente voluminoso, que sirve de alimento a los animales.
- Hierba: vegetación herbácea.
- Pastizal: terreno abundante en pastos naturales (páramos, llanos, praderas, sabanas y pampas), puede ser o no pastoreada por animales.
- Pasto: plantas que crecen en los pastizales y son ingeridas por los animales en forma directa.
- Pastar: llevar o conducir el ganado al pasto.
- Pastoreo: cosecha del pasto (defoliación) realizada directamente por los animales en el potrero.
- Pastura: campo forrajero con base en semilla de pastos introducidos, donde pasta el ganado, requiere de la intervención del hombre.
- Plantas forrajeras: plantas herbáceas utilizadas para la alimentación del ganado.
- Potrero: superficie con especies forrajeras, limitada por cercas, donde pasta el ganado.
- Pradera: ecosistema suelo-planta-animal y otros factores exógenos utilizados para manejar el pasto (Delorenzo, D. 2014).
- Pradera nativa: en la que predominan especies nativas.

- Pradera mejorada: aquella que recibió algún tratamiento, sin cambiar las especies nativas.
- Pradera naturalizada: en la cual una parte significativa de especies son exóticas (introducidas) pero que han logrado adaptarse y se desarrollan sustituyendo a las nativas.
- Prado: extensión más o menos pequeña de terreno con pasto, término más usado en jardinería que en pratericultura.
- Rastrojo: sobrante de la cosecha de un cultivo que se utiliza para alimentación del ganado.

Terminología relacionada con los pastos en inglés

- Annual pasture: pasture anual.
- Canopy: canopia.
- Forage: forraje.
- Grass: pasto.
- Grassland: pastizal.
- Grazing: pastoreo.
- Grazer: pastor o quien posee ganado que se pastorea.
- Hay: heno.
- Improved pasture: pradera mejorada.
- Meadow: campo plano y húmedo, con vegetación herbácea que se dedica al pastoreo o a preparación de heno.
- Paddock: potrero.
- Pasture: es un grassland que se pastorea.
- Permanent pasture: pradera o pastura de larga duración.
- Range: pradera del Oeste de Norteamérica.
- Shepherd: pastor de ovejas.
- Short rotation pasture: pastura de corta duración (bi o trianual).
- Sown pasture: pastura.
- Sward: cubierta vegetal.

Conceptos técnicos básicos

- Clon: descendencia de una sola planta, obtenida por multiplicación vegetativa.
- Cultivar: cuando la planta se distingue de las demás de la especie a través de caracteres agronómicos (resistencia a la sequía, producción, etc.).

- Ecotipo: una planta típica de una variedad que ha resultado de la exposición de la misma a un medio determinado.
- Endémica: una especie nativa de un medio o localidad en particular, no introducida.
- Especie: corresponde a la segunda parte del nombre botánico, ej. *decumbens*, se escribe con minúscula.
- Género: es la primera parte del nombre técnico o científico, ej. *Brachiaria*; comienza con mayúscula.
- Nombre común: denominación con la que se conoce vulgarmente a una planta.
- Nombre botánico: siguiendo las normas internacionales de denominación científica, el nombre botánico de los pastos se escribe en latín. Se compone de género y especie; ej. *Brachiaria decumbens*. Se utiliza letra cursiva si se escribe en computador o subrayado si se escribe a mano.
- Sistema de pastoreo: es aquella actividad en la que, el ser humano administra unos determinados recursos (pastos y forrajes) que utiliza como materias primas (entradas), para someterlas a un proceso de transformación en el sistema digestivo del bovino (procesos), del cual obtendrá carne, leche y/o crías (salidas) y abonos para sus tierras (desechos que retroalimentan el sistema).
- Variedad: cuando la planta se distingue de las demás de la especie a través de caracteres botánicos visibles (color de la flor, tamaño de las plantas, etc.).
- Propágulo: cualquier estructura de una planta (estolón, rizoma, tubérculo, bulbo) capaz de desarrollarse de manera separada y formar un nuevo organismo idéntico al que lo formó.

Capítulo IV

Clave para la identificación de las plantas forrajeras más comunes de la sierra ecuatoriana

Gramíneas

GRAMÍNEAS DE PASTOREO

Prefoliación conduplicada (doblada)

Con aurículas..... Ver 1
Sin aurículas

Lígula desigual, bien desarrollada.....	Ver 2
Lígula, una corona de pelos.....	Ver 3
Lígula, membrana mediana.....	Ver 4

Prefoliación convultada (enrollada)

Con aurículas

Lígula de color violeta.....	Ver 5
Lígula transparente bien visible.....	Ver 6
Lígula verdosa, corta, fuerte.....	Ver 7

Sin aurículas

Hojas pubescentes, suave al tacto.....	Ver 8
Pubescencia escasa, pelos medianos.....	Ver 9
Hojas glabras (lampiñas).....	Ver 10

GRAMÍNEAS DE CORTE

Hojas con aurículas

Aurículas muy desarrolladas, cruzadas.....	Ver 11
Aurículas poco desarrolladas.....	Ver 12
Aurículas con pequeños pelos.....	Ver 13

Hojas sin aurículas.....	Ver 14
--------------------------	--------

LEGUMINOSAS

Hojas trifoliadas

Tallos erguidos

Folíolo central separado

Folíolos pubescentes, aserrados en la región apical.....	Ver 15
Folíolos lampiños, aserrados en su totalidad	
Estípulas enteras.....	Ver 16
Estípulas dentadas.....	Ver 17
Folíolos equidistantes, sentados.....	Ver 18

Tallos decumbentes

Folículo central separado

Folíolos ovalados, aserrados en
el ápice..... Ver 19

Folíolos acorazonados, aserrados
en su totalidad..... Ver 20

Folíolos equidistantes, sentados. Ver 21

Tallos estoloníferos..... Ver 22

Hojas con numerosos folíolos

Planta lampiña, folíolos mucronados..... Ver 23

Planta pubescente

Folíolos oval alargados, pequeños. Ver 24

Folíolos ovalados, anchos, grandes. Ver 25

Descripción

1. Láminas de color verde intenso,
brillantes en el envés, lígula corta
y transparente, base de la planta
de color rojizo. Espiga sin barbas.

RAIGRAS INGLES

Lolium perenne L.

2. Láminas de color verde azulado,
opacas, lampiñas, borde áspero.
Nervadura central acentuada.
Panoja con espiguillas en forma
de ovillo.

PASTO AZUL

Dactylis glomerata L.

3. Láminas cubiertas de pelos translúcidos. Planta cespitosa, estolonífera, rizomática. De las axilas de las hojas salen los estambres de color lechoso.

KIKUYO

Pennisetum clandestinum HOCHST.

4. Láminas finas de color verde amarillento con ondulaciones transversales. Planta cespitosa de escaso desarrollo. Inflorescencia, panoja pequeña.

PIOJITO

Poa annua L.

5. Planta con pubescencia escasa. Hojas cortas y de escaso número, aurículas con pelos, lígula de color rojizo, al frotar las hojas aparece un olor característico. Inflorescencia espiga con estambres y estigmas visibles.

PASTO OLOROSO

Anthoxantum odoratum

6. Láminas de color verde intenso envés brillante. Planta de textura suave. Inflorescencia espiga barbada.

RAIGRAS ITALIANO

Lolium multiflorum L.

7. Láminas de color verde oscuro, borde áspero. Planta de textura dura. Inflorescencia, panoja con espiguillas rechonchas de color verde púrpura.

FESTUCA ALTA

Festuca arundinacea SCHREBER

8. Planta de color verde grisáceo, rayas de color violeta en la base. Lígula mediana, blanca y dentada. Inflorescencia, panoja blanquecina suave al tacto.

HOLCO

Holco lanatus L.

9. Hojas largas y finas, nervadura central acentuada, lígula mediana, blanca dentada. Inflorescencia, panoja con las espiguillas aplastadas, alargadas de color verde.

CEBADILLA

Bromus carharticus VAHL

10. Láminas de color verde azulado, ligeramente espiralada a lo largo, bordes ondulados. Lígula mediana de color lechoso. Inflorescencia, espiga cilíndrica compacta.

TIMOTE

Phleum pratense L.

11. Plantas de color verde-agua. Inflorescencia, espiga con o sin barba.

CEBADA

Hordeum vulgare L.

12. Plantas de color verde-grisáceo. Inflorescencias estrechas con barba larga, color verde-grisáceo-amoratado.

CENTENO

Secale cereale L.

13. Plantas de color verde azulado. Las aurículas se unen ligeramente. Inflorescencia espiga con o sin barba.

TRIGO
Triticum vulgare L.

14. Base de la planta de color blanquecino. Hojas notoriamente anchas, borde con pelos, Lígula muy desarrollada. Inflorescencia panoja laxa con espiguillas de aristas grandes.

AVENA
Avena sativa L.

15. Estípulas de borde dentado, soldadas en la base del pecíolo. Inflorescencia, racimo de flores moradas.

ALFALFA
Medicago sativa L.

16. Planta alta. Inflorescencia, racimo de flores blancas.

MELILOTO BLANCO
Melilotus albus MEDIK

17. Planta pequeña. Inflorescencia, racimo de flores diminutas de color amarillo.

MELILOTO AMARILLO
Melilotus indicus L.

18. Folíolos oval-alargados largos, grandes, borde liso, mancha blanca en forma de V. Estípulas verde rojizas. Inflorescencias violetas.

TREBOL ROJO
Trifolium pratense L.

19. Planta pubescente, estípulas enteras. Inflorescencia, racimo de flores amarillas.

LUPULINA
Medicago lupulina L.

20. Planta lampiña, estípulas dentadas. Una o dos flores axilares amarillas.

TREBOL DE CARRETILLA
Medicago hispida L.

21. Hojas pubescentes, mancha blanca en forma de V, muy abierta. Inflorescencia formada por 3-6 flores.

TREBOL SUBTERRANEO
Trifolium subterraneum L.

22. Folíolos ligeramente romboidales, borde aserrado, mancha blanca en forma de V, estípulas pequeñas soldadas al pecíolo. Inflorescencia, cabezuela de color blanco.

TREBOL BLANCO
Trifolium repens L.

23. Planta lampiña. Dos o tres flores axilares grandes de color morado.

VICIA COMUN
Vicia sativa L.

24. Planta pubescente. Inflorescencia, racimo axilar con numerosas flores moradas.

VICIA VELLUDA
Vicia villosa ROTH

25. Planta decididamente velluda. Inflorescencia, racimo axilar morado.

VICIA MORADA
Vicia benghalensis L.

26. Planta herbácea de tallos delgados, hojas pequeñas formadas por 5 foliolos, de los cuales 2 foliolos son basales y 3 apicales digitados. Inflorescencias en umbelas axilares con 3-7 flores de color amarillo anaranjado, las vainas forman una pata de pájaro.

LOTO
Lotus corniculatus L.

Capítulo VI

Cuadro 6.26
Análisis foliares, referenciales

Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)			
Parte de la planta	6 pulgadas desde la punta		
Tiempo			
Elemento	Bajo	Optimo	Alto
		%	
N	4.00	4.5	> 5.0
P	0.21 - 0.25	0.26- 0.7	0.71 - 1.0
K	1.75 - 1.99	2.00- 3.5	3.6 - 5.0
Ca	1.00 -1.79	1.80 - 3.0	3.0 - 4.0
Mg	0.20 - 0.29	0.30 - 1.0	1.1 - 2.0
S	0.20 - 0.25	0.26 - 0.5	> 0.50
		ppm	
B	20 -29	30 - 80	> 80
Cu	5.0 - 7.0	7.0 - 30	31 - 50
Fe	20 - 29	30 - 250	251 - 400
Mn	20 - 30	31 - 100	100 - 250
Mo	0.5 - 0.9	1.0 - 5.0	> 5.0
Zn	10 - 20.0	21 - 70	71 - 100

Loto (<i>Lotus corniculatus</i>)			
Parte de la planta	Hoja		
Tiempo	A la primera floración		
Elemento	Bajo	Optimo	Alto
		%	
N	< 4.0	4.00 - 4.5	> 4.5
P	< 0.28	0.28 - 0.36	> 0.36
K	< 1.6	1.60 - 2.6	> 2.6
Ca	< 1.7	1.70 - 2.0	
Mg	< 0.4	0.40 - 0.6	
		ppm	
B	< 30	30 - 75	> 75
Cu	< 6	6.0 - 10	> 10
Mn	< 50	50 - 80	> 80
Zn	< 30	30 - 50	> 50

Trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>)			
Parte de la planta	Punta		
Tiempo	Anterior a la floración		
Elemento	Bajo	Optimo	Alto
		%	
N	< 3.00	3.00 - 4.5	> 4.5
P	0.20 - 0.27	0.28 - 0.6	> 0.6
K	1.00 - 1.79	1.80 - 3.0	> 3.0
Ca	0.60 - 1.99	2.0 - 2.6	> 2.6
Mg	0.16 - 0.20	0.21 - 0.6	> 0.6
S	0.13 - 0.25	0.26 - 0.3	> 0.3
		Ppm	
B	< 25	25 - 50	> 50
Cu	< 5	5.0 - 8	> 8
Fe	< 50	50 - 100	> 100
Mn	< 25	25 - 100	> 100
Mo	< 0.15	0.15 - 0.25	> 0.25
Zn	< 15	15 - 25	> 25

Pasto azul (<i>Dactylis glomerata</i>)			
Parte de la planta	Punta		
Tiempo	3-4 semanas entre los cortes		
Elemento	Bajo	Óptimo	Alto
		%	
N	2.40 - 3.19	3.20 - 4.20	> 4.20
P	0.18 - 0.22	0.23 - 0.35	> 0.35
K	2.0 - 2.59	2.60 - 3.50	> 3.50
Ca	< 0.5	0.50 - 0.90	> 0.90
Mg	< 0.15	0.15 - 0.30	> 0.30
S	0.12 - 0.19	0.20 - 0.25	> 0.25
		Ppm	
B	< 8	8.0 - 12	> 12
Cu	< 3	3.0 - 5	> 5
Fe	< 50	50 - 200	> 200
Mn	< 50	50 - 150	> 150
Mo	< 0.5	0.5 - 1.5	> 1.5
Zn	< 20	20 - 50	> 50

Raigrass perenne (<i>Lolium perenne</i>)			
Número			
Parte de la planta	Todas las puntas		
Tiempo	Vegetativo		
Elemento	Bajo	Medio	Alto
		%	
N	4.0 - 4.49	4.50 - 5	> 5.0
P	0.30 - 0.34	0.35 - 0.4	> 0.4
K	1.70 - 1.99	2.0 - 2.5	> 2.5
Ca	0.20 - 0.24	0.25 - 0.3	> 0.3
Mg	0.13 - 0.15	0.16 - 0.2	> 0.2
S	0.22 - 0.26	0.27 - 0.32	> 0.32
		Ppm	
B	< 9	9.0 - 17	> 17
Cu	4.0 - 5	6.0 - 7	> 8
Mn	< 20	20 - 24	> 25 - 30
Mo	< 0,15	0,15 - 0,29	> 0,30 - 0,40
Zn	10.0 - 13	14 - 20	> 20

Fe	< 40	40 - 49	> 50 - 60
N/P	> 15	15 - 14	13 - 11
N/S	> 18	18 - 17	16 - 14

Trigo (<i>Triticum vulgare</i>), Avena (<i>Avena sativa</i>), Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)			
Número			
Parte de la planta	Toda la planta		
Tiempo			
Elemento	Bajo	Óptimo	Alto
		%	
N	< 1,5	1,15 - 2,0	2,1 - 3,0
P	< 0,15	0,15 - 0,20	> 0,21 - 0,50
K	< 1,25	1,25 - 1,50	> 1,50 - 3,0
Ca	< 0,2	0,20 - 0,50	> 0,50
Mg	< 0,15	0,15 - 0,50	> 0,50
S	0,15	0,15 - 0,40	> 0,40
		ppm	
B	< 2	2,0 - 10	> 10
Cu	< 5	5 - 25	> 25
Mn	< 5 - 25	26 - 100	> 100
Zn	< 15	1,5 - 70	> 70

Cuadro 6.27
Contenido de algunos nutrientes en fertilizantes comerciales

Fertilizante	Contenido de Elementos Puros (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Urea	46	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	20	-	-	-	-	23
Fosfato diamónico (DAP)	18	20	-	-	-	-
Superfosfato triple	-	20	-	14	-	-
Superfosfato simple	-	7	-	20	-	12
Calfos (abono fosfórico)	-	4	-	37	1	-
Roca fosfórica Huila	-	8	-	30	-	-
Cloruro de potasio	-	-	50	-	-	-

Sulfato de potasio	-	-	42	-		18
Sulpomag (KMAG)	-	-	18	-	11	22
Sulcamag	-	-	-	18	9.6	9.0
Sulfato de magnesio	-	-	-	-	10	13
Oxido de magnesio	-	-	-	-	32	-
Yeso comercial	-	-	-	14 -17		10 -13.
Cal dolomítica	-	-	-	25 -30	7 - 12.	-
Cal agrícola	-	-	-	30		-
Flor de azufre	-	-	-	-		85
Fertilizantes Compuestos						
15 - 15 - 15	15.0	6.5	12.5	-	-	-
10 - 30 - 10	10.0	13.1	8.3	-	-	-
21-12-15-4-3	21	5.2	15		4	3
20-15-12-4-3	20	6.5	12		4	3

Fuente: CIAT, 1995.

Cuadro 6.28
Factores de conversión entre nutrimentos

Compuesto	Factor1/	Elemento	Factor1/	Compuesto
P ₂ O ₅	0.4364	P	2.2914	P ₂ O ₅
K ₂ O	0.8302	K	1.2046	K ₂ O
MgO	0.603	Mg	1.6582	MgO
MgCO ₃	0.2883	Mg	3.4682	Mg CO ₃
SO ₄	0.333	S	3.000	SO ₄
CaO	0.7147	Ca	1.3942	CaO
CaCO ₃	0.4004	Ca	2.4972	CaCO ₃

1/Valores calculados con base en relación de peso atómico y molecular

Fuente: CIAT, 1995.

Cuadro 6.29
Equivalencias entre nutrimentos

1 meq de k / 100 g de suelo =	781 kg / ha de K
1 meq de k / 100 g de suelo =	400 kg / ha de Ca
1 meq de k / 100 g de suelo =	240 kg ha de Mg
1 ppm de P =	2 kg / ha de P
1 ppm de S =	2 kg / ha de S

Fuente: CIAT, 1995.

Cuadro 6.30
Relaciones entre Nutrimentos

Relación C / N =	≤ 15
Relación N / S =	(15 a 1)
Relación Ca:Mg:K (meq/100 g de suelo) =	10:4:1
Relación Ca: Mg: K (en kg/ha) =	16.7:1:3.2

1 Todas las equivalencias y relaciones asumen densidad aparente del suelo = 1 g/cc

Fuente: CIAT, (1995).

CAPITULO VII

Registro general de potreros

Hda.: _____

Potrero N°	Superficie ha	Tipo de suelo	Uso	Mezcla forrajera	Limitantes para la producción

Registro de manejo de potreros

Nombre de la finca: _____
 Potrero N° _____
 Superficie _____
 Topografía _____
 Disponibilidad de riego _____
 Limitantes de producción _____

REGISTRO DE ACTIVIDADES

Fecha	Dispersión de heces	Cortes de igualación	Aireación	Enmiendas y fertilización química		Abonamiento orgánico		Control de malezas	Resiembra	Riego
				Fórmula	Cantidad	Clase	Cantidad			

Capítulo VIII

Cercado eléctrico

Antecedentes

El cercado eléctrico es hoy día, parte integral de la mayoría de explotaciones agropecuarias en muchos países del mundo ya que permite una optimización del aprovechamiento del pasto.

Términos técnicos utilizados:

Alambre Pulsado, alambre que carga una pulsación de voltaje. Los electrificadores de cerca envían impulsos de alta tensión a intervalos aproximados de un segundo. Estos impulsos solo permanecen en el alambre dos milésimas de segundo.

Amperios, medida de la cantidad de corriente que fluye en un circuito eléctrico. La gravedad o fuerza del “choque” que sufre el animal depende de los amperios. La corriente que fluye por el alambre pulsado tiene bajísimo amperaje: 20-25 miliamperios, por esta razón no causa daño.

Corto, gran pérdida de energía desde el alambre del cerco hasta la tierra, tal como un alambre de tierra tocando un alambre vivo o, largos tramos de alambre electrificado tirados en el piso.

Escape, la corriente puede “perdersé” desde el alambre pulsado a tierra, por medio de la vegetación que toca el alambre, aisladores defectuosos, o alambres tocando postes, etc.

Fusible, las cercas eléctricas utilizan fusible de un amperio.

Impulsor, electrificador o pastor eléctrico, el aparato transformador e impulsor de energía. Genera pulsos intermitentes de alto voltaje. Cada pulso consta de una explosión de intensa energía eléctrica liberada, como se indicó anteriormente en un período de dos milésimas de segundo.

Julios, medida moderna de la energía usada o disponible; mientras más altos los julios, significa que se entrega más energía y por lo tanto más alambres de la cerca pueden ser electrificados. Los pastores eléctricos suministran de 3 000 a 6 000 J.

OHMS, medida de resistencia al flujo de energía. Una disminución en la resistencia mejora o incrementa la corriente.

Pérdidas de baja energía, desde el alambre del cerco hasta la tierra causadas por hojas de plantas o aisladores defectuosos.

Voltios, medida de la presión eléctrica para hacer que la corriente fluya por el cable. Debido a las grandes distancias que recorre el cercado eléctrico, se necesita un elevado voltaje de 3000 a 8000 voltios (3 Kv a 8 Kv).

Wattios, medida de consumo de energía. Un módulo de cercado eléctrico consume 25 W, es decir menos que un foco.

Principios básicos de operación

El cercado eléctrico trabaja psicológicamente (barrera atemorizadora); los animales aprenden a asociar el choque eléctrico con dolor y miedo. No existe dolor duradero, ni daño físico.

Ventajas del cercado eléctrico

- Bajo costo, en material y mano de obra.
- Fácil de construir, materiales más livianos que el cercado convencional.
- Larga vida y bajo mantenimiento, por no estar sujeta a la presión física de los animales.
- Simplicidad y flexibilidad, no hay manera más fácil ni rápida para subdividir un potrero y controlar el pastoreo.
- Menos daño al ganado.

Sistemas de cerca eléctrica

1. Sistema de retornos a tierra

Este sistema utiliza uno o más alambres para llevar las pulsaciones eléctricas del impulsor, cuando el animal toca el alambre la corriente pasa a la tierra a través de su cuerpo y regresa al impulsor por vía del suelo. La tierra conduce electricidad gracias a la conductividad eléctrica del agua.

2. Sistema de retorno de la cerca

En suelos secos, con baja conductividad eléctrica es necesario contar con un alambre “a tierra” a través del cual regrese la electricidad al impulsor.

Seguridad

Señales: Cuando el cercado eléctrico esté junto a una vía pública, se deben colocar carteles de señalización por lo menos uno por cada alineación recta no mayor a 50 metros.

Tormentas: Por seguridad aun cuando esté instalado un pararrayo; es necesario desconectar el impulsor y desenchufarlo durante las tormentas eléctricas.

Líneas de teléfono: Las líneas de la cerca eléctrica no deben estar paralelas a las telefónicas, pues esto produce interferencias.

Tierra: Nunca se debe utilizar el alambrado de la casa, las instalaciones de agua potable o la estructura de la casa como conexiones de tierra.

Tipos de impulsores

Los impulsores para cercas eléctricas varían según la fuente de poder, y la producción total de energía. Tenemos dos grupos:

- Accionados por batería, generalmente portátiles de mediano poder. La batería puede ser recargable o no; las recargables pueden cargarse enchufando periódicamente a la energía eléctrica o con la ayuda de un panel solar o fotocelda de 12 voltios que transforma la energía lumínica en eléctrica. El panel está incorporado al cuerpo del “Pastor eléctrico”. Las pilas recargables, pueden ser de 6-9-12 V. Capacidad de alcance hasta 20 kilómetros.
- Accionados por energía eléctrica, fijos, de alto poder, capacidad de alcance 40, 60 y más km.

Instalación del impulsor

PROTECCIÓN

Los impulsores portátiles se pueden instalar a la interperie en el lugar mismo donde se necesita la energía, mientras que los impulsores fijos accionados por electricidad deben ser instalados en un sitio protegido, generalmente oficina de administración, lechería, etc.

SEGURIDAD

Todas las instalaciones del impulsor a la cerca, así como la conexión a tierra se deben hacer con alambre revestido de 4 mm (calibre 8).

CONEXIÓN A TIERRA

Se necesita enterrar una varilla de cobre (coperwelt) de ½ pulgada o, un tubo de hierro galvanizado de una pulgada, de dos metros de largo. La distancia de conexión de la toma de tierra del impulsor y la varilla, no tiene que ser mayor a 10 m. El empalme del alambre con la varilla o tubo debe hacerse siempre con tuercas y arandelas galvanizadas y revestidas con cinta aislante. Cuando el sistema de cercado eléctrico va a ser de muchos kilómetros o cuando en el suelo no hay suficiente humedad es necesario asegurarse un buen contacto con tierra y se preferirá colocar 3 varillas a una distancia mínima de 3-4 metros entre sí; puede ser en línea o en triángulo. Es necesario colocar las varillas bien distanciadas, ya que cada una genera un campo electromagnético y si se unen o sobreponen, el efecto se cancela.

Es necesario hacer énfasis en la importancia de enterrar la varilla a profundidad, donde el suelo es húmedo y por tanto la resistencia eléctrica es más baja y con esto la corriente eléctrica fluirá fácilmente. Instalar de preferencia en un lugar cercano a una vega de río, canal de agua, acequia, etc.

CONEXIÓN DEL ALAMBRE PULSADO

El cercado eléctrico o “cerca eléctrica”, trabaja mejor con alambre sólido galvanizado N° 12 o 14.

Los postes del área perimetral de los potreros pueden ser de dos tipos: para los extremos (esquinas) o cada 80-100 metros y en las puertas, postes de 15 cm de diámetro, apuntalados; en el intermedio cada 8-10 metros, postes de 10-12 cm de diámetro. El largo de los postes más conveniente es 150 cm, 50-60 cm para enterrar, 80 cm la altura del alambre y 10 cm de sobrante.

Los postes deben tratarse para prolongar su duración por lo menos en aquella parte que va a ser enterrada en el suelo, con brea o alquitrán mezclado con aceite quemado o con sulfato de cobre.

El alambre debe tensarse bien, aproximadamente cada 80-100 metros; esto se logra halando el cable entre 2 o 3 personas, o colocando tensores en los extremos. Para el tensado, el alambre puede rodear los postes, en este caso debe aislarse utilizando mangueras; puede también emplearse bandas de caucho de llanta, en este caso la banda de caucho rodea al poste y el alambre se amarra a la banda.



Posteriormente se colocan los postes intermedios cada 8-10 metros y se sujeta el alambre con aisladores.

Paso de las puertas y/o caminos: se lo hace con el mismo alambre, pero revestido con una manguera plástica; es necesario cavar un pequeño canal de 60 cm de profundidad y en su interior se entierra el cable. También puede hacerse por lo alto, a similitud de una línea telefónica.

La corriente del alambre de un lado del potrero, pasa al otro, mediante “empalmes o puentes”, mismos que es mejor hacerlos con alambre revestido.

Las puertas también deben estar energizadas, y esto se logra mediante un pequeño puente y aisladores elaborados para este fin. Existen también manillas que se colocan en el extremo del alambre, y son muy útiles para proteger al operador. Las manillas generalmente, tienen en su interior un resorte, cuya finalidad es ayudar a mantener tensada la puerta.



Cuando se han hecho todas las conexiones del cercado eléctrico, se empalma o conecta la energía proveniente del impulsor o pastor eléctrico. Las únicas recomendaciones son que el alambre debe ser revestido y los contactos en los postes deben estar aislados convenientemente y que el empalme debe

realizarse enrollando muy apretado y uniformemente el alambre que “trae” la energía, sobre el que “recibe”.

En cuanto al alcance, una cerca eléctrica solar con acumulador de 6 voltios tiene un alcance de 20 km; una cerca de 6,2 Kv energiza 25 km y una de 8 Kv energiza 40 km.

Para optimizar el uso de la energía es conveniente sectorizar la finca y mediante interruptores dar energía solamente a la línea del sector donde está el ganado. Cada potrero debe tener también su propio interruptor, de esta manera se conectará solamente el potrero donde está pastoreando el ganado.

Es muy conveniente instalar un pararrayo a la salida del impulsor, antes del cercado eléctrico. Este accesorio protege al impulsor y a las edificaciones donde está situado, en el caso de que un rayo caiga en algún punto del cercado eléctrico. El pararrayo consta fundamentalmente de una resistencia sensible, que en el momento de la descarga eléctrica se funde y la corriente eléctrica continúa a las varillas de “tierra”; esto quiere decir que una parte del pararrayo debe estar conectado al alambre pulsado y otra parte a tierra. Las varillas de tierra del pararrayo son independientes de las “toma de tierra” del impulsor.

Estando energizado el perímetro del potrero donde está el ganado, se puede tomar la energía para subdividir el potrero en franjas de pastoreo más pequeñas, mediante el uso de un cordel de polietileno con tratamiento UV con hilos de acero inoxidable, el cual se enrolla en un carrete. Este alambre se sostiene en pequeños postes de madera o de fibra de 80 cm de alto, también pueden estar contruidos en varilla de 1/4” con el extremo superior aislado con manguera plástica y torcido en forma de “rabo de puerco”.



Para ovinos, caprinos, venados y depredadores las cercas deben tener un primer alambre no más de 15-20 cm del suelo.

Una forma sencilla de comprobar la potencia y el correcto funcionamiento del electrificador, es cortocircuitarlo con una resistencia y medir la tensión entre los bornes con un voltímetro adecuado. Cuando el aparato es malo o existen fallas de instalación la tensión será menor.

MANTENIMIENTO

Cuando la cerca eléctrica esté instalada y funcionando, debe recibir inspecciones periódicas, se recomienda utilizar un voltímetro o indicador con luz para verificar la cerca en varios sitios: observar si hay aisladores o alambres flojos o rotos, los alambres no deben estar oxidados, no permitir que la hierba, malezas o arbustos toquen los alambres ya que se producen “cortos” o pérdidas de energía.

LOS AISLADORES

Son elaborados generalmente de porcelana o plástico, y existen de diferente diseño. Cuando no es posible conseguir aisladores apropiados, se puede aislar mediante el uso de trozos de manguera o envolviendo el alambre pulsado con caucho de tubo de llanta de carro.

PARARRAYOS

Los rayos son un problema importante en las cercas eléctricas. Se debe instalar siempre un pararrayo entre la cerca y el energizador, este pararrayo debe tener su propio sistema de tierra y las varillas deben estar a por lo menos 20 metros de distancias de las varillas de tierra del energizador. Utilizar también un disipador de voltajes (cortapicos) en el cable tomacorriente, como protección contra los rayos.

Capítulo XI

Medición de la producción primaria

MATERIALES:

- Un cuadrante de varilla metálica delgada (1/4”) o de madera, de 1 metro por cada lado
- Una hoz o machete.
- Una funda o recipiente para recoger el pasto.
- Una báscula.
- Una estufa.

PROCEDIMIENTO

1. Método de pesaje

En el potrero o cultivo de pasto donde se quiera calcular la capacidad de carga, se debe tomar muestras de pasto ubicando lugares o sectores donde el crecimiento sea representativo. No se debe tomar muestras de lugares donde el crecimiento sea mayor o menor, porque los resultados no serán correctos. Se recomienda 8 - 20 muestras por hectárea.

En el lugar seleccionado se lanza el cuadrante y en el sitio donde cae, se procede a cortar el pasto con el instrumento más adecuado, o simplemente se procede a arrancarlo con la mano; el método seleccionado depende de la textura del pasto y de la altura del mismo, así por ejemplo, en pastos cespitosos puede ser suficiente arrancar con la mano, para pastos medianos habrá necesidad de utilizar una hoz y en el caso de pastos altos como los tropicales, es más conveniente utilizar el machete.

El corte debe efectuarse a una altura tal que, el residuo que quede garantice un rebrote rápido y vigoroso. Esta altura aproximadamente es: 5 cm en pastos cespitosos, 7 cm en pastos medianos y de crecimiento matajoso (raigrás italiano, alfalfa), 15 cm en pastos tropicales rastreros como estrella y brachiaris, 30 cm en saboya, a ras en king grass o pasto elefante, etc.

Pese el pasto cortado, esto es la Materia Verde.

Calcule la producción por hectárea, sacando el promedio de producción por metro cuadrado y luego relacione a 10 000 metros cuadrados.

Calcule la producción por hectárea y por año. Para esto es necesario conocer el número de cortes que se pueden hacer durante el año. Tome en cuenta el efecto del período de lluvias (invierno) y del período de sequía (verano) que afectan al período de descanso y en consecuencia al número de cortes o pastoreos y a la cantidad de forraje producido; por esta razón, es aconsejado realizar dos muestreos, uno en invierno y otro en verano, aproximadamente en los 2/3 de avanzada la estación; así se puede conocer la producción de invierno y la producción de verano, la suma de las dos producciones, dará la producción anual.

Con la producción de verano, estamos en capacidad de conocer la capacidad de carga mínima, con la producción de invierno conocemos la capacidad de carga máxima, y con la producción anual podemos conocer la capacidad de carga promedio.

En nutrición animal, se necesitan datos más exactos y se deberá determinar la materia seca (MS). En este caso, en el campo se deben mezclar las diferentes muestras de pasto fresco y tomar una muestra representativa de 250 g, la cual debe ser llevada a la estufa para proceder a eliminar la humedad.

En el laboratorio se pesa nuevamente la muestra en una balanza con una precisión de 1 gr.

La determinación de la MS se efectúa sometiendo la MV al calor con aire forzado; existiendo dos métodos: 105° C. durante 12 horas, si solamente interesa la MS 60° C. durante 48 horas, si las muestras van a servir también para análisis bromatológico o digestibilidad “in vitro” (DIV).

Para el secado y con la finalidad de evitar la pérdida de material, se aconseja introducir las muestras de pasto en bolsas de liencillo, de un tamaño de 45 cm x 30 cm. Forraje útil: lo cortado y pesado, menos un 5-10% de desperdicio, (con la altura de corte, ya quedó el residuo).

2. Sensor de radiación (Grass Máster).

Hoy día existe el “Grass Máster” o medidor de materia seca de las pasturas. Este implemento diseñado en Nueva Zelanda mide la fuerza magnética de los pastos e infiere la cantidad de materia seca existente; es necesario realizar un recorrido por el potrero y efectuar 20- 30 lecturas por hectárea y en forma instantánea obtenemos lecturas parciales y el promedio de materia seca por hectárea. La flexibilidad de dicho implemento permite medir la producción de materia seca de todos los potreros de la hacienda en un solo recorrido y luego cargar la información a un computador.

Con la información de la producción de materia seca de los potreros antes del pastoreo y efectuando una nueva lectura luego del pastoreo conoceremos el residuo y por diferencia la materia seca que utilizó el ganado. Para cálculos rápidos, la cantidad de forraje útil o aprovechable se calcula descontando de la biomasa total de MS (lectura inicial) un 35% de residuo (sumatoria de la cantidad MS necesaria para el rebrote, más el desperdicio por pisoteo, excretas, etc.)

Con este implemento se puede efectuar calendarios o turnos de rotación de los potreros, comparar la producción de variedades forrajeras, respuestas de los pastos a la fertilización, al riego, etc.

3. Plato medidor (Rising Plate Meter)

Este instrumento estima la disponibilidad de forraje en forma indirecta. Permite registrar la altura comprimida de la pradera que es función de la estructura de la pastura (altura y densidad del follaje). La altura registrada por el instrumento se transforma a través de ecuaciones previamente calibradas para cada época del año, resultado un valor final expresado en kg/MS/ha.

Determinación de la composición botánica

TIPOS DE MATERIALES:

- Material vivo: especies útiles (gramíneas y leguminosas) y adventicias.
- Material senescente (en proceso de envejecimiento).

MÉTODOS:

- Pesaje.
- Estimación visual con cuadrantes divididos.
- Punto cuadrático.
- Transectas permanentes.

1. Método de pesaje.

Procedimiento:

Recoger en el campo, al azar, varias muestras de material de aproximadamente 500 g cada una, en una funda plástica y llevarla al laboratorio o a un lugar protegido (con sombra).

En el laboratorio, volver a pesar el material y separar en dos grupos: material verde y material senescente (muerto, color amarillo).

Tener mucho cuidado de no perder el material.

Pesar y anotar.

Separar el material verde en 3 grupos: gramíneas, leguminosas y malezas.

Pesar cada grupo, registrar el peso y determinar el porcentaje.

Si se requiere mayor detalle técnico o si se esperan cambios en la composición botánica y si estos cambios tienen significación en el uso del pastizal, se pueden continuar separando las especies y se debe pesar cada una de ellas por separado.

2. Estimación visual con cuadrantes divididos.

Procedimiento:

Un cuadrante de 1 metro cuadrado, se procede a dividirlo por medio de alambres o cuerda plástica, en espacios de 20 x 25 cm, es decir un total de 20 subdivisiones.

El cuadrante se ubica al azar dentro del potrero, siguiendo los mismos criterios que para la toma de muestras para medir la producción de forraje.

Se procede a estimar visualmente el “porcentaje del área cubierta” por cada especie o grupos de especies en 10 de las 20 subdivisiones, pudiendo seguirse un orden bien sea de números pares (2, 4, 6.....18, 20) o de impares (1, 3, 5.....17, 19); se anotan los porcentajes, también si hubiera suelo desnudo. El promedio de las 10 observaciones corresponde a la composición botánica del cuadrante y, el promedio de los cuadrantes a la composición botánica del potrero.

Es necesario resaltar que con este método realmente se estima la porción del área horizontal cubierta por cada especie; mientras que en el método de separación manual se mide el porcentaje de peso del forraje, correspondiente a cada especie. En el caso de las pasturas de la sierra, donde predominan raigrass y trébol, existe una relación aproximada de que cuando visualmente se aprecia una composición botánica de 50% de gramíneas y 50% de leguminosas, en la realidad al peso habrá 25-30% de leguminosas y 70-75% de gramíneas (porcentaje ideal de la mezcla forrajera). Este método es rápido, efectivo y práctico para el trabajo en la finca; se recomienda que las observaciones sean realizadas por un solo operario a través del tiempo, para evitar cambios en apreciaciones y sesgos normales de vista.

3. Punto cuadrático

En este método se emplean toques de agujas sobre la vegetación, para estimar la composición botánica.

El punto cuadrático es un instrumento que consiste en un soporte (cabelle) que tiene agujas rígidas y finas, las cuales se deslizan de arriba hacia abajo sobre la vegetación y “tocan” las diversas especies. Los soportes pueden sostener agujas verticales o inclinadas; se estima que las agujas verticales tocan con mayor precisión y frecuencia las hojas horizontales de tréboles, alfalfa, etc. en perjuicio de las plantas con hojas finas e inclinadas como de las gramíneas; mientras que las agujas inclinadas hacen estimaciones más balanceadas.

4. Transectas permanentes

La transecta es una línea imaginaria trazada sobre la vegetación que queda permanentemente marcada por medio de dos puntos de referencia (estacas metálicas), de tal forma que se pueda regresar a ella a través de los años y de esta manera observar los cambios en la composición botánica ocurridas con el tiempo, como resultado de variaciones climáticas o de manejo del pastizal. La transecta puede tener 10 m en pasturas artificiales densas y 30 m en pastizales naturales ralos; en el primer caso, la composición botánica se obtiene dividiendo la transecta en 5 partes de 2 m cada una, se cuentan las especies de cada grupo, presentes a lo largo de la línea; luego se promedian los resultados de las 5 secciones.

Producción de forraje hidropónico

MATERIALES

- El invernadero.
- Tamaño: depende de la cantidad de forraje que se quiera producir diariamente; en 4 m² se puede producir 15 kg de forraje verde hidropónico (FVH)/ día.
- Ubicación: cercano al establo.
- Construcción: depende del clima. En climas cálidos, techo alto y sin paredes laterales o, cubiertas parcialmente. En clima frío, a fin de regular la temperatura, especialmente en horas de la noche, invernadero hermético y con doble pared de plástico.
- El piso: preferible de concreto, para poder recoger el agua y/o solución nutritiva, llevarla a un tanque y reciclar mediante una bomba. Pero también puede ser de piedra o ripio; tendrá pendiente para permitir el drenaje del agua.
- Estanterías: madera, guadua, metal o PVC, de una altura tal que permita comodidad para las diferentes labores.
- Módulos: cada estantería conforma un módulo de 4-5 niveles, separados entre sí por calles de 1 m para facilitar labores. Cada nivel va separado entre sí 50 cm, el primer nivel debe estar a 30 cm del suelo. Los niveles tendrán una pendiente del 10% para drenar el agua o la solución sobrante de las bandejas.
- Bandejas: puede ser de diferentes materiales, láminas de metal galvanizado, plástico o marcos de madera con plástico UVC. Las dimensiones pueden variar alrededor de 50 cm de ancho x 1 m de largo. y la profundidad de 2-4 cm.

- El sistema de riego.
- Por gravedad: se coloca una tubería perforada en la parte superior del nivel por la cual sale el agua de riego que recorre las bandejas superiores y va drenando hacia las inferiores, para este efecto los pisos deben tener inclinaciones alternas o en zig zag.
- El sistema por aspersión: la tubería con los microaspersores, va colocada a 30-40 cm sobre el nivel de las bandejas. Con esta modalidad el riego es más uniforme, aumenta la humedad relativa del invernadero y se regula la temperatura.
- La nebulización: es una variante de la microaspersión donde la presión del sistema es mayor y el tamaño de la gota es más pequeño (neblina).
- En cualquier caso, el riego debe ser intermitente, sin que se produzcan encharcamientos, con intervalos de 2-3 horas a fin de permitir que las raíces se oxigenen.
- Partes del sistema de riego:
- El tanque: el tamaño varía con el tamaño del invernadero y las necesidades de riego. Aproximadamente se necesitan 2 L de agua para producir 1 kg de forraje. El material preferiblemente será de PVC y con tapa para fácil mantenimiento, evitar reacciones con la solución nutritiva y debe proteger de la luz y de elementos extraños.
- Motobomba: debe tener la capacidad necesaria (L/hora) y la potencia requerida en caballos de fuerza (HP).
- Tuberías y mangueras: son mejores las de PVC o polietileno, el diámetro depende de acuerdo al caudal y a la longitud del tramo a regar. En términos generales el diámetro puede ser 3/4” para la tubería de entrada al tanque, 1” para la tubería principal de salida de la bomba hacia las estanterías, 3/4 en el ramal secundario que reparte a los pisos de cada estantería, y 1/2” en los ramales terciarios de cada piso, sobre las bandejas; aquí van colocados los aspersores.
- Aspersores: se instalan aproximadamente a 95 cm. de distancia uno de otro, generalmente un aspersor riega cuatro bandejas (dos a cada lado).
- Filtros: pueden ser de arena o malla, evitan la obstrucción de los aspersores.
- Timmer: el reloj controlador de tiempo es conveniente para regular automáticamente la frecuencia y duración del riego.
- Vénturi: en el caso de que se desee hacer fertirrigación.

METODOLOGÍA

- Selección de la semilla: Se utilizan semillas de cereales o leguminosas, debe estar libre de malezas, plagas y enfermedades. No se debe utilizar semillas desinfectadas con Vitavax. La humedad de la semilla debe ser del 12% y deben estar fisiológicamente maduras. Las especies más empleadas, son maíz, sorgo, arroz y soya para las zonas abrigadas y, cebada, trigo y vicia para zonas templadas.
- Lavado: la semilla se inunda en un tanque o recipiente, y se retira todo el material que flota como semillas vanas, granos partidos, y cualquier tipo de impureza.
- Pre germinación: para romper el estado de latencia, debe dejarse la semilla en agua durante 24 horas; conviene cambiar de agua repetidas veces para que se laven las sustancias inhibitoras de la germinación. Si hay incidencia de hongos, conviene poner cal en el agua (1 kg/ 25 L). Al día siguiente, se drena el agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposando por 48 horas, en recipientes con tapa perforados para permitir el escurrimiento del agua y la respiración.
- Siembra: las semillas luego del reposo empiezan a germinar, entonces se pasan a las bandejas y se colocan en capas delgadas (un grano pegado a otro). Las bandejas cargadas, se colocan en las estanterías para que termine el proceso de germinación y se inicie el desarrollo.
- Riego: las bandejas deben ser regadas inmediatamente después de la siembra. 4 a 5 riegos, durante 2 a 3 minutos, según la temperatura del día.
- Cosecha: aproximadamente a los 12-15 días. cuando el forraje haya alcanzado 20-25 cm de alto.
- Asepsia: antes de reutilizar las bandejas, éstas deben ser desinfectadas con una solución débil de yodo o de cloro (30-40 ppm), para evitar la presencia de hongos y cualquier otro tipo de patógeno, si esto no da resultado, la cal (carbonato de calcio), da buenos resultados.

- Autor: Ing. Agr. Ramiro León E., Mag.
Ex Profesor Principal de Forrajicultura
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Central del Ecuador
1976-2013
- Ex Docente de Pastos
Facultad de Ciencias Agropecuarias (IASA)
Escuela Politécnica del Ejército
1996-2013
- Coautores: Dra. MVZ. Nancy Bonifaz G. MSc., Producción Animal
Docente de Fisiología y Biotecnología Animal
Carrera de Biotecnología de los Recursos Naturales
Universidad Politécnica Salesiana
Investigadora del Grupo de NUNKUY WAKAN
- Ing. Agrop. Francisco Gutiérrez L. MSc., Producción Animal
Profesor de Pastos y Forrajes y, Nutrición Animal
Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad Central del Ecuador
- Revisores: Ing. Agr. Daniel Delorenzo Achondo,
Facultad de Agronomía, Campus La Palma
Universidad Católica de Valparaíso.
Chile.
- Ing. Agr. Laura Huchi Espin. MSc. Gestión Ambiental
Especialista en Nutrición y Fertilización de Suelos
Docente de Fitomejoramiento y Técnicas de Cultivo
Carrera de Biotecnología de los Recursos Naturales
Universidad Politécnica Salesiana
Docente Investigadora de la UPS
- Dr. MVZ. Eduardo Aragón Vasquez
MSc, PhD.
Especialista en Administración Rural
Especialista en Gestión
MSc en Zootecnia Nutrición Animal
PhD en Ciencia Animal-Nutrición Animal
Profesor Agregado Bioquímica II
Profesor de Alimentos y Alimentación
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad
Central del Ecuador

Los animales herbívoros son máquinas biológicas que transforman el forraje en carne, leche o lana. De la calidad del forraje dependerá la salud de los animales y, por ende, la calidad de sus productos. En este trabajo el lector encontrará, la más variada información sobre los factores de producción de los principales pastos y forrajes cultivados en el país tanto de clima frío y tropical, la siembra y el manejo de las pasturas, fertilización, recuperación y mejoramiento de potreros, el manejo del ganado en los sistemas de pastoreo, el valor nutritivo de los pastos, las enfermedades carenciales y las enfermedades metabólicas del ganado en pastoreo, la planificación de producción forrajera, y los métodos de conservación de forraje. Además de otros temas relacionados con los pastos, como producción de semillas, establecimiento y manejo de céspedes.

En el Ecuador son escasas las publicaciones sobre la producción de pastos y forrajes, por ello, los autores buscan llenar el vacío existente a nivel de la academia, de los profesionales y de los productores pecuarios. La experiencia de los autores en la cátedra, investigación científica, la participación en congresos y la práctica profesional en agronomía, agropecuaria y la medicina veterinaria, ha permitido redactar esta obra en términos sencillos y comprensibles para todo tipo de público.

