

**ALTERNATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE PRADERAS
DEGRADADAS EN LA ZONA LECHERA DEL DEPARTAMENTO DE
NARIÑO**

CARLOS CRHISTIAN ENRÍQUEZ INSUASTY

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE RECURSOS ALIMENTARIOS
PARA ESPECIES PECUARIAS
VICERRECTORÍA DE POSTGRADOS Y RELACIONES INTERNACIONALES
SAN JUAN DE PASTO
2008**

**ALTERNATIVAS PARA LA RECUPERACIÓN DE PRADERAS
DEGRADADAS EN LA ZONA LECHERA DEL DEPARTAMENTO DE
NARIÑO**

CARLOS CRHISTIAN ENRIQUEZ INSUASTY

**Monografía presentada como requisito parcial para optar
al título de Especialista en Producción de Recursos Alimentarios
para Especies Pecuarias**

**Asesor:
HERNÁN OJEDA JURADO
Zootecnista, Esp.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
ESPECIALIZACION EN PRODUCCION DE RECURSOS ALIMENTARIOS
PARA ESPECIES PECUARIAS
VICERRECTORIA DE POSTGRADOS Y RELACIONES INTERNACIONALES
SAN JUAN DE PASTO
2008**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, noviembre de 2008

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por darme la oportunidad de culminar este sueño.

El esfuerzo y dedicación que he puesto en esta monografía, va con mucho cariño a mis padres, hermanos, cuyo afecto y comprensión impulsaron la culminación de esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que han colaborado en la realización de esta monografía y en especial:

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Facultad de ciencias pecuarias, San Juan de Pasto.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Vicerrectoría de investigaciones, postgrados y relaciones internacionales – VIPRI, San Juan de Pasto

HERNÁN OJEDA JURADO, Zootecnista Esp., Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPÍNDOLA, Zootecnista M.Sc., Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

JESÚS ANTONIO CASTILLO FRANCO, Ingeniero agrónomo Ph. D, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

MARÍA ISABEL NARVÁEZ VILLOTA, Zootecnista, San Juan de Pasto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. JUSTIFICACIÓN	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. CAPITULO I	17
3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE CLIMA FRÍO EN COLOMBIA	17
3.2 TAXONOMÍA DE LOS SUELOS EN NARIÑO	17
3.2.1 Entisoles	18
3.2.2 Inceptisoles.....	18
3.2.3 Andisoles.....	19
3.2.4 Molisoles.....	19
3.2.5 Alfisoles	20
3.2.6 Histosoles	20
3.2.7 Ultisoles	20
3.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	20
3.3.1 Estructura	22
3.3.2 Textura	24
3.3.3 Porosidad.....	25
3.3.4 Densidad Aparente.....	26
3.3.5 Densidad Real	27
3.3.6 Permeabilidad.....	27
3.3.7 Retención de humedad en el suelo.....	28
3.3.8 Color.....	31
3.3.9 Profundidad efectiva	31
3.3.10 Materia Orgánica.....	32
3.4 COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS.....	33
3.4.2 Prevención de la compactación del suelo.....	37
3.4.3 Pisoteo animal	38

3.4.4 Compactación y materia orgánica.....	39
3.5 DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS	40
3.5.1 Erosión del suelo	41
3.5.2 Erodabilidad y su relación con los agregados del suelo.....	42
4. CAPITULO II	44
4.1 SITUACIÓN DE LAS PRADERAS DESTINADAS A GANADERIA DE LECHE	44
4.1.1 Instalación de Pasturas	46
4.1.2 Especies forrajeras predominantes.....	46
4.2 FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN CLIMA FRÍO EN COLOMBIA.	48
4.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN CLIMA FRÍO.....	49
4.3.1 Pradera pura	49
4.3.2 Importancia de las leguminosas en praderas asociadas.....	50
5. CAPITULO III.....	51
5.1 EL USO DE LAS TIERRAS DE ACUERDO CON SU CAPACIDAD DE USO ..	51
5.1.1 Evaluación de las tierras.....	51
5.2 MANEJO DE PRADERAS EN COLOMBIA.....	52
5.2.1 Métodos conservacionistas de preparación del suelo.....	53
5.3 MANEJO DE SUELOS	54
5.3.1 Drenajes y desagües.	54
5.4 LABRANZA	54
5.4.1 Sistemas de labranza.	55
5.4.2 Clasificación de la Labranza.	55
5.4.3 Labranza del Suelo y la Materia Orgánica.....	57
5.5 VENTAJAS DE LA LABRANZA DE CONSERVACIÓN.	57
5.6 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE SUELOS EN EL MANEJO DE PRADERAS	58
5.7 PRINCIPALES CAUSAS DE DEGRADACIÓN DE LAS PRADERAS. La degradación de las praderas puede ser causada por uno o varios de los siguientes factores:	59

5.8 ESTRATEGIAS PARA LA RENOVACIÓN DE PRADERAS DEGRADADAS. Pérez afirma que.....	59
5.8.1 Ubicación de la zona compactada e implementos para la renovación Con frecuencia, las praderas degradadas presenta compactación del suelo, que afecta el desarrollo de las raíces, y reducen la absorción de nutrientes y de agua por parte de la planta; sin embargo, cuando el suelo no presenta problemas por compactación, la recuperación de la pradera puede requerir únicamente la aplicación de fertilizantes y/o la siembra de otras especies forrajeras para mejorar la producción y calidad nutritiva del forraje.	60
5.9 PREPARACIÓN DEL SUELO Y ÉPOCA DE SIEMBRA	62
5.9.1 Preparación convencional del suelo	62
5.9.2 Siembra	63
5.10.1 Defoliación y selectividad de las praderas	63
5.10.2 Reservas orgánicas y área foliar.....	64
5.11 IMPLEMENTOS PARA LA RENOVACIÓN DE PRADERAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	65
5.11.1 Renovación de praderas en Nariño	66
5.11.2 Adecuado manejo de praderas	67
6. CAPITULO IV	69
6.1 APLICACIÓN DE ENMIENDAS Y FERTILIZANTES EN LA RENOVACIÓN DE PRADERAS	69
6.1.1 Fertilización y rejuvenecimiento de pasturas degradadas.....	73
6.2 IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS.	74
6.2.1 Propiedades de los abonos orgánicos.....	75
6.2.2 Tipos de abonos orgánicos.....	76
6.3 ENMIENDAS HÚMICAS.....	77
6.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA GANADERÍA DE LECHE EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO	78
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
7.1 CONCLUSIONES	80
7.2 RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Adaptación relativa de varias especies de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima frío a diferentes condiciones de suelo*	47
Tabla 2. Composición química promedio de praderas en Colombia y cálculo de extracción anual de nutrientes*	72
Tabla 3. Extracción anual de nutrimentos de algunas especies de clima frío.....	72

GLOSARIO

COMPACTACIÓN: es la densificación del suelo por medios mecánicos. El objetivo, mejorar la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad, como consecuencia del proceso de densificación de la masa.

CONSERVACIÓN: Actitud con la que se busca evitar la degradación de los ecosistemas naturales.

DEGRADACIÓN: Desprendimiento de la capa superior del suelo, rica en elementos nutritivos, causado por el viento o el agua; a causa de este desprendimiento la tierra es menos productiva. Asimismo, por un manejo inadecuado de los suelos.

EROSIÓN: se refiere al desgaste de la superficie terrestre bajo la acción de los agentes erosivos, siendo los principales el viento y el agua y, en las regiones montañosas, la nieve y el hielo.

FERTILIZANTE: sustancia orgánica o mineral, de origen natural o artificial, que se añade al terreno para incrementar sus nutrientes y mejorar el crecimiento de las plantas.

LABRANZA: técnica que permite mantener o mejorar la productividad de los suelos.

PRADERA: la pradera es una bioma cuya vegetación predominante consiste en forrajes, ya sean naturales o mejorados.

RENOVACIÓN DE PRADERAS: en el ámbito agronómico y zootécnico, involucra prácticas de manejo conservacionistas que incluyen: labranza, fertilización etc.

TAXONOMÍA: Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación del suelo. Se aplica en particular, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres y de los grupos.

RESUMEN

La presente monografía, describe la importancia de los suelos para una eventual renovación de praderas donde clarifica las características de los suelos Colombianos ubicados en clima frío. Se detalla en concreto el origen de los suelos en el departamento de Nariño, haciendo énfasis en su taxonomía y resaltando el tipo de suelos más frecuentes en esta región del país; aunado a esto se describen las características físicas de estos suelos enfocándolos a la capacidad de uso de los productores.

Por otra parte, se menciona los problemas más comunes de los suelos como la compactación creada por diversas causas como implementos de labranza en el suelo, cargas producidas por neumáticos de tractores e implementos de arrastre o por pisoteo animal debido a un sobrepastoreo. También se describe los efectos de la compactación y la manera de prevenirla; se señala además la forma como se han degradado los suelos debido a la productividad de los cultivos, lo que conlleva a hablar de la erosión y la erodabilidad de los suelos como consecuencia de lo anterior.

Seguido a esto, se habla de la situación de las praderas destinadas a ganadería de leche principalmente en el estado en que se encuentran el manejo que se les aplica y su disponibilidad frente a otras fuentes de alimento como lo son los granos. Luego se describe el proceso de instalación de pasturas, las especies que se podrían utilizar, los forrajes más predominantes, seguido se menciona los factores limitantes de la producción de forrajes en Colombia y la instalación de pasturas en clima frío propiamente dicha.

Otro factor importante que se menciona es el uso de la tierra según su capacidad de uso, donde se evalúan las tierras midiendo sus características, el tipo de uso y si son aptas tanto física como económicamente. Esto con el fin de describir el manejo de los suelos que lleva a un punto importante como es la labranza donde se detallan los sistemas y clasificación de los mismos, enfocando esto a la relación labranza, suelo y materia orgánica.

Punto a seguir son las causas de degradación de las praderas, donde se describen todos los factores de degradación y las estrategias para renovarlas, así como también de las herramientas que se podrían usar para tal fin; seguido de la preparación del suelo y época de siembra, manejo de la pradera y los factores que afectan el rebrote y la productividad de las mismas.

Por último, se menciona la aplicación de enmiendas y fertilizantes en la renovación de praderas donde se describe los fertilizantes más comunes y la extracción de nutrientes de algunas especies de clima frío con el fin de conocer la cantidad de nutrimentos que se deben incorporar al suelo. Como complemento está la aplicación de abonos orgánicos, donde se mencionan sus características y propiedades, que serán necesarias conocerlas para aplicar estos abonos como complemento de la fertilización química y mejoradores del suelo.

Palabras clave: suelos, compactación, degradación, renovación, praderas, labranza, fertilización.

ABSTRACT

This monograph, describes the importance of soil for a possible renewal of grassland where clarifies the characteristics of the soils Colombian located in cold weather. Detailed in particular the origin of soils in the department of Nariño, with emphasis on its taxonomy and highlighting the most frequent type of soils in this region of the country, coupled with this describes the physical characteristics of these soils addressing the ability of Use of the producers.

On the other hand, mentions the most common problems of soil compaction created by the various causes such as tillage implements in the soil, charges generated by tires for tractors and implements towed by trampling or animal due to overgrazing. It also describes the effects of compaction and how to prevent it; also notes the way they have degraded soils, due to crop productivity, which leads to talk of erosion and Erode of soils as a result of the above.

Following this, we talk about the situation of grassland for livestock milk mainly in the state they are handling that applies to them and their availability over other food sources such as grains. It then describes the installation process of pastures, species that could be used, the most prevalent forage, followed mentioned the limiting factors of fodder production in Colombia and the installation of pasture in cold weather itself.

Another important factor that is mentioned is the use of the land according to their ability to use, where land is assessed by measuring their characteristics, type of use and whether they are fit both physically and economically. This in order to describe the handling of the soil that leads to an important point as tillage systems by describing and classifying them, focusing on the relationship that tillage, soil and organic matter.

Point is to follow the causes of degradation of grassland, which describes all the factors of degradation and strategies to renew them, as well as tools that could be used for that purpose, followed by land preparation and sowing times, Management of the prairie and the factors that affect regrowth and productivity of them.

Finally, it mentions the application of amendments and fertilizers in the renewal of grassland where it describes the most common fertilizer and extraction of nutrients from some species of cold weather in order to know the amount of nutrients that should be incorporated into the soil. As a complement is the application of organic fertilizers, which are referred to their characteristics and properties, which are needed to know to apply these as a complement to the fertilizer and chemical fertilizer as soil improvers.

Key words: soil, compaction, degradation, renovation, grassland, tillage, fertilization.

INTRODUCCIÓN

El enfoque de producción y productividad en la ganadería de leche debe estar en asocio permanente con el sistema de conservación, recuperación y mejoramiento de recursos como el suelo y los forrajes, con el fin de mantener una producción sostenible que ofrezca un atractivo económico por los mayores rendimientos, menor trabajo y disminución de costos.

La problemática de los pastos, deriva principalmente de la baja productividad de este recurso. Se han identificado como problemas principales la estacionalidad de la producción de pastos y la poca disponibilidad de biomasa y calidad nutritiva. Las causas principales son las inadecuadas prácticas de manejo de los pastizales, la alta carga animal por hectárea (sobrepastoreo), la escasez de agua durante la época seca, el efecto de fenómenos naturales (exceso de lluvias y heladas), la escasez de germoplasma con especies forrajeras de calidad, la erosión de los suelos y los procesos de deforestación, la insipiente organización de los productores, la ausencia de programas de mejoramiento de praderas nativas y el retraso tecnológico¹.

Lozano, manifiesta que “en Colombia el 80% de las praderas dedicadas al la producción de leche en el trópico alto se encuentran establecidas por pastos naturalizados en donde el 70% de ellos no reciben prácticas adecuadas de manejo, lo que se refleja en baja producción de forraje”².

Muchas de las praderas destinadas a la ganadería de leche en el departamento de Nariño, están compuestas por pastos naturalizados, los cuales se encuentran dentro del porcentaje que no cuentan con planes modernos de renovación; es por ello necesario recuperar estas praderas brindando estabilidad a las mismas con métodos adecuados y de fácil aplicación para garantizar un suministro de alimento a los animales que cumpla en mayor parte con los requerimientos de los mismos.

Además, se debe tener en cuenta que una gran parte de las praderas del departamento se encuentran en zonas de minifundio lo cual hace mas dispendioso el proceso de recuperación de las pasturas por el continuo sobrepastoreo y la inadecuada fertilización que conlleva a una degradación más rápida y con menos posibilidades de hacer algo por ella.

¹ INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA – INIA. Pastos y forrajes EN: Resumen ejecutivo, 2000 p.2 <www.inia.gov.pe>

² LOZANO, Fernando. Estrategias de mecanización para la renovación de praderas de gradadas en el trópico alto. EN: Renovación y manejo de praderas degradadas del trópico alto. Corpoica, Iza, Chiquinquirá, diciembre 2002. p.8

1. JUSTIFICACIÓN

Las prácticas agrícolas dirigidas hacia un manejo adecuado y pertinente, son realizadas con el fin de reducir la incidencia de procesos de degradación sobre las propiedades físicas del suelo; ya este es un componente esencial del medio ambiente y un recurso no renovable debido a su fragilidad, dificultosa y larga recuperación³; cifras a nivel mundial lo corroboran con un declive hacia la productividad de este recurso, con más del 20 % de las tierras agrícolas afectadas y el 10 % de los pastizales⁴. Es así como la información sobre la condición del suelo constituye un buen indicador sobre la capacidad a largo plazo de las praderas para seguir produciendo⁵.

Colombia se encuentra dentro de los países latinoamericanos con menor abundancia relativa de suelos arables. Según información de FAO, únicamente el 3.6% de la tierra total puede ser incluida dentro de los suelos mecanizables. A esta limitación se añade el uso inadecuado de los suelos: según el IGAC, en Colombia hay nueve (9) millones de hectáreas aptas para la agricultura, pero se utilizan para este fin únicamente cinco (5) millones⁶.

En cambio, para la ganadería hay diez y seis punto ocho (16.8) millones de hectáreas aptas y se utilizan treinta y cinco (35) millones para este fin, de las cuales sólo cinco (5) millones tienen pastos mejorados, mientras que el resto se explotan de manera extensiva. Así, en conjunto, el 45% de los suelos del país es destinado a usos inadecuados⁷.

Es así como una gran proporción de las praderas dedicadas a la producción de leche en el clima frío colombiano ha perdido su capacidad productiva por procesos de degradación, lo que genera problemas socio económico y agro ecológicos de significativa importancia.

La situación antes descrita se observa en parte del territorio nariñense, por lo cual es necesario incrementar la productividad de las praderas dedicadas a la ganadería; para ello, la renovación de las mismas se constituye en un medio para alcanzar este objetivo y al mismo tiempo mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo.

La renovación de praderas asociada a la aplicación de prácticas agronómicas conservacionistas tales como labranza mínima con inclusión de abonos orgánicos son alternativas complementarias para lograr cambiar el modelo extractivo donde no actúa el criterio de conservación, ya que la producción agropecuaria sostenible exige desarrollar sistemas integrados de manejo de los diferentes recursos con el máximo control de los impactos negativos sobre el ambiente.

³ MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL, AGROPECUARIO Y MEDIO AMBIENTE. La degradación de suelos en las tierras altas de Bolivia. Oruro 2007. p.2 <<http://www.vicetierras.gov.bo>>

⁴ SMALL, Alison. Aumenta la degradación del suelo. FAO. Itália. 2008 p.2 <<http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2008/1000874/index.html>>

⁵ MALLOCH, M. et al. Recursos mundiales p.133 <<http://www.agrovia.com>>

⁶ FAJARDO, Darío. Situación y perspectivas del desarrollo rural en el contexto del conflicto Colombiano. Universidad Nacional de Colombia 2002 p.5 <<http://www.grupochoarvi.org>>

⁷ Ibid., p.5

Por ello Ramírez y García⁸ afirman que los forrajes, al igual que todos los cultivos, requieren prácticas de manejo para aumentar la producción. La renovación de pasturas combinando métodos mecánicos, químicos y biológicos permiten recuperar la producción de forraje del potrero y por ende la producción animal por unidad de superficie de la pradera

⁸ RAMIREZ, L.M y GARCÍA, I.I. Renovación de pasturas degradadas de kikuyo *Pennisetum clandestinum*, Hoechst, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia. 2002 p.4 <www.revistasunal.edu>

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Organizar un compendio bibliográfico que permita evidenciar las diferentes alternativas sobre como recuperar praderas degradadas que se encuentren con pastos naturalizados aplicables al trópico alto en el departamento de Nariño.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir sistemas de labranza mínima y biofertilización como alternativas viables de renovación para aplicarlos en los sistemas ganaderos de Nariño.

Enfocar la información recolectada a sistemas ganaderos del departamento de Nariño.

3. CAPITULO I

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE CLIMA FRÍO EN COLOMBIA

La región de clima frío en Colombia comprende las zonas que están entre los 2000-3000 m.s.n.m, presentan características edafológicas las cuales están dadas por un relieve que varía desde plano a ligeramente plano (pendiente de 0-3%), hasta escarpado a muy escarpado (pendiente mayor a 50%). El material parental es muy variable e incluye rocas de origen ígneo (diabasas, basaltos, granitos y andesitas), sedimentarias (areniscas) y metamórficas (esquistas y pizarras). Los suelos son principalmente Andepts, Tropepts y Orthents, con grados variables de evolución, profundidad efectiva, drenaje, erosión y fertilidad. Los suelos son ácidos, bajos en fósforo disponible y con alta capacidad para fijar este elemento, altos en materia orgánica y en saturación de aluminio, bajos a medios en los contenidos de potasio, calcio y magnesio y en varias zonas con problemas de deficiencia de azufre, boro, zinc y molibdeno. En general la fertilidad varía de moderada a muy baja.⁹

Teniendo en cuenta lo anterior, Giraldo, describe que:

la actividad pecuaria principal en las zonas de clima frío de Colombia, donde la producción de leche con razas especializadas (Holstein) predomina. La alimentación es a base de forraje de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y raygrass (*Lolium multiflorum*). Las explotaciones han surgido después de la tala y quema de los bosques alto andinos o de niebla, resultando en agroecosistemas con una escasa cobertura arbórea y suelos desprotegidos, especialmente susceptibles a la erosión. La producción lechera tradicional utiliza una alta cantidad de fertilizantes y agroquímicos, los cuales ocasionan grandes problemas ambientales, además de incrementar los costos de producción.¹⁰

3.2 TAXONOMÍA DE LOS SUELOS EN NARIÑO

El departamento de Nariño se localiza en el extremo suroccidental de Colombia. Es uno de los departamentos de mayor complejidad y variabilidad en cuanto a paisajes, climas, suelos y material parental; se caracteriza, además, por los fenómenos excesivos de tectonismo, erosión, remoción en masa y aportes de materiales aluviales, marinos y piroclásticos, estos últimos provenientes de las repetidas erupciones de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Chiles, Doña Juana, Morazurco y Patascoy.¹¹

⁹ CARDENAS, Edgar Alberto. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá 2006. p.4

¹⁰ GIRALDO, Alfonso. Potencial de *A. decurrens*. Evaluación sobre sistemas silvopastoriles en clima frío de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional – Medellín 2000. p.3 <www.fao.org/Docrep>

¹¹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. Estudio general de suelos en Colombia. Santafé de Bogotá. 1995 p.7

El suelo es el producto de la alteración de un material originario, sea este orgánico o mineral. Su formación y desarrollo depende de la acción conjunta que ejercen sobre dichos materiales el clima, los organismos y la topografía a través del tiempo.

La taxonomía de los suelos debe entenderse como una clasificación específica y fundamentada en relaciones naturales, con clases y jerarquización generadas mediante la selección de aquellos criterios que en mayor grado, permiten entender y explicar las relaciones diferenciadoras entre los suelos, es decir referidas a las interacciones entre los factores y procesos formativos y la morfología resultante de ellos, ya sea ésta actual o pretérita.¹²

En el departamento de Nariño los suelos quedarán incluidos en seis ordenes: Entisoles, Inceptisoles, Andisoles, molisoles, Alfisoles, Histosoles, con inclusión de pocos Ultisoles.

3.2.1 Entisoles

La FAO explica que:

En este Orden están incluidos los suelos que no evidencian o tienen escaso desarrollo de horizontes pedogenéticos. La mayoría de ellos solamente tiene un horizonte superficial claro, de poco espesor y generalmente pobre en materia orgánica (epipedón ócrico). Normalmente no se presentan otros horizontes diagnósticos, lo que se debe en gran parte al escaso tiempo transcurrido desde la acumulación de los materiales parentales. También pueden incluir horizontes enterrados siempre que se encuentren a más de 50 cm de profundidad. Los Entisoles se han desarrollado en distintos regímenes de humedad, temperatura, vegetación, materiales parentales y edad. Los únicos rasgos comunes a todos los suelos de este Orden son la ausencia virtual de horizontes y su naturaleza mineral.¹³

A nivel del Suborden, se subdividen en Aquents, Fluvents, Orthents y Psamments. Los Aquents, representan los suelos que permanecen saturados con agua durante gran parte del año; los Fluvents, a los de origen aluvial que presentan decrecimiento irregular de carbono orgánico con la profundidad; los Orthents, a los que se localizan en superficies inclinadas y los Psamments, a los de textura arenosa franca fina o más gruesa en todas las capas dentro de la sección control.

3.2.2 Inceptisoles

Ecorae los describe como:

Suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; los procesos de traslocación y

¹² Ibid., p. 9

¹³ FAO. Principales órdenes, subórdenes y grandes grupos de suelos. 1999. p.3 <www.fao.org/ag/agl>

acumulación puede presentarse. Constituyen una etapa subsiguiente de evolución, en relación con los Entisoles, sin embargo son considerados inmaduros en su evolución. Los Inceptisoles ocurren en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes o depresiones o superficies geomorfológicas jóvenes. La definición de los Inceptisoles es inevitablemente complicada. Abarca suelos que son muy pobremente drenados o suelos bien drenados y como ya se ha indicado con la presencia de algunos horizontes diagnósticos, sin embargo el perfil ideal de los Inceptisoles incluirían una secuencia de un epipedón ótrico sobre un horizonte cámbico. El uso de estos suelos es muy diverso y variado, las áreas de pendientes son más apropiadas para la reforestación mientras que los suelos de depresiones con drenaje artificial pueden ser cultivados intensamente¹⁴.

3.2.3 Andisoles

Los Andisoles son suelos dominados por sus propiedades ándicas en más de un 60% de su espesor. Pueden poseer un epipedon hístico o un melánico. Los Andisoles están formados sobre materiales volcánicos y son comunes en las áreas volcánicas. Las propiedades de los Andisoles son el resultado principalmente de la presencia en los suelos de cantidades significativas de complejos alumínicos-húmicos, alófano, imogolita o ferrihidrita. El concepto de Andisol incluye suelos débilmente temperizados con mucho vidrio volcánico, así como suelos más fuertemente alterados, ricos en minerales de orden de corto rango. Los suelos presentan un bajo Peso específico aparente, menor de 0,9 gr/cm³ y una alta capacidad de adsorción aniónica, lo que determina su alta capacidad de retención de fosfatos. Entre los subórdenes más importantes citamos los Acuandes, Torrandes, Xerandes, Ustandes, Udandes y Vitrandes. En la República Argentina se los localiza en la precordillera andina y bosque subantárticos¹⁵.

3.2.4 Molisoles

Son suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios; tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotados suficientemente de bases, principalmente Ca y Mg. Presentan topografía que varía entre ligeramente inclinada a extremadamente empinada. Otras características en estos suelos son las abundantes bases intercambiables en todo el perfil, la alta fertilidad tanto potencial como actual, la acidez que oscila desde ligera a moderada basicidad y la alta humificación. Los suelos de este Orden se les encuentra en sectores de los climas fríos y medio húmedos, muy húmedos y secos y cálido seco¹⁶.

¹⁴ ECORAE. Suelos. Quito – Ecuador, 2000. p.2 <www.ecorae.org.ec/web_zee>

¹⁵ ATOM. Clasificación de suelos. 2000. <<http://lens32.blogspot.com/2007/09/entisoles-el-concepto-central-del-orden.html>> p 10

¹⁶ SECRETARIA GENERAL DE LA ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS – OEA. Clasificación taxonómica de los suelos identificados. 2000 p.85 <<http://www.oas.org/dsd/publications>>

3.2.5 Alfisoles

Para el CITAB, “los Alfisoles se caracterizan por presentar un horizonte subsuperficial de enriquecimiento secundario de arcillas, desarrollado en condiciones de acidez o de alcalinidad sódica, y asociado con un horizonte superficial claro, generalmente pobre en materia orgánica o de poco espesor. Los suelos que pertenecen al Orden presentan una alta saturación con bases en todo el perfil”¹⁷.

3.2.6 Histosoles

Son suelos con grandes acumulaciones de materia orgánica sin evolucionar. Representan suelos cuya característica principal es la de estar constituidos predominantemente por materiales orgánicos en diferentes grados de descomposición y con una densidad aparente muy baja¹⁸.

3.2.7 Ultisoles

A la clase de los Ultisoles pertenecen aquellos suelos que tienen un horizonte argílico con una saturación de bases, por suma de cationes, de menos de 35%. Se caracterizan por ser suelos de moderada a alta evolución y fertilidad moderada¹⁹.

3.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Naturaleza del suelo:

Para fortunecity los componentes primarios del suelo son:

- 1) compuestos inorgánicos, no disueltos, producidos por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales;
- 2) los nutrientes solubles utilizados por las plantas;
- 3) distintos tipos de materia orgánica, viva o muerta y
- 4) gases y agua requeridos por las plantas y por los organismos subterráneos²⁰.

Rukcs manifiesta que:

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la

¹⁷ CENTRO DE INVESTIGACIONES TERRITORIALES Y AMBIENTALES BONAERENSES – CITAB. Medio Geográfico - Suelos. Buenos Aires – Argentina, 2001. p.4 <<http://www.bapro.com.ar/citab/estadisticas/pdf>>

¹⁸ FAO. Clases de suelos en los sistemas FAO/UNESCO. 1988 p.5 <www.miliarium.com/proyectos>

¹⁹ Ibid., p.7

²⁰ FORTUNECITY. El suelo. Ingeniería ambiental y medio ambiente. Noviembre de 2000 p. 2 <www.fortunecity.es>

retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles²¹.

La naturaleza física del suelo está determinada por la proporción de partículas de varios tamaños. Las partículas inorgánicas tienen tamaños que varían entre el de los trozos distinguibles de piedra y grava hasta los de menos de 1/40.000 centímetros. Las grandes partículas del suelo, como la arena y la grava, son en su mayor parte químicamente inactivas; pero las pequeñas partículas inorgánicas, componentes principales de las arcillas finas, sirven también como depósitos de los que las raíces de las plantas extraen nutrientes. El tamaño y la naturaleza de estas partículas inorgánicas diminutas determinan en gran medida la capacidad de un suelo para almacenar agua, vital para todos los procesos de crecimiento de las plantas²².

La parte orgánica del suelo está formada por restos vegetales y restos animales, junto a cantidades variables de materia orgánica amorfa llamada humus. La fracción orgánica representa entre el 2 y el 5% del suelo superficial en las regiones húmedas, pero puede ser menos del 0.5% en suelos áridos o más del 95% en suelos de turba.

El componente líquido de los suelos, denominado por los científicos solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. Cuando la solución del suelo carece de los elementos requeridos para el crecimiento de las plantas, el suelo es estéril.

Los principales gases contenidos en el suelo son el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono. El primero de estos gases es importante para el metabolismo de las plantas porque su presencia es necesaria para el crecimiento de varias bacterias y de otros organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. La presencia de oxígeno también es vital para el crecimiento de las plantas ya que su absorción por las raíces es necesaria para sus procesos metabólicos.

Por otra parte, prácticas como la de labranza influyen en todas las condiciones físicas del suelo, por ejemplo, el laboreo excesivo causa erosión, compactación, pérdida de agua del suelo, mala estructura y deterioro de otras propiedades físicas que impiden el desarrollo radicular. Los suelos con textura media o gruesa y con contenidos moderados de humus conservan una estructura favorable durante periodos largos, por lo que requieren de labranza mínima. Los suelos ricos en arcilla y limos tienden a volverse

²¹ RUCKS, L. propiedades físicas del suelo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República – Departamento de Suelos y Aguas. Montevideo – Uruguay 2004. p.18 <www.fagro.edu.uy>

²² FORTUNECITY. Propiedades de los suelos. Ingeniería ambiental y medio ambiente. 2002. p.6 <www.fotunecity.es>

compactos por lo que se restringe la circulación del aire y agua. Estos suelos requieren de labranza más frecuente y más elaborada²³.

3.3.1 Estructura

La estructura es la forma en que se asocian las partículas elementales del suelo para formar agregados (arena, limo y arcilla). Es una consecuencia del estado de los coloides del suelo, cuando están floculados forman agregados mas o menos estables, por el contrario cuando están dispersos los componentes texturales quedan aislados. La estructura afecta a un numeroso grupo de características físicas del suelo pero sobre todo controla la porosidad del mismo, la cual permite la circulación del agua, la renovación del aire y la penetración de las raíces. La circulación del agua favorece la distribución de los nutrientes y a la vez la hace llegar hasta los lugares de almacenamiento con lo que se incrementan las reservas de la misma. La favorable infiltración impide que se formen láminas superficiales, que generarían escorrentías; de este modo se incrementa la resistencia a la erosión. Un correcto intercambio entre la fase gaseosa del suelo y la atmósfera libre, así como una buena aireación del mismo, no solo favorece el desarrollo radicular de las plantas superiores sino la actividad de los microorganismos y el correcto establecimiento de la microfauna. Por último, ejerce una acción positiva sobre la consistencia del suelo, que en superficie permite la emergencia de las plántulas tras la germinación, al impedir la formación de encostramientos, al mismo tiempo que facilita las labores agrícolas²⁴.

Para el IGAC:

La formación de la estructura, se debe a la presencia de coloides órgano-minerales (humus, arcilla o alofana) los cuales en húmedo se expanden y en seco se contraen ocasionando fraccionamiento de la masa del suelo para así dar origen a ala estructura anteriormente mencionada. En profundidad, un gran porcentaje de suelos carecen de estructura debido a uno o más de los siguientes factores: bajos contenidos de materia orgánica, ausencia de actividad microbiana, ausencia de raíces, bajo contenido de arcilla, ausencia de materiales sementantes o poco tiempo para que actúen los procesos de formación de los suelos²⁵.

La estructura es la agrupación de los granos individuales del suelo de manera que puede resistir cierto grado de disgregación debido a fuerzas externas. La materia orgánica contribuye al mejoramiento de las características físicas del suelo, porque entre otras cosas, ayuda a unir las partículas finas y a romper grandes masas de la misma, proporcionando una estructura grumosa. Característica del suelo definida por el estado de agregación de sus partículas componentes minerales u orgánicas. Modo en que las partículas que conforman un suelo se organizan y forman agrupaciones entre sí. Disposición de las partículas que componen el suelo dando lugar a unidades mayores o

²³ _____, Física del suelo. 2005 p. 17 <www.sagan-gea.org/hojaredsuelo>

²⁴ UNEX. Edafología – Ciencias Ambientales. Propiedades físicas del suelo. 2000 p. 3 <www.unex.es>

²⁵ IGAC-INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras en el Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2004. p. 28

agregados. Forma en que se agrupan las partículas del suelo en fragmentos mayores. Ordenamiento que tienen las diferentes partículas del suelo²⁶.

A su vez, Crosara manifiesta que “la vegetación ejerce un efecto sobre la estructura del suelo ya que produce residuos que son fuente de energía para la actividad microbiana; las raíces de las plantas no solo contribuyen a la cantidad de residuos, si no que influyen en la formación de agregados y a su vez, la cubierta vegetal protege la estabilidad de los mismos de la acción de la lluvia”²⁷.

Otro factor a tener en cuenta en la agregación es el efecto de la fauna, por ejemplo, las lombrices, las cuales ingieren tierra y materia orgánica parcialmente descompuesta y excretan cilindros bien agregados en la superficie o debajo de ella.

Por otra parte, el IGAC afirma que

En los países de montaña y piedemonte prevalecen los tipos de estructuras granular y en bloques subangulares finos y medios, en grado moderado y fuerte. La formación de este tipo de estructura se debe a la presencia de coloides orgánicos (humus) que actúan como sustancias sementantes de las partículas primarias, así como también a la presión ejercida por las raíces de gramíneas durante su crecimiento. Las capas de arena volcánica que alternan dentro del perfil del suelo no muestran desarrollo de estructura a razón a que no existen coloides órgano-minerales que faciliten la agregación²⁸.

Es muy importante resaltar y referenciar de manera individual y muy particular algunos casos a nivel de órdenes de suelos, en especial para los Entisoles, Alfisoles y Andisoles.

Los Entisoles son suelos que se encuentran en todos los paisajes y con diferentes grados de participación dentro de cada unidad cartográfica. Representan suelos que por baja evolución desarrollan poca agregación y algunas veces llegan a formar en el horizonte superficial estructuras en bloques subangulares media y fina, débil; ya que generalmente no desarrollan estructura y son de grano suelto o masivo.

Por otra parte los suelos del orden Andisoles que se localizan en las geoformas de montaña, altiplanicie, piedemonte y planicie aluvial, se caracterizan por presentar suelos con buen espesor y alto desarrollo estructural, en bloques subangulares media, gruesa, moderada y fuerte; estructura que en la mayoría de los casos es muy estable. Estudios demostraron que en 18 suelos (Andisoles) en el departamento de Nariño, el 81% de los agregados estables son mayores de 2 mm.

²⁶ MANUAL DE LOMBRICULTURA. Glosario de lombricultura y agricultura orgánica. 2005 p.15 <www.manualdelombricultura.com/glosario>

²⁷ CROSARA, Alicia. Estructura del suelo, 2000. p.15 <www.edafologia.fcien.edu.uy/archivos/practico>

²⁸ IGAC. Op. cit., p23

Los Alfisoles y algunos Molisoles tienen la particularidad de formar en el epipedón estructuras en bloques subangulares fina y media en grado moderado y en los endopedones, más concretamente en el horizonte argílico (Bt), estructuras prismáticas y/o columnares gruesas, fuertes, de alto desarrollo estructural y de agregados estables.

3.3.2 Textura

Para la FAO, “la textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa”²⁹.

Cornell a su vez afirma que:

El suelo se compone de partículas de roca desgastada a lo largo del tiempo. Son de tamaño variado, con tres clasificaciones: arena, limo y arcilla. La textura del suelo es una medida de la cantidad de arena, limo y arcilla que contiene un determinado suelo. La textura del suelo es importante porque determina la rapidez con que el agua pasa por el suelo y así mismo cuanta agua puede mantener éste para uso de las plantas³⁰.

La textura es adecuada o buena cuando así resulta para el óptimo desarrollo vegetal. La textura varía de unos horizontes a otros, es pues una característica propia de cada uno de ellos más que del suelo en su conjunto. A veces el concepto textural se aplica a la totalidad del suelo pero en este caso se hace con referencia a una determinada zona del mismo, que si es utilizada con carácter taxonómico se establece sobre lo que se conoce como sección control, que varía con el tipo de suelo y la clasificación utilizada. Cuando se expresa con fines agronómicos, se utiliza el promedio de otra sección control que varía en función del tipo de cultivo, ya sea herbáceo o arbóreo, variando principalmente el límite inferior de la misma³¹.

Así mismo el IGAC afirma que:

La textura más equilibrada para la relación suelo - agua - planta y para las prácticas de labranza, corresponde a la de los suelos francos (arcilla de 7 a 27% y limo de 28 a 50%); estos presentan una tendencia adecuada a retener agua, a la vez que permiten la difusión de gases, con lo cual las funciones fisiológicas de la planta no sufren limitaciones. En los paisajes de altiplanicie, montaña y piedemonte predominan los suelos de grupo textural franco gruesa y arenosa, de textura normalmente franco arenosas y francas en superficie y arenosas francas o arenosas en profundidad. En amplios sectores estas dos clases de textura se encuentran alternando, lo cual se

²⁹ FAO. Textura del suelo, 2002. p. 5 <ftf://ftf.fao.org/FI/CDrom>

³⁰ CORNELL. Textura del suelo. Programa de educación informal de ciencias de la National Science Foundation y el College of Agriculture and Life Science de Cornell University, 2001. p. 8 <www.gardenmosaics.cornell.edu/pgs>

³¹ UNEX Op. cit., p. 6

explica por la presencia de materiales piroplásticos de variados tamaños (cenizas volcánicas, arenas volcánicas y tobas) depositados en diferentes épocas, que por alteraciones físico-químicas dan origen a las arenas, los limos y las arcillas en diversas proporciones; (Andisoles)³².

Las texturas generalmente franco arenosas reportadas para los Andisoles, no son reales, debido a la dificultad que ofrecen sus materiales para la dispersión de la fracción arcilla utilizando como agente dispersante el Hexametáfosfato de sodio. La marcada tendencia de los Andisoles a flocularse en suspensión, se manifiesta por la formación de gránulos de pseudo arenas, como resultado de la floculación del material amorfo en torno a las partículas de limo. La mayoría de los suelos presentan altos porcentajes de arena (54 - 96%), lo cual se incrementa con la profundidad, o en otros casos se distribuyen irregularmente en el perfil.

En menor proporción se encuentran los suelos arcillosos con 30 a 60% de arcilla que en la mayoría de los casos se incrementa con la profundidad. Sin embargo, en algunos suelos el contenido de arcilla aumenta bien sea por herencia del material parental, como en el caso de los suelos desarrollados sobre esquistos, metalimolitas, diabasas y/o basaltos, o por neoformación de arcillas; estos suelos se localizan en clima frío, medio y cálido, bajo condiciones húmedas, muy húmedas y secas; se caracterizan por tener grupos texturales en superficie normalmente franco finos y franco gruesos y en profundidades grupos texturales franco finos, finos.

3.3.3 Porosidad

La cantidad de espacios entre las partículas sólidas se denomina porosidad del suelo. Un suelo con mucha arena es menos poroso que un suelo rico en arcillas, aunque en este último los poros no puedan ser observados a simple vista. A pesar de ser muy pequeños los espacios libres entre las partículas de arcilla, son muchísimos más, y eso hace la diferencia. La porosidad real total corresponde al volumen de espacios vacíos, expresados en el porcentaje del volumen total del suelo. Esta porosidad, o proporción de espacio poroso está conformada por la micro porosidad, responsable de la retención de agua y por la macroporosidad ocupada por la atmósfera del suelo³³.

En forma general se puede decir que una porosidad total superior a 50% es alta, entre 30 y 50% media e inferior a 30% baja. Es importante tener en cuenta que porosidades inferiores a 10% impiden la penetración radicular.

Los poros del suelo condicionan el desarrollo de los sistemas radiculares. Las dimensiones de los poros también son importantes, existiendo poros de dimensiones capilares, donde el agua no circula, siendo mayor la posibilidad de adherencia que la de percolación; y poros no capilares, que facilitan el drenaje y la aireación. Las raíces van a tomar el agua de los poros capilares. Podemos determinar la densidad del suelo según el

³² IGAC Op. cit., p 28.

³³ FARNDON, J. El suelo. Recursos Naturales. Ed. Grupo Zea, Barcelona – España, 2001. p 5.

grado de porosidad que presente, un suelo con más poros es menos denso que otro con inferior porosidad³⁴.

En general se presentan suelos dominados por micro poros, los cuales permiten una buena retención de humedad y una baja permeabilidad. La situación dominada por macroporos es distinta, ya que permiten buena infiltración y una baja retención de humedad que ocasiona déficit de humedad para las plantas especialmente en épocas de verano.

Los suelos orgánicos presentan los valores más altos de porosidad total, con rangos entre 83.97 y 90.20% y buena relación macro: micro poros³⁵.

3.3.4 Densidad Aparente

De acuerdo con Forsythe, “es una relación entre la masa seca al horno de las partículas del suelo y el volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan. Además, permite estimar el grado de compactación cuando se conoce la porosidad del suelo”³⁶.

Portland manifiesta que:

La densidad aparente del suelo depende de varios factores, que incluyen los siguientes: La densidad de las partículas de suelo mineral, la cantidad de materia orgánica, la compactación del suelo, las actividades de animales que excavan en la tierra, tales como las lombrices, y la abundancia de raíces de plantas. La densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la estructura del suelo. Una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor.

La densidad aparente de los suelos orgánicos, al igual que otras características físicas es muy diferente a las de los suelos minerales. En estos suelos los valores de densidad aparente varían de acuerdo a los diferentes tipos de horizontes orgánicos y al grado de alteración de sus constituyentes³⁷.

Para García:

El mejor modo de determinar la densidad aparente es tomar un volumen fijo de suelo sin perturbar y pesarlo una vez seco, por calentamiento a 105° C hasta peso constante. Para ello se suele utilizar un cilindro metálico con un volumen cercano a los 100 ml pero exacto; en uno de sus extremos se le

³⁴ _____, El suelo y su relación con las plantas. 2000 p.1 <www.geocities.com/RainForest>

³⁵ IGAC. Op. cit., p. 29

³⁶ FORSYTHE, Warren. Manual de Laboratorio de Física de Suelos. San José, Costa Rica: IICA, 1980. p. 46-69.

³⁷ PORTLAND. Densidad Aparente del Suelo. 2008. p.3 <www.ecoplexity.org/node>

provee de una tapadera con un asa que permita girarlo, a la par que se introduce, para facilitar su penetración en el suelo; una vez clavado completamente pero sin presionar sobre la tapa, lo que puede percibirse quitándola en el último tramo de su introducción, se extrae del suelo cortando con una herramienta apropiada, que nos permitirá eliminar el sobrante del extremo que se ha clavado. Una vez lleno y enrasado en ambos extremos, se extrae el suelo contenido, cuyo volumen corresponde con el del cilindro y que es conocido, se deseca y se pesa. La densidad viene determinada por la relación entre el peso obtenido y el volumen correspondiente³⁸.

3.3.5 Densidad Real

La densidad real es el resultado de la relación que existe entre el peso y el volumen el suelo, sin tener en cuenta los espacios vacíos. Los valores de densidad real se ven afectados por los contenidos de materiales piroclásticos y orgánicos. En suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), los valores de 1.82 a 2.59 g/cc están relacionados con la materia orgánica y los óxidos de hierro y aluminio. Los menores valores observados (alrededor de los 2.0 g/cc) se deben a cantidades apreciables de humus asociados con alofana, sobre todo en los primeros horizontes ya que en profundidad el incremento de compuestos minerales (alofana-arcilla) y la disminución de los materiales orgánicos originan valores generalmente superiores a 2.4 g/cc.

Los suelos no derivados de cenizas volcánicas tienen una densidad real entre 2.4 y 2.6 g/cc, debido a la densidad de los minerales dominantes en el suelo (cuarzo y feldspatos). Los valores más bajos los tienen los suelos orgánicos cuyos valores se encuentran cerca de 1.5 g/cc.

Complementando lo anterior, Desamparados y Pons (2005), aducen que “la densidad real de un suelo es la relación que existe entre la masa de las partículas sólidas y el volumen ocupado por las mismas, es decir, se excluye el volumen ocupado por los poros que hay entre las partículas”³⁹.

La masa de las partículas sólidas se determina por pesada y su volumen se calcula a partir de la masa de agua, que es desplazada por la muestra de suelo, donde:

$$Dr = \frac{\text{masa sólido}}{\text{Volumen sólido}} \times \rho_a$$

3.3.6 Permeabilidad

La permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire. Los suelos con estructuras estables son en general permeables, mientras que los suelos con estructuras inestables o degradadas, son poco permeables, sobre todo cuando la

³⁸ GARCÍA, Arturo. Edafología. Universidad de Extremadura, Área de Edafología y Química Agrícola. España 2005. p. 2

³⁹ DESAMPARADOS, María y PONS, Vicente. Prácticas de Edafología y Climatología. Universidad Politécnica de Valencia - España. 2005 p.6 < www.ephos.com >

composición física del suelo, su granulometría, esta mal equilibrada. Los suelos arenosos pueden presentar también, en ciertos casos, una permeabilidad reducida, debido a la colmatación de los poros grandes por partículas de limo y por la ausencia casi total de materia orgánica., ha comprobado que una arena situada en una columna de percolación y humedecida en superficie, no se seca incluso después de cinco meses⁴⁰.

Ehvzald citado por la FAO⁴¹, señala “las irregularidades de infiltración de las aguas de lluvia en los suelos arenosos”.

Lambe y Whitman, afirman que “la permeabilidad se puede determinar directamente mediante la Ley de Darcy. La Ley de Darcy describe, con base en experimentos de laboratorio, las características del movimiento del agua a través de un medio poroso”⁴².

La expresión matemática de la Ley de Darcy es la siguiente:

$$Q = k \frac{h_3 - h_4}{L} A = k.i.A$$

Donde:

Q= gasto, descarga o caudal en m³/s.

L= longitud en metros de la muestra

K= una constante, actualmente conocida como coeficiente de permeabilidad de Darcy, variable en función del material de la muestra, en m/s.

A= área de la sección transversal de la muestra, en m².

h₃= altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la entrada de la capa filtrante.

H₄= altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante.

$$i = \frac{h_3 - h_4}{L}, \text{ el gradiente hidráulico}$$

3.3.7 Retención de humedad en el suelo

El contenido de agua del suelo experimenta variaciones continuas a lo largo del tiempo. Recibe agua de las lluvias o por riego, mientras que la pierde por escorrentía superficial y por drenaje a las capas profundas. A estas pérdidas hay que sumar la evapotranspiración, término en el que se incluyen las pérdidas producidas por la evaporación directa desde la superficie del terreno más el agua evaporada desde la superficie de las plantas (transpiración)⁴³.

⁴⁰ FAO. Permeabilidad del suelo. 2000 p.3 <www.fao.org>

⁴¹ Ibid., p. 4

⁴² LAMBE, T. y WHITMAN, R. Mecánica de suelos. Ciudad de México – México 2007 p. 8

⁴³ ZEBALLOS, Juan Pedro. Niveles de humedad en el suelo y agua disponible. 26 de junio de 2006. p.8 <www.wblogs.madrimasd.org>

En la naturaleza, estas entradas y salidas de agua producen cambios continuos en la humedad del suelo. Cuando todos los poros se encuentran llenos de agua, como ocurre después de unas lluvias abundantes, nos encontramos en el nivel de saturación, que puede afectar a una capa más o menos profunda de suelo. El agua que ocupa los poros más grandes (macroporos) drena hacia las capas inferiores de una forma más o menos rápida dependiendo de la permeabilidad del suelo.

Una vez producida esta infiltración el suelo se encuentra en un nivel de humedad denominado capacidad de campo, que se corresponde con la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo después de haber drenado el agua gravitacional. En este momento los macroporos se encuentran ocupados por aire y los microporos por agua. (El término “capacidad de campo”, tradicionalmente utilizado por los edafólogos, es equivalente al de “capacidad de retención de agua” que utilizamos anteriormente cuando hablamos de los tipos de agua del suelo).

Si no se producen nuevos aportes de agua, el suelo continúa perdiendo humedad por evapotranspiración, de forma más rápida cuanto más elevadas sean las temperaturas. Las plantas van absorbiendo el agua capilar retenida en los microporos y la van perdiendo por evaporación a través de sus hojas. Conforme va descendiendo la humedad en el suelo la absorción de agua se va realizando con más dificultad y las plantas comienzan a sufrir un déficit de agua. En muchos casos se produce un marchitamiento durante las horas más calurosas, recuperándose la turgencia durante la noche. Cuando ya no pueden absorber más agua del suelo se presenta el marchitamiento permanente. A este nivel de humedad del suelo se le conoce como punto de marchitamiento y se alcanza cuando el suelo ha perdido toda el agua denominada capilar, que puede ser absorbida por las plantas, y sólo queda el agua ligada, tan fuertemente adherida a las partículas del suelo que no puede ser absorbida⁴⁴.

En consecuencia, se considera que el agua disponible (o agua útil) para las plantas es la que se encuentra entre los niveles de capacidad de campo (agua capilar + agua ligada) y el punto de marchitamiento (agua ligada). Las plantas también pueden absorber el agua entre la saturación y la capacidad de campo (agua gravitacional), la cual se encuentra retenida con muy poca fuerza por el suelo, pero al drenar rápidamente está disponible durante poco tiempo. Cuando existen problemas de permeabilidad en el suelo, y el agua no drena fácilmente, la falta de aire en la zona de las raíces limita el crecimiento de la mayoría de las plantas aunque el agua esté fácilmente disponible. En general el máximo crecimiento se produce cuando la humedad del suelo está cercana a la capacidad de campo. En este caso las plantas se encuentran con oxígeno suficiente y con agua retenida con poca fuerza por el suelo, por lo que el agua es absorbida rápidamente.

En contraste con lo anterior, Gil (2005) manifiesta que:

bajo el supuesto de que el agua está menos disponible conforme el contenido de agua disminuye por debajo de la capacidad de campo, se debe tener en cuenta que en los procesos de transpiración y crecimiento, la tensión hídrica de la planta, no solo depende de la tensión hídrica del suelo,

⁴⁴ Ibid., p.11

y del estado de desarrollo del cultivo, sino también de la demanda atmosférica de agua, con lo cual en días muy secos y con fuertes vientos, las plantas pueden sufrir sequías aunque el suelo esté en las proximidades de la capacidad de campo y por el contrario, pueden vegetar y crecer óptimamente en suelos relativamente secos cuando la demanda atmosférica sea baja. Por lo tanto las constantes hídricas de capacidad de campo y punto de marchites permanente no deberían ser tomada con demasiada rigurosidad en el diagnóstico de las relaciones suelo-agua-planta⁴⁵.

El proceso para determinar humedad del suelo mediante el uso del gravímetro, donde mediante el uso de una barrena se extrae una muestra de suelo de la zona radicular o a la profundidad de suelo requerida. Si desea aumentar la precisión o tener una muestra representativa, es preciso tomar varias muestras distribuidas al azar en el área bajo estudio. De ser muy grande (pesada) la muestra, se toma 100 a 200 gramos para la determinación. Se identifican individualmente y se determina su peso húmedo. Luego se transfieren las muestras (en un envase previamente pesado) a un horno y se dejan a temperatura constante de 105 °C por un periodo de 24 horas, (o hasta alcanzar un peso constante). El contenido total de agua en el suelo se obtiene de la siguiente ecuación:

$$PW = \frac{(SW - Sd)}{Sd} \times 100$$

Donde,

PW = Porcentaje de humedad por peso.

SW = Peso de la muestra Húmeda.

Sd = Peso de la muestra seca al horno a 105 °C por 24 horas.

El porcentaje de humedad del suelo se calcula a base del peso del suelo seco. Una vez tenemos el porcentaje de humedad por peso podemos expresar la humedad en términos del porcentaje de humedad por volumen. Esto nos provee información sobre el volumen de agua dado en el suelo. La ecuación para determinar el porcentaje de humedad por volumen es la siguiente:

$$P.V = Pw \times \frac{Da}{D(H_2O)}$$

Donde,

P.V. = Porcentaje de agua por volumen.

Pw = Porcentaje de humedad por peso.

Da = Densidad aparente

= [Masa suelo seca al horno] / [Volumen total que ocupa el suelo]

D(H₂O) = Densidad del agua = (1 g/cm³ o 1000 Kg/ cm⁴⁶)

⁴⁵ GIL, Rodolfo. El comportamiento físico – Funcionalidad de los suelos. Instituto de Suelos INTA. Córdoba – Argentina, 2005. p.8 <www.agriculturadepresicion.org/mansit>

⁴⁶ RIVERA, Luis y CRESPO, Manuel. Métodos para medir la humedad del suelo. Universidad de Puerto Rico. Mayaguez – Puerto Rico. 2000 p.51

3.3.8 Color

El color no tiene efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, pero incide directamente con la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la actividad biológica del suelo se incrementa, acelerando la transformación de la materia orgánica; presentándose así una disminución en el grosor de los horizontes oscuros, (pisos térmicos medio y cálido); es decir, disminuyen a medida que se desciende en altitud. Los colores oscuros absorben mayor energía radiante; por esta razón, los suelos oscuros tienen tenencia a ser más calientes y a presentar una mayor tasa de evaporación.

El color puede ser indicador de material parental en contenido de materia orgánica o del efecto climático y en muchos casos, sirve para juzgar globalmente la fertilidad del suelo⁴⁷.

Los horizontes superficiales, especialmente los suelos derivados de cenizas volcánicas pertenecientes al orden de los andisoles, de los paisajes de altiplanicie, montaña y piedemonte, dominan colores oscuros, bajos en croma (negro, gris muy oscuro, pardo muy oscuro y pardo grisáceo muy oscuro) debido al contenido abundante y diferente estado de evolución de los materiales orgánicos. Lo anterior se explica por la afinidad de los materiales amorfos con compuestos orgánicos, los cuales estabilizan la materia orgánica y además las condiciones húmedas y muy húmedas de los diferentes pisos térmicos en que se encuentran favorecen la permanencia de los materiales orgánicos e impiden su transformación y biodegradación.

3.3.9 Profundidad efectiva

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten⁴⁸.

Así mismo el IGAC, afirma que “el paisaje de altiplanicie se caracteriza por tener suelos profundos y muy profundos; sin embargo, en las lomas y cañones y algunos vallecitos de las mesetas son suelos superficiales y muy superficiales debido a abundantes fragmentos de roca dentro del perfil y a la presencia en algunos casos de capa cementada”⁴⁹.

En el paisaje de montaña los suelos varían desde muy superficiales hasta muy profundos, dependiendo de la profundidad a que se encuentren una o varias de las siguientes clases de obstáculos: fragmentos gruesos en más de 60%, material rocoso continuo, nivel freático, material saprolítico capa cálcica y material compactado.

⁴⁷ IGAC. Op. cit., p.32

⁴⁸ UNAM. Profundidad efectiva y capacidad del uso de suelos. 14 de marzo de 2007 p.23 <www.weblogs.madrimasd.org>

⁴⁹ IGAC. Op. cit., p.33

En términos generales, los suelos de montaña que oscilan entre superficiales y moderadamente profundos presentan limitaciones en profundidad por roca continua o por nivel freático alto y los que presentan abundantes fragmentos de roca, capa cálcica o material saprolítico, normalmente son moderadamente profundos.

3.3.10 Materia Orgánica

Ferlini y Díaz aducen que:

Respecto de la presencia de materia orgánica (M.O), se sabe que es indispensable en la formación de los agregados del suelo, dado que es el "pegamento" que conforma esos agregados, contribuyendo a lograr el efecto esponja adecuado (estructura + densidad aparente). Además, de la abundancia de M.O. depende la movilización de nutrientes y la captación de Carbono (C), lo que disminuye la concentración de Anhídrido Carbónico (CO₂) en la atmósfera, contribuyendo a minimizar el efecto invernadero. Una de las maneras, de incrementar el contenido de M.O. en el suelo, es la producción de importantes volúmenes de rastrojos superficiales, pero además, una forma más directa, es promocionar el desarrollo radicular, dado que la degradación de los residuos provenientes de las raíces, es más rápida y su incorporación al suelo, en la forma de M.O. es obviamente, más directa⁵⁰.

La materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos, etc. La descomposición de estos restos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus. En la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis. El humus, por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos. A su vez, la descomposición del humus en mayor o menor grado, produce una serie de productos coloidales que, en unión con los minerales arcillosos, originan los complejos organominerales, cuya aglutinación determina la textura y estructura de un suelo. Estos coloides existentes en el suelo presentan además carga negativa, hecho que les permite absorber cationes H⁺ y cationes metálicos (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) e intercambiarlos en todo momento de forma reversible; debido a este hecho, los coloides también reciben el nombre de complejo absorbente⁵¹.

Otro dato relevante con respecto a la materia orgánica es su afinidad por los metales pesados. Cuando éstos se encuentran en disolución, a menudo forman complejos orgánicos solubles, que pueden polimerizarse sobre los complejos moleculares del humus. También pueden formar directamente complejos insolubles con los compuestos del humus. De esta forma, la materia orgánica del suelo a menudo actúa como almacén

⁵⁰ FERLINI, Hugo y DIAZ, Shirley. Suelo: Conocerlo para cuidarlo. 2003 p.3 <www.buscagro.com/biblioteca>

⁵¹ HIGUERAS, P y OYARZUN, R. Mineralogía y procesos de contaminación de suelos. Madrid – España, 2001 p.2 <www.uclm.es/users/higueras/mga>

de estos elementos, si bien puede transferirlos a la vegetación o a la fase acuosa si se produce su descomposición en medio ácido u oxidante.

Otro componente orgánico de los suelos es el ácido fúlvico, que es un tipo de ácido húmico débilmente polimerizado, que interviene en el proceso de podsolización. Junto con las arcillas y el hierro presentes en el suelo, este ácido forma complejos coloidales que por lixiviación son desplazados hasta cierta profundidad, donde finalmente floculan como consecuencia de actividad bacteriana.

3.4 COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en:

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de intensivo uso agrícola que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas⁵².

3.4.1 Efectos de la compactación del suelo

La compactación del suelo produce un aumento en su densidad (densidad aparente), aumenta su resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo. Los efectos que la compactación produce, se traducen en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundará en una menor producción.

Los principales factores asociados con la compactación del suelo son:

- Acumulación de arcilla por fenómenos de eluviación – iluviación.
- Empleo de maquinaria agrícola, cuando los niveles de humedad del suelo son altos por laboreo excesivo del suelo.
- Utilización frecuente de maquinaria agrícola pesada y por largo tiempo.
- Sobrepastoreo con altas carga animales y pastoreos frecuentes.

La compactación del suelo afecta la productividad de las praderas, por su efecto en los siguientes parámetros:

⁵² IGAC Op. cit., p.34

- Reducción del espacio poroso en el suelo, lo que limita la disponibilidad de aire.
- Disminución en la velocidad de infiltración de agua en el suelo, lo que aumenta la escorrentía.
- Pérdida en la profundidad efectiva del suelo, lo que limita el desarrollo radicular de las especies forrajeras.
- Menor producción y calidad nutritiva del forraje.
- Reducción de la capacidad de carga de las praderas.
- Presencia de áreas erodadas e incremento en las poblaciones de malezas en las praderas.
- Pérdida de suelo y de nutrientes por erosión eólica y escorrentía⁵³.

Colacelli reafirma lo anterior al enunciar que:

La compactación es el aumento de la densidad del suelo como consecuencia de presiones aplicadas al mismo. Este fenómeno incide en forma directa e indirecta sobre el desarrollo de los cultivos. El abastecimiento de agua y nutrientes, por parte del vegetal, se verán afectados con el aumento de densidad del suelo, la infiltración y por lo tanto la acumulación de agua en el perfil, también se verán afectadas por este fenómeno. Por otro lado la disminución de la velocidad de infiltración aumenta los caudales de escorrentía y por lo tanto agudiza los problemas erosivos⁵⁴.

Praderas complementa lo anterior afirmando que:

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total del suelo⁵⁵.

La disminución de la macroporosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del suelo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se agrava cuando se riega en forma excesiva, llegando a producirse la muerte de las raíces por asfixia. Esto debido a que los escasos macroporos que pueden airear el suelo van a permanecer llenos de agua gran parte del tiempo.

⁵³ _____. Origen de la compactación de suelos agrícolas. (origen, efectos, prevención y corrección). 2002 p.2 <www.abcagro.com>

⁵⁴ COLACELLI, Norberto. Producción de los Recursos Naturales. Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía y Zootecnia – U.N.T., 2003. p.1 <www.produccion.com.ar>

⁵⁵ PRADERAS, Daniela. Prevención de la compactación de los suelos agrícolas. Santiago de Chile – Chile, 2007. p.3 <www.abcagro.com>

En áreas dedicadas al pastoreo, algunas veces se produce una compactación superficial con la presencia de gleización. Esta gleización se origina por la pobre aireación durante la época lluviosa, que resulta de la saturación de los poros finos que quedan en el suelo producto de la reducción de la porosidad (densificación), y/o de la conversión de los poros a poros finos por el pudelaje⁵⁶. El pudelaje es la deformación (sin roturación) de suelo húmedo en su estado plástico, como ocurre en el pisoteo, la amasadura, el fangueo o el arado de suelo húmedo. Lo puede acompañar una reducción o aumento de la porosidad. El efecto básico es la conversión de poros a microporos y una subsiguiente reducción sustancial de la conductividad hidráulica. Como consecuencia, durante la época lluviosa, la conductividad hidráulica y la infiltración son lentas, y la zona puede permanecer saturada con o sin agua libre (episaturación) e inducir una aireación pobre. Es importante desarrollar indicadores cuantitativos de los casos intermedios para no llegar a los casos extremos, los cuales se ven fácilmente en un perfil de suelo⁵⁷.

La humedad también juega un papel importante en el fenómeno de la compactación, ya que al labrar el suelo en condiciones inadecuadas, genera alguna forma de adensamiento y encostramiento. También la precipitación representa riesgo para suelos con estructura degradada o poca cobertura vegetal. El impacto de las gotas de lluvia genera una película de agua que obliga a infiltrar las fracciones texturales, primero arena, posteriormente limos y arcilla⁵⁸.

La habilidad con que un suelo puede almacenar y transmitir agua esta determinada por sus propiedades hidráulicas (capacidad hídrica, conductividad hidráulica), las cuales a su vez dependen de la geometría de su espacio poroso, la cual es modificada por las labranzas. Las propiedades hidráulicas afectan a su vez a los procesos hidráulicos tales como el movimiento del agua dentro del perfil y la infiltración, por ende las labranzas afectan a estos procesos.⁵⁹

La infiltración se define como el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo, en este proceso se pueden distinguir tres fases:

- a) Intercambio. Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b) Transmisión. Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.

⁵⁶ KOENIGS Y GHILDYAL, citados por Forsythe, Sancho y Villatoro. Efecto de la compactación de suelos sobre el rendimiento del maíz en tres localidades de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 2005 p.175 <www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm>

⁵⁷ FORSYTHE, SANCHO Y VILLATORO, Efecto de la compactación de suelos sobre el rendimiento del maíz en tres localidades de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 2005 p.176 <www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm>

⁵⁸ BECERRA M, Carolina, MADERO M., Edgar, HERRERA G, Oscar et al. Caracterización espacial de la compactación en terrenos agrícolas de Ciat, Colombia. *Jul./dic. 2005, vol.8, no.16* p.4 <<http://www.scielo.org.pe/scielo.php>>

⁵⁹ INGARAMO, et al. Caracterización del proceso de infiltración en la serie Las Breñas (durustalf entico) bajo labranza cero. *Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* 2000. p.3 <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_017.pdf>

c) Circulación. Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo⁶⁰.

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, como es el espesor de agua empleado para el riego o lluvia, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación y actividades microbianas, además de que los distintos manejos que se le imponen al suelo modifican a estos factores y por ende las labranzas modifican la velocidad de entrada de agua al perfil de suelo. Cuando las labranzas modifican la distribución del tamaño de los poros, en la capa arable, se produce un incremento de en la capacidad del suelo para retener agua a bajas succiones lo que hace que incremente la infiltración, por debajo de la capa arable la capacidad de retención de agua es menor por lo que hace disminuir la infiltración, esto es debido a los cambios en la geometría del espacio poroso (compactación, piso de arado) inducidos por las labranzas⁶¹.

El agua del suelo influye en su génesis y evolución. Propiedades y procesos como consistencia, regulación de la temperatura, movilización y absorción de nutrientes por las plantas, procesos de oxido reducción y problemas de erosión están bajo su influencia, como así también se encuentra en la estructura de los cristales del suelo, estando tan fuertemente ligada que se requieren altas temperaturas para eliminarla.⁶²

La cantidad y estado energético del agua en el suelo influye en las propiedades físicas del suelo mas que ningún otro factor, de ahí que las relaciones entre el agua y el suelo ocupen considerable extensión en todo el estudio de física de suelos⁶³.

La importancia de la materia orgánica en el suelo está entre otras dada por su influencia en la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación que tiene con las arcillas, esta asociación incrementa la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua⁶⁴.

La conductividad hidráulica no solo depende del volumen de poros sino además de la continuidad de conducción⁶⁵, lo que implica relaciones texturales, estructurales y biológicas; por otra parte la estabilidad de la estructura del suelo está sujeta a cambios por efecto de la alternancia de procesos de la humectación-deseccación, siendo la capa superficial más afectada⁶⁶.

⁶⁰INSTITUTO DE GEOGRAFIA DE LA UNAM. Infiltración y humedad del suelo. p.3 <<http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp4.pdf>>

⁶¹ PLA SENTIS citado por INGARAMO, et al. Op., cit. p.1

⁶² CONTI et al, citado por USACH, Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 2006 p.4 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>>

⁶³ Ibid., p. 6

⁶⁴ ORTIZ Y ORTIZ, citados por USACH. Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 2006 p.4 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>>

⁶⁵ HORN et al, citados por USACH. Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 2006 p.4 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>>

⁶⁶ SILENZI et al citados por USACH. Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 2006 p.4 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>>

Otro aspecto es la cobertura vegetal, y al respecto, Freebairn y Gupta en 1990 establecieron que tiene una gran incidencia en las tasas de infiltración observadas en comparación a distintas formas de laboreo en los tratamientos sin cubierta.

Los distintos manejos que se le imponen al suelo modifican a estos factores y por ende las labranzas modifican la velocidad de entrada de agua al perfil de suelo. Cuando las labranzas modifican la distribución del tamaño de los poros, en la capa arable, se produce un incremento en la capacidad del suelo para retener agua a bajas succiones, lo que hace que incremente la infiltración, por debajo de la capa arable la capacidad de retención de agua es menor por lo que hace disminuir la infiltración, esto es debido a los cambios en la geometría del espacio poroso (compactación, piso de arado) inducidos por las labranzas.⁶⁷

3.4.2 Prevención de la compactación del suelo

Cortínez menciona que:

La compactación del suelo es un fenómeno difícil de corregir y de un elevado costo. Por lo tanto, hay que tomar las medidas necesarias para que este fenómeno no ocurra o bien se mitigue, de manera que no llegue a niveles que limiten el potencial productivo de la especie cultivada. También debe tenerse en consideración que si bien el problema puede ser aliviado con algunas medidas de corrección, existe el riesgo de recompactar el suelo y el recurso suelo puede quedar en un nivel de mayor degradación. Por lo tanto, luego de aliviada la compactación, es necesario realizar prácticas de manejo de suelos que eviten que este fenómeno se vuelva a producir en forma intensa⁶⁸.

El grado de erosión en tierras de uso agrícola está determinado por la forma y la intensidad de su utilización por el hombre; también participan otros factores que podrían ser llamados aceleradores del proceso, tales como el clima, las pendientes y la textura del suelo.

Dentro de la forma o la tecnología de manejo del suelo, los factores que más influyen en su conservación, sin duda alguna, son la cobertura del mismo con vegetales o restos vegetales, y el método de preparación del terreno.⁶⁹

Colacelli describe que “para atenuar los efectos de la compactación se pueden encarar 2 vías”:

- 1- **Directa:** tiende a restablecer las condiciones óptimas.
- 2- **Preventiva:** apunta a evitar que se produzca la compactación.

⁶⁷ PLA SENTIS. Op., cit p. 8

⁶⁸ CORTINEZ, Rodrigo. La compactación de los suelos agrícolas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago – Chile, 2000. p.2 <www.geocities.com/pollotron2000>

⁶⁹ RONCANCIO, Edgar. Cultivar sin arar. Labranza mínima y siembra directa en los andes. 2000 p. 8

La vía directa se dirige a eliminar las capas compactadas con mínima alteración de la superficie, con técnicas como: labranza vertical profunda como cincel subsolador, paraplow, paratill, etc⁷⁰.

Las técnicas de prevención consisten en utilizar sistemas de traslado de baja presión específica sobre el suelo. Disminuir el número de pasadas y el peso de los equipos. Es importante remarcar que los neumáticos duales permiten reducir la presión de inflado para un mismo peso. Ensayos realizados muestran que, con este tipo de neumáticos, disminuye la compactación en profundidad, pero aumenta el ancho compactado. Los neumáticos duales no reducen la compactación, sólo distribuyen el peso en una mayor superficie. El nivel de compactación puede ser igual con 4 que con 2 cubiertas (equiparadas en peso). Por lo tanto no es aconsejable utilizar duales para comenzar a trabajar antes suelos húmedos.

Lo anterior es corroborado por Coral (2003)⁷¹, quien afirma que para prevenir la compactación es necesario mecanizar con implementos de acuerdo al tipo de suelo, hacer periódicamente laboreo profundo con cinceles, realizar un bajo número de pases mecanizadas, rotar los potreros, rotar los cultivos, adicionar materia orgánica. Para lograr recuperar un suelo compactado es necesario utilizar cinceles y adicionar correctivos y materia orgánica.

3.4.3 Pisoteo animal

Taboada afirma que:

Los efectos del pastoreo por ganado doméstico difieren en su magnitud, entendiéndose por tal a la intensidad y a la duración del efecto causado. Ambos son afectados o regulados por factores relacionados con el suelo, la vegetación y los animales. Los factores de vegetación son el volumen de biomasa sobre el suelo, su estructura o arquitectura (césped, matas, etc.), y la calidad del forraje ofrecido (palatabilidad y digestibilidad). Finalmente, los factores relacionados con los animales son varios. Puede citarse, entre ellos al tipo de animal (vacuno, ovino, etc.), su edad (por ejemplo, terneros, novillos, etc.), y finalmente la carga animal (cantidad de cabezas por hectárea) y la duración de los periodos de pastoreo y descanso (continuo, rotativo)⁷².

Un sobrepastoreo o laboreos frecuentes del suelo, reducen la porosidad secundaria, los agregados se pulverizan. La estabilidad mecánica de los agregados varía en el transcurso del año, en especial para el sitio con bosque nativo. Esta es máxima a inicio

⁷⁰ COLACELLI, Norberto. Recursos naturales: La compactación del suelo. Departamento de ecología de la facultad de agronomía y zootecnia. Buenos Aires Argentina. 1999 p.3 <www.produccion.com.ar>

⁷¹ CORAL, Carlos. Capacitación Tecnológica En El Manejo Integral De Suelos De Altillanura Plana Para Pequeños Productores De Puerto Carreño. Puerto Carreño 2003. p.2 <www.agronet.gov.co>

⁷² TABOADA, Miguel. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre los suelos en siembra directa. Buenos Aires Argentina. Mayo de 2007 p.16

de otoño y mínima a fines de invierno, con esto se modifica también la distribución de poros por tamaño⁷³.

Con praderas permanentes aumenta la estabilidad estructural, los cambios estacionales son menores, la distribución de poros por tamaño es menos variable a lo largo del año, la capacidad de soporte incrementa debido a un aumento en la cohesión. Esto se debe en gran parte a la mayor densidad radical. Las líneas de tensión se compensan en la estrata superficial del suelo, y el coeficiente de concentraciones de una magnitud moderada. En los sitios con un sobrepastoreo y frecuentes labores de labranza, la capacidad de soporte del suelo superficial es baja, esta aumenta en profundidad. El incremento de la cohesión se debe al grado de encaje de microagregados aristados. Las líneas de fuerza se compensan en la superficie y el coeficiente de concentración es pequeño.⁷⁴

3.4.4 Compactación y materia orgánica

La materia orgánica provee al suelo:

- Sustancias agregantes del suelo, haciéndolo grumoso, con bioestructura estable a la acción de las lluvias.
- Ácidos orgánicos y alcoholes; que durante su descomposición sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre; fijadores de nitrógeno, posibilitando, así, su fijación.
- Posibilidad de vida de los microorganismos, especialmente los fijadores de nitrógeno, que producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido indol-acético, que tienen un efecto positivo sobre el desarrollo vegetal.
- Alimento a los organismos activos en la descomposición, produciendo antibióticos que protegen a las plantas de plagas, contribuyendo a la salud vegetal.
- Sustancias intermediarias producidas en su descomposición, que pueden ser absorbidas por las plantas, aumentando el crecimiento⁷⁵.

Por otra parte, es muy conocida la capacidad de la MO de favorecer la estructuración del suelo y la resistencia de los agregados, disminuyendo de esta forma la densidad aparente y la resistencia a la penetración. Es por esto que todos aquellos factores que promuevan la acumulación o el mantenimiento de altos niveles de MO en el suelo, favorecerán consecuentemente las propiedades físicas del mismo. Los materiales orgánicos poseen menor densidad y mayor porosidad que los suelos minerales, por lo tanto, el mezclado de suelo con residuos vegetales o estiércol puede mejorar la densidad aparente del suelo. Por otro lado, el tipo de MO también es importante. La MO más lábil parece ser más relevante que el contenido total de MO en determinar el comportamiento mecánico del suelo.⁷⁶

⁷³ VALDIVIA. Cambios estructurales y mecánicos en suelos volcánicos de diferentes usos. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral de Chile. 2000 p.5
<<http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp2/1717-t.pdf>>

⁷⁴ Ibid. p6

⁷⁵ PRIMAVESI, A. manejo ecológico del suelo 5ª ed. Buenos Aires (Argentina) "El Ateneo" Pedro García S.A. 1984. p. 450

⁷⁶ PAGANI, Agustín. Compactación de suelos en sistemas de cultivo: Naturaleza, causas y posibles soluciones. 2004. p.3

La materia orgánica sin descomponer, no ayuda a la formación de agregados estables del suelo. Para que sea efectiva su acción, se requiere la intervención de los microorganismos del suelo.

Gavande manifiesta que “durante los períodos de intensa actividad microbiana, las células y los microorganismos, por si mismos, pueden mantener unidas en forma mecánica las partículas del suelo. En forma indirecta los microorganismos ayudan a la agregación del suelo, a través de los compuestos producidos durante la descomposición de materia orgánica”⁷⁷.

La acción microbiana puede ser muy pasajera, ya que tanto las sustancias aglutinantes como los micelios envolventes, pueden ser atacados a su vez por acción microbiana subsecuente. Por tanto, si se desea conservar un alto nivel de agregación, se requiere de adiciones periódicas de residuos orgánicos⁷⁸.

3.5 DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

La degradación se define como una reducción en las cualidades del suelo relacionadas con la productividad de los cultivos. La degradación de la productividad del suelo se puede originar por varios agentes y procesos⁷⁹.

Según Amézquita, “la degradación se refiere a la pérdida del potencial productivo de un suelo, por deterioro de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, como consecuencia del uso de prácticas agrícolas inapropiadas a través del tiempo”⁸⁰.

Los procesos de degradación del suelo son aquellos que reducen tanto en forma cuantitativa como cualitativa, su capacidad actual de producir bienes o servicios. Por lo general, son debidos a la ruptura provocada por la intervención humana, del equilibrio natural entre la agresividad climática y la resistencia potencial de los suelos⁸¹.

El área degradada en el trópico, por diferentes procesos es estimada en 915 millones de hectáreas por efecto de la erosión por el agua, 474 millones de ha. de erosión por el viento, 50 millones de ha. por degradación física y 213 millones de ha. por degradación química⁸².

Fenómenos asociados a la degradación de los suelos a través de las actividades relacionadas con la agricultura (quema de vegetación, raturación de la tierra), así como el pastoreo de ganado, explotación forestal, desarrollos urbanos e industriales, operaciones mineras, construcción de vías de comunicación entre otras, el hombre ha

⁷⁷ GAVANDE. Op., cit p.18

⁷⁸ Ibid., p.20

⁷⁹ PLA S., I. Desarrollo de índices y modelos para el diagnóstico y prevención de la degradación de suelos agrícolas. 1988. Mención científica. Caracas (Venezuela). Banco Consolidado. 1989. p.43

⁸⁰ AMEZQUITA C., E. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Actualidades ICA (Colombia) 1992. p.6

⁸¹ PLA S., I. Op. cit., p.11

⁸² LAL, R. Métodos y directrices para evaluar el uso sostenible del suelo y los recursos hídricos en los trópicos. Columbus (Estados Unidos), USDA Servicio de Conservación de Suelos, 1994. p.70

alterado el equilibrio ecológico en los suelos conduciendo a veces a situaciones desastrosas⁸³.

Ante la creciente demanda de alimentos, Colombia ha optado por incorporar nuevas tierras como fórmula para aumentar la producción. Las regiones tropicales húmedas, han sufrido el impacto de una explotación agropecuaria con las prácticas heredadas de tala y quema⁸⁴.

En Colombia aún no se tienen datos suficientes sobre las pérdidas y degradación del suelo, o son puntuales; pues no hay un estudio sistemático cuantitativo del problema. Este consiste no solo en la pérdida física del suelo. Hay otras formas que resultan igualmente catastróficas: degradación química, acumulación de sales, daños físicos y biológicos⁸⁵.

Al respecto Ankeny et al., encontraron “una disminución de la infiltración en el transcurso del tiempo y atribuyen gran incidencia al efecto del tránsito de maquinarias”⁸⁶, como así también Gavande et al., “mencionan que la tasa o velocidad con que el agua entra en el suelo es una característica de cada suelo que puede ser alterada por el uso”⁸⁷. Sobre este mismo tema Venialgo et al, manifiestan que los suelos que se incorporan para uso en agricultura, sufren profundas modificaciones en las propiedades físicas, que son las que tienen mayor influencia sobre la infiltración.

En conclusión, muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración⁸⁸. Tampoco no hay que olvidarse que la infiltración del agua posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada en una cuenca, dependiendo de su magnitud; lluvias de iguales intensidades pueden producir caudales diferentes, esto es de gran importancia práctica dado que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica⁸⁹.

3.5.1 Erosión del suelo

Las prácticas de labranza influyen en todas las condiciones físicas del suelo, por ejemplo, el laboreo excesivo causa erosión, compactación, pérdida de agua del suelo, mala estructura y deterioro de otras propiedades físicas que impiden el desarrollo radicular. Los suelos con textura media o gruesa y con contenidos moderados de humus conservan una estructura favorable durante periodos largos, por lo que requieren de labranza mínima. Los suelos ricos en arcilla y limos tienden a volverse compactos por

⁸³ PLA S., I. Op. cit., p.14

⁸⁴ OLMOS, E. Y MONTENEGRO. Inventario de los problemas de la erosión y degradación de los suelos de Colombia. EN: Congreso Colombiano de la ciencia del suelo. Neiva (Colombia), 18-21 de agosto de 1987. Resúmenes. Neiva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p.23.

⁸⁵ Ibid., p.25

⁸⁶ ANKENY *et al.* Infiltración. 1995 p. 2

⁸⁷ GAVANDE. Op. cit., p. 23

⁸⁸ VÉLEZ, M. y VÉLEZ, J. Infiltración. Capítulo 8. Universidad Nacional de Colombia. 2002 p.6

⁸⁹ RUIZ et al. citados por USACH. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 2006 p.4 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>>

lo que se restringe la circulación del aire y agua. Estos suelos requieren de labranza más frecuente y más elaborada.⁹⁰

Por otra parte Tarifeño, explica dos clases de erosión que se pueden encontrar en los suelos:

1. Erosión Eólica: Es un proceso erosivo del suelo producido por la acción del viento, y caracterizada por la aspersión de arenas, denudación de los suelos, esterilización y pérdida de nutrientes. Ocurre, por lo general, en suelos desprovistos de humedad y vegetación, formado a partir de partículas segregadas y livianas (arenas, arcillas) en terrenos expuestos a la acción del viento. El ser humano interviene en esta situación como un factor de aceleración y agravamiento de los procesos, al realizar prácticas agrícolas y/o forestales que eliminan la vegetación⁹¹.

2. Degradación Biológica: Es un proceso degradativo de la productividad de los suelos, influido principalmente por la deforestación y los incendios que contribuyen a una fuerte disminución de la materia orgánica.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la deshidratación del suelo por las raíces causa grietas al contraerse el suelo, lo que origina rompimientos y formación posterior de agregados. El follaje de las plantas y sus residuos cubren el suelo y lo protegen de los cambios bruscos de temperatura y humedad y del impacto de las gotas de lluvia⁹².

3.5.2 Erodabilidad y su relación con los agregados del suelo.

La susceptibilidad de un suelo a la erosión se denomina erodabilidad, y es uno de los factores más importantes en los modelos de erosión, junto con la erosividad de las tormentas, la topografía, la cobertura superficial y el manejo del suelo.⁹³

De acuerdo con Molina, “el principal factor de agotamiento de los suelos, es la pérdida de estabilidad en agua de sus agregados. Este factor, está directamente ligado a la resistencia del suelo a la erosión y penetración del agua en el mismo, factores considerados decisivos para mantener un suelo productivo”⁹⁴.

La degradación de la estructura del suelo afecta directamente la capacidad de infiltración, capacidad de retención de humedad y erodabilidad del suelo⁹⁵. Se ha encontrado como la infiltración de un suelo pobremente estructurado, con agregados estructurales menores de 0,5 mm de diámetro, se puede reducir a la mitad, en relación

⁹⁰ _____, Física del suelo. SAGAN – Nariño. p.17 <www.sagan-gea.org/hojaredsuelo>

⁹¹ TARIFEÑO, Eduardo. Del mar a la cordillera: El suelo. Comisión Nacional del Medio Ambiente y Ministerio de Educación. Concepción – Chile 2003. p.2 <www.sinia.cl>

⁹² GAVANDE, S.A. Física de suelos. Principios y aplicaciones. México ed. Limusa, S.A. de C.V. 1986. p.280

⁹³ ECHEVERRIA, Nora E, VALLEJOS, Adrián G y SILENZI, Juan C. Erodabilidad de suelos del sur de la Región Semiárida argentina. ene./jul. 2006, vol.24. p.3 <<http://www.scielo.org.ar/scielo.php>>

⁹⁴ MOLINA, J.S. La recuperación biológica de suelos tropicales. Fitotecnia Latinoamericana. 1969 p.152

⁹⁵ MÉNDEZ, A., H.; NAVAS A., J. Propiedades físicas y químicas que influyen sobre la propiedad del horizonte A del suelo. Suelos ecuatoriales. Memorias del I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. SCCS. 1982 p.132

con un suelo bien estructurado (agregados entre 2 y 4 mm). Suelos con agregados estructurales de tamaño cercano a los limos, tienden a retener alta cantidad de humedad.

La agregación estable, puede ser dañada por la intensificación del arado en el establecimiento de cultivos. El reemplazo del sistema de cultivos tradicionales por monocultivos, puede resultar en la reducción de la estabilidad de los agregados del suelo, atribuida principalmente a la remoción de gramíneas de los cultivos secuenciales⁹⁶.

⁹⁶ LYNCH, J.M.; BRAGG, E. Microorganismos del suelo y estabilidad de agregados. Los avances en la ciencia del suelo (Estados Unidos). 1985. p.133

4. CAPITULO II

4.1 SITUACIÓN DE LAS PRADERAS DESTINADAS A GANADERIA DE LECHE

Las especies forrajeras son la principal fuente de alimentación de los bovinos en Colombia en razón a la baja disponibilidad y alto costo de los granos y subproductos agroindustriales en el mercado, por lo que la productividad de las explotaciones ganaderas depende cada vez mas de la habilidad del productor para manejar técnicamente sus praderas, pastorear en forma eficiente el forraje producido, con la periodicidad y grado de consumo que favorezcan una rápida recuperación y alta producción de forraje, junto con una oportuna y adecuada aplicación de los nutrientes extraídos por el animal en pastoreo.

Para el logro de este propósito se requiere desarrollar e implementar prácticas mas eficientes de manejo de los diferentes recursos del sistema productivo (suelo, forrajes, agua, insumos, e información tecnológica) que permitan no solo maximizar los rendimientos y la calidad nutritiva del forraje de las praderas a través del año, sino mejorar la productividad de los sistemas bovinos en forma competitiva y sostenible⁹⁷.

Por otra parte, Colombia se encuentra dentro de los países latinoamericanos con menor abundancia relativa de suelos arables. Según información de FAO, únicamente el 3.6% de la tierra total puede ser incluida dentro de los suelos mecanizables. A esta limitación se añade el uso inadecuado de los suelos: según el IGAC, en Colombia hay nueve (9) millones de hectáreas aptas para la agricultura, pero se utilizan para este fin únicamente 5 millones⁹⁸.

En cambio, para la ganadería hay 16.8 (diez y seis punto ocho) millones de hectáreas aptas y se utilizan 35 (treinta y cinco) millones para este fin, de las cuales sólo cinco (5) millones tienen pastos mejorados, mientras que el resto se explotan de manera extensiva. Así, en conjunto, el 45% de los suelos del país es destinado a usos inadecuados⁹⁹.

Para Murgueitio y Calle (2000), “la mayor productividad del ganado se logra mediante una estrategia de manejo de los pastos que mantenga el nivel máximo de biomasa y evite el sobrepastoreo. Además de proporcionar forraje y cobertura vegetativa, los pastos productivos previenen la erosión y la rápida escorrentía del agua y a la vez contribuyen al soporte de otras especies presentes en el ecosistema”¹⁰⁰.

⁹⁷ CUESTA, Pablo. Manejo de praderas en Colombia- Estado actual y proyección de la investigación. EN: Primera reunión de la red telemática de recursos forrajeros. Tibaitatá, junio de 2004. p.2

⁹⁸ FAJARDO, Darío. Situación y perspectivas del desarrollo rural en el contexto del conflicto Colombiano. Universidad Nacional de Colombia 2002 p.5 <<http://www.grupochorlavi.org>>

⁹⁹ Ibid., p. 5

¹⁰⁰ MURGUEITIO, Enrique y CALLE, Zoraida. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica, fundación CIPAV, Cali, Colombia, 2000. p.3 <<http://www.fao.org>>

Según Cuesta *et al.*, la degradación de las praderas destinadas a ganadería de leche puede ser causada por uno o varios de los siguientes factores:

- Siembra de pastos en suelos no aptos para su cultivo o uso de especies no compatibles en las asociaciones.
- Deficiente manejo del pastoreo: alta carga animal y largos períodos de ocupación de las praderas. El sobrepastoreo y la escasa o nula fertilización de mantenimiento aceleran el proceso de degradación de las praderas. Por otra parte, el subpastoreo contribuye en la acumulación de forraje maduro y de baja calidad nutritiva.
- Invasión por malezas.
- Inadecuado manejo de la fertilización: en la fase de establecimiento de las praderas es común la aplicación de algún tipo de fertilizante; sin embargo, en una alta proporción de las explotaciones no se cuenta con planes de fertilización de las praderas en su etapa productiva, y en algunos casos solo se aplican fuentes de nitrógeno.
- Compactación del suelo: la compactación está asociada con presencia de capas de muy baja aireación y alta densidad aparente, y puede estar asociada con fenómenos de endurecimiento y acumulación de arcillas, o como resultado del manejo del suelo, factores que repercuten en las propiedades físicas y en la profundidad efectiva del sistema radicular¹⁰¹.

Castillo explica que:

La degradación de praderas es la pérdida de la capacidad productiva de una pastura, que se manifiesta con baja producción y calidad de forraje, pérdida de cobertura, invasión de malezas. El establecimiento de la pastura puede ser exitoso y productivo durante el primer año de pastoreo, pero por deficiencias nutricionales en la planta, plagas o manejo inadecuado del pastoreo, como alta carga animal, largos períodos de ocupación y/o cortos períodos de descanso puede iniciar su degradación. También es posible que desde el comienzo las praderas queden mal establecidas por baja calidad de semilla, mala preparación del suelo, época inadecuada de siembra, fallas en siembra por mala calibración de sembradora.

Con frecuencia, las praderas degradadas presentan compactación del suelo, que afecta el desarrollo de las raíces, y reducen la absorción de nutrientes y de agua; sin embargo, cuando el suelo no presenta problemas por compactación, la recuperación de la pradera puede requerir únicamente la aplicación de fertilizantes y/o la siembra de otras especies forrajeras para mejorar la producción y calidad nutritiva del forraje¹⁰².

¹⁰¹ CUESTA, Pablo., *et al* Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones caribe y valles interandinos. p.8 <<http://www.corpoica.org.co>>

¹⁰² CASTILLO, A. Renovación y manejo de praderas en lo llanos orientales. Corpoica-Plante. Villavicencio – Colombia, 1998. p.3 <www.fao.org/agris>

4.1.1 Instalación de Pasturas

Formoso, considera que

Por definición siembra buena se considera aquella en que la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener y las emergidas es mínima, el tiempo entre la siembra y la emergencia es mínimo y la distancia entre plantas es uniforme. La semilla viable para germinar necesita agua y se absorbe tanto en forma líquida como de vapor. El segundo factor a considerar radica en garantizar el suministro de agua, continuo, más seguro, que es a partir de la fase líquida. Para esto se requiere que el suelo tenga disponibilidad de agua adecuada, se necesita un buen contacto semilla-suelo y la semilla debe estar colocada próxima al denominado frente de humedad. Esto se regula dentro de ciertos límites con la profundidad de siembra en función del tamaño de la semilla¹⁰³.

Las pasturas de alta producción pueden ser establecidas mediante técnicas de cultivación tradicional o mediante técnicas de labranza de conservación (Labranza cero). Cualquiera de los sistemas elegidos tiene los mismos principios los cuales deben seguirse estrictamente y que son la clave del éxito.

El análisis del suelo es el primer principio y se recomienda como primer paso para identificar los posibles déficits de fertilidad y los niveles de acidez. Un correcto pH (generalmente de 5.5 a 6.5) y buenos niveles de fosfato son los principales requerimientos. En muchos suelos de la sierra peruana los niveles de potasio y azufre son deficitarios y también necesitan corregirse con los fertilizantes apropiados que puedan proporcionar además, algunos micro elementos¹⁰⁴.

4.1.2 Especies forrajeras predominantes

Cárdenas, menciona que

En la zona de de trópico alto predominan pastizales de *P. clandestinum*, solo o en asociación con trébol rojo (*Trifolium pratense*) y blanco (*T. repens*), también especies como: Falsa poa (*Holcus lanatus*), Oloroso (*Anthoxanthum odoratum*), y en menor proporción especies de los géneros *Axonopus*, *Agrostis*, *Bromus*, *Paspalum*, *Calamagrostis* y *Trifolium*. Sin embargo, en años recientes se ha dado como alternativa la introducción de ryegrass (*Lolium spp*), como reemplazo del pasto kikuyo¹⁰⁵.

¹⁰³ FORMOSO, Francisco. Instalación de pasturas: Conceptos claves. INIA, Montevideo – Uruguay, 2006 p.6 <www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas>

¹⁰⁴ BERNAL, Jorge Luis. Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas. Dirección de crianzas – DGPA. Perú, junio de 2005 p.2 <www.minag.gob.pe/dgpa>

¹⁰⁵ CÁRDENAS Op. cit., p.15

Tabla 1. Adaptación relativa de varias especies de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima frío a diferentes condiciones de suelo*

CONDICIONES DEL SUELO	ESPECIES RECOMENDADAS
Vegas y zonas pantanosas	Raigras inglés e italiano, Festucas alta y media, Orchoro, Trébol blanco, Nutriblend
Terreno bien drenado	Kikuyo, Trébol blanco, Raigras inglés e italiano, Festucas alta y media, Orchoro, Alfalfa, Manawa, Ariki, Tetralite, Avena, Triticale, algunos Sorgos forrajeros, Tetila
Sin heladas	Trébol rojo, kikuyo, Avena, Triticale, Maíz, Trigo y Cebada forrajera
Páramo, heladas frecuentes	Festucas alta y media, Raigras inglés e italiano, Orchoro, Trébol blanco, Alfalfa, Manawa, Ariki, Avena, Triticale, Tetila

* Adaptado de: ICA, Curso de pastos y forrajes. Compendio N°11. Tomado de: Bernal Javier, Pastos y forrajes tropicales, 1988.

Basto y Fierro manifiestan que:

Existen principalmente dos tipos de praderas en clima frío, en primer lugar praderas naturales constituidas por gramíneas anteriormente mencionadas y gramíneas nativas en suelos ácidos de baja fertilidad; con pastoreo extensivo o alterno, con periodos de descanso de 70 hasta 150 días, con una capacidad de carga equivalente a 0.5 UA por hectárea. En segundo lugar, praderas establecidas por siembra directa en forma mecánica, usando los pastos ya mencionados y en algunos casos mezclados con bajas cantidades de leguminosa y algunas prácticas de manejo como fertilización, riego, pastoreos rotacionales, manejando capacidades de carga cercanas a 0.9 UA/ha¹⁰⁶.

Pero recientemente, se han establecido estrategias de manejo con sistemas predominantes de explotación como son: el pastoreo extensivo mejorado, donde la alimentación se basa en pastoreo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas naturalizadas y nativas y en ocasiones introducidas, con una carga animal aproximada de 1.2 UA/ha, sistema que emplea pequeñas cantidades de suplementos alimenticios. También, el sistema de pastoreo intensivo suplementado localizado principalmente en suelos de vocación agrícola, de alto valor unitario, cercano a centros urbanos, con servicios públicos completos a escala municipal y rural. Con alta disponibilidad de maquinaria y equipos (tractores, equipos de ordeño, riego, henificaderos), fertilizantes, adecuación de tierras, ganado semiestabulado y forrajes de semillas importadas. La capacidad de carga oscila entre 3.0 - 3.5 UA/ha. De manera incipiente se encuentra también, algunos sistemas de confinamiento, con manejos inapropiados en la mayoría de los casos. Estos sistemas de producción se caracterizan por poseer una mejor nutrición y mejoramiento genético que otros sistemas tradicionales de explotación

¹⁰⁶ BASTO, O y FIERRO, G. manejo sostenible de praderas. Programa de transferencia de tecnología. Corpoica, regional uno – SENA. Bogotá 1999. p.29

bovina en Colombia, empleando recursos de pastos de corte poco adaptados al ecosistema alto andino colombiano¹⁰⁷.

En clima frío hay varios criterios muy importantes a tener en cuenta con las pasturas como son: humedad excesiva en el suelo, presencia de sequía, acidez del suelo y la presencia de heladas:

a. Especies que toleran encharcamientos prolongados: raigrás italiano (*lolim multiflorum*), orchoro (*Dactylis glomerata*), festuca alta (*Festuca arundinacea*), festuca media (*Festuca elatior*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

b. Especies que toleran sequía temporal: orchoro (*Dactylis glomerata*), festuca alta (*Festuca arundinacea*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

c. Especies que toleran suelos ácidos: falsa poa (*Holcus lanatus*), oloroso (*Anthoxanthum odoratum*)

d. Especies que toleran heladas frecuentes: festuca alta (*Festuca arundinacea*), raigrás italiano (*lolim multiflorum*), (*Dactylis glomerata*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y alfalfa (*Medicago sativa*)¹⁰⁸.

4.2 FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN CLIMA FRÍO EN COLOMBIA.

Algunos suelos de la región andina se encuentran localizados en altiplanicies enclavadas en las cordilleras como la de Santa Rosa de Osos, Rionegro, el altiplano cundiboyacense (que comprende la sabana de Bogotá, los valles de Ubaté y Chiquinquirá y el sector Tunja - Paipa que remata con el valle de Sogamoso), la altiplanicie Túquerres-Ipiales en Nariño y el altiplano de Popayán. Existen varias pequeñas mesetas como la de Sibundoy con suelos orgánicos (histosoles) y otras que son asiento de lagunas importantes como la de Tota y la Cocha. El patrón de distribución de los suelos y sus características más importantes dependen de factores tales como el clima del altiplano, su relieve y el tipo de material parental. Por ejemplo, el clima de las altiplanicies antioqueñas es frío muy húmedo, el de una parte de las altiplanicies nariñenses frío-húmedo y el de la sabana de Bogotá frío seco. Esta última condición de sequedad hace que, en algunas regiones de la sabana de Bogotá, se presenten suelos arcillosos que poseen en profundidad capas endurecidas que impiden el normal desarrollo de las raíces. Estos suelos se conocen como alfisoles y presentan limitaciones para la agricultura¹⁰⁹.

Por otra parte Fedegan, “ha caracterizado diversos núcleos de explotación lechera en el país, demarcando en la región alto andina (1800–3200 msnm), al altiplano norte de Antioquia, el cordón de Ubaté- Chiquinquirá, la sabana de Bogota y las zonas altas de

¹⁰⁷ CARDENAS, Edgar Alberto. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2006. p12

¹⁰⁸ SIERRA, Oscar. Establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros para la producción de leche. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad de Antioquia, Medellín 2003. p.3 <www.kogi.udea.edu.co>

¹⁰⁹ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estado del recurso suelo. Santafé de Bogotá 2004.

Nariño como las cuencas lecheras del país, quienes aportan el 34% de la producción nacional”¹¹⁰.

Dado lo anterior, el mayor componente forrajero de los pastizales alto andinos en Colombia es el kikuyo, siendo este una de los principales fuentes alimenticias destinada a la producción lechera. Sin embargo, al igual que otras especies es exigente en agua y nitrógeno. El pasto kikuyo es doblemente afectado por el verano, no solo por la disminución en producción de forraje sino también por la mayor incidencia de heladas. Otro problema que se ha presentado es la dependencia de las praderas de clima frío a altos niveles de fertilización nitrogenada, con el fin de mantener rendimientos de forraje adecuados.

Las heladas o las sequías también son causa de degradación. La total remoción de una pastura degradada y la implantación de una nueva se puede hacer mediante arada y pases de rastra; lo cual provoca pérdida de humedad del suelo, daños estructurales, altos costos y el riesgo de erosión mientras el suelo está descubierto¹¹¹.

Las heladas en el país y específicamente en el altiplano cundiboyacense y la ex provincia de Obando en Nariño, son sinónimo de pérdidas económicas periódicas en cultivos de cereales, papa, pastos, etc. Estas se presentan en el país durante los meses de enero y febrero con más daños que en julio y agosto. Las heladas ocasionan daños físicos en las plantas como: ruptura de células y tejidos debido al aumento de volumen del agua al congelarse, además de quemaduras por viento helado los cuales hacen daños fisiológicos: cambios bioquímicos o metabólicos en el interior de la célula, como consecuencia de la deshidratación del protoplasma, debido a la salida de líquidos. Se presentan también síntomas de marchites ocasionados por la disminución en la actividad de las raicillas y los pelos absorbentes en lo relacionado con la absorción de agua¹¹².

4.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN CLIMA FRÍO

4.3.1 Pradera pura: En cuanto a rendimientos de biomasa, se ha observado que las especies introducidas producen más forraje que las especies nativas, dado que en la mayoría de los casos las especies introducidas responden mejor a la fertilización que las especies nativas, lo que hace que estos sistemas productivos sean dependientes de insumos agrícolas tales como riego y fertilización¹¹³.

¹¹⁰ FEDEGAN (Fondo Nacional del Ganado). La ganadería bovina en Colombia 1998 – 1999. Santafé de Bogotá, Colombia 1999. p.152

¹¹¹ LOZANO, Fernando. Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto Colombiano. Tibaitatá, junio de 2004 p.5

¹¹² FERNANDEZ, R. 1994. Las heladas. Su definición, pronóstico y control. Citado por CARDENAS, Edgar Alberto. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. 2006 p.8

¹¹³ CARDENAS, Edgar. 2003. Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia. Citado por CARDENAS 2006 p.12

4.3.2 Importancia de las leguminosas en praderas asociadas

El empleo de praderas de gramíneas asociadas con leguminosas es una alternativa práctica para disminuir los costos por fertilizantes aplicados, e incrementar la calidad de la 11 dieta. Las mezclas de gramíneas y leguminosas son muy importantes por las ventajas que se obtienen en su uso, se obtienen mayores rendimientos de forraje de mayor calidad que en la pradera pura, también se puede rebajar o aun suprimir la fertilización nitrogenada, aprovechando el nitrógeno atmosférico fijado por la leguminosa, factor mejorante de la fertilidad del suelo, es también importante porque presentan mayor resistencia a la sequía, a la incidencia de plagas y enfermedades y heladas en el caso del kikuyo¹¹⁴.

¹¹⁴ CÁRDENAS, Edgar. Estrategias de investigación en forrajes de tierra fría en Colombia. Universidad Nacional, Bogotá, 2002 p.4

5. CAPITULO III

5.1 EL USO DE LAS TIERRAS DE ACUERDO CON SU CAPACIDAD DE USO

Giasson describe que:

Muchos agricultores en el mundo, basados en generaciones de experiencia, están usando sus tierras en una manera sostenible. Otros hacen lo mismo en base a las recomendaciones de los servicios de extensión o de los resultados experimentales. Pero en muchos lugares, se han abierto nuevas tierras para la agricultura o el uso de la tierra ha cambiado drásticamente a causa de los cambios de población o de presiones económicas. A menudo tales cambios en el uso de la tierra han sido hechos sin estudios previos que indiquen cual sería el uso más apropiado y que efectos pueden tener sobre el ambiente los diferentes usos que se podrán hacer. Esto ha llevado a pobreza, degradación ambiental, explotación económica ineficiente y pérdida de recursos naturales como suelo y agua. Los mejores usos de la tierra dependen de condiciones económicas, sociales, políticas y culturales, de las características del suelo y de su respuesta al uso¹¹⁵.

Gran parte de las tierras han sido utilizadas sin estudios previos que muestren cual es el tipo de uso más adecuado y cual es el efecto ambiental de los diferentes usos. Muchos tipos de uso de la tierra, agrícolas o no, son hechos de forma y en lugares inadecuados, lo que ha resultado en pobreza, degradación ambiental, explotación económicamente ineficiente y pérdida de recursos naturales como suelo y agua. La mejor forma de uso de la tierra depende de las condiciones económicas, sociales, políticas y culturales, además de las características del suelo y su respuesta al uso.

5.1.1 Evaluación de las tierras

Las tierras varían en sus características y esa variación afecta el uso de las mismas, pues para cada tipo de uso hay tierras más o menos aptas física y económicamente, esto es, en cuanto a la productividad y en cuanto al retorno del capital invertido. La variación de las tierras es en gran parte sistemática y provocada por factores conocidos, por lo tanto, esta puede ser mapeada, separándose en áreas homogéneas. Esas áreas particulares pueden tener un comportamiento previsible con algún grado de certeza cuando son sometidas a cierto tipo de uso. Ese grado de certeza depende de la calidad de los datos disponibles y del conocimiento usado para relacionar las características de la tierra con su respuesta al uso.

La evaluación de las tierras es el proceso de evaluación de la respuesta de las tierras cuando son usadas para fines específicos. Este proceso permite que sea hecho un planeamiento racional del uso de las tierras y un uso adecuado y sostenible ambiental y económico de los recursos naturales y humanos. De esta forma, puede ser un importante instrumento para el planeamiento del uso, tanto por usuarios individuales, por grupos o por la sociedad como un todo.

¹¹⁵ GIASSON. Uso de las tierras y capacidad de uso. Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Río Grande. Porto Alegre – Brasil, 1999 p.2

Es necesario que haya un sistema de evaluación de la aptitud de uso de las tierras que utilice parámetros objetivos y que pueda ser aplicado en cualquier escala, desde el reconocimiento hasta el planeamiento individual de propiedades, que sea adecuado a las condiciones locales y que considere los aspectos económicos involucrados en cada tipo de uso de la tierra, así como que sea aplicable a la mayoría de las situaciones de disponibilidad de recursos naturales.

En la clasificación técnica, los casos individuales son agrupados en función de pocas características de interés práctico y específico, relacionadas con el comportamiento agrícola de los suelos, involucrando los aspectos físicos y socio-económicos y resultando así un trabajo de naturaleza interdisciplinaria. De esta forma, este tipo de clasificación es un proceso estimativo del comportamiento o de la aptitud del uso de la tierra cuando es usada para propósitos específicos¹¹⁶.

5.2 MANEJO DE PRADERAS EN COLOMBIA

El manejo de praderas implica todas las prácticas necesarias desde el establecimiento, hasta su aprovechamiento, con el fin de obtener un alimento que pueda satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción animal y que se traduzca en un eficiente sistema de producción¹¹⁷.

Dentro del manejo de praderas se incluyen prácticas de carácter agronómico y zootécnico tendientes a obtener una apropiada producción y productividad animal, como consecuencia de la estrecha interacción que existe entre el pasto y el animal. Praderas de especies introducidas en climas cálidos, dedicadas en su mayoría a producción de ganado de carne o de doble propósito. En las áreas cercanas a las principales ciudades se ha incrementado la explotación lechera, a causa de que es posible ordeñar las vacas de carne de mejor producción de leche o tener cruces con razas especializadas hacia la producción de leche. Además de las anteriores merecen ser citadas, en climas cálidos, las praderas de gramas en suelos aluviales, usadas para las crías en los piedemontes llaneros y amazónico y como pasturas temporales en los playones de la Costa atlántica. En climas fríos y a alturas superiores a los 3.000 msnm se encuentran amplias extensiones de praderas de especies nativas propias de los páramos, usadas esencialmente para la explotación ovina, ya que son áreas marginadas para la producción de leche y carne. Es importante indicar también la existencia de praderas temporales.¹¹⁸

Por otra parte Hernandez *et al*, afirman que “el objetivo en el manejo de praderas es la producción de forraje, permitir la renovación de las reservas de las plantas para mantener su vigor y lograr la máxima productividad en el mediano y largo plazo. El

¹¹⁶ RESENDE. *Et al*. Capacidad de uso de la tierra. Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Río Grande. Porto Alegre – Brasil, 1995. p.9

¹¹⁷ BÁEZ, Fernando, et al. Manejo de praderas para el Corregimiento de La Victoria. Corpoica. Cartilla No.8 .San Juan de Pasto.1999 p.3<<http://www.agronet.gov.co>>

¹¹⁸ _____. La ganadería en Colombia. Pastos y forrajes bovinos. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Santa fe de Bogotá 2006. p.1 <www.cyemh.org/ganaderíacolombiana>

conocimiento de los principios del crecimiento de las plantas en las praderas es fundamental para un manejo apropiado del pastoreo”¹¹⁹.

5.2.1 Métodos conservacionistas de preparación del suelo

Dentro de la forma o la tecnología de manejo del suelo, los factores que más influyen en su conservación, sin duda alguna, son la cobertura del mismo con vegetales o restos vegetales, y el método de preparación del terreno.

Studert citado por Acosta y Moncayo, afirma que

Dentro de los sistemas conservacionistas se incluye la labranza mínima como un conjunto de técnicas que tienen como propósito mejorar y hacer sostenible la producción agrícola, mediante la conservación de los recursos biológicos por medio de la reducción en el número de operaciones de laboreo respecto de la labranza convencional; de esta manera, un suelo bajo labranza mínima quedará protegido parcialmente con una cobertura de rastrojo confiriendo cierto grado de protección¹²⁰.

Por su parte Grillo y Camero citados por Acosta y Moncayo afirman que “las ventajas de labranza mínima o reducida se ven reflejadas en la reducción de los costos de producción, mayor producción de biomasa, mejora en las condiciones físicas del suelo y mayor eficiencia en la utilización de los fertilizantes aplicados”¹²¹.

Para aumentar la productividad del suelo y mejorar la conservación del agua, como condición previa, se debe abandonar la preparación convencional del suelo. Puesto de otra manera, la adopción de prácticas de labranza mínima o siembra directa son esenciales para la prevención de la erosión por agua y viento, para el mejoramiento de la fertilidad del suelo y del balance hídrico y, por ende, para el aumento de la productividad agrícola.

Las condiciones naturales de clima y suelo existentes bajo condiciones tropicales y sub tropicales, no son adecuadas para la preparación del suelo con arado; en esta práctica, el suelo superficial es removido junto con sus componentes vegetales vivos o muertos, los cuales quedan depositados debajo de la superficie; esto deja el suelo expuesto, a merced del impacto del agua lluvia y del calor de los rayos solares. Estas situaciones facilitan la erosión, aceleran la mineralización y la descomposición de la materia orgánica y, consecuentemente, llevan a una pérdida rápida de su fertilidad.

En la labranza mínima solamente se abre el surco en donde se coloca la semilla, el fertilizante y los correctivos. Adicional a todas las ventajas de no mover el suelo están: no exponerlo directamente a la lluvia, sol y viento, mejorar la infiltración, no dañar la

¹¹⁹ HERNANDEZ, Gregorio *et al.* Manejo agronómico de praderas. En: Guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado en México. México 2003. p.4 < www.produccion-animal.com.ar>

¹²⁰ ACOSTA, Wilmer y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*penisetum clandestinum*) bajo dos niveles de fertilización orgánico y o mineral en zona de ladera. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, programa de zootecnia. Pasto, Colombia, 2002. p.30

¹²¹ *Ibid.*, p.8.

estructura ni interrumpir los drenajes naturales, no evitar la pérdida de carbono y la rápida mineralización de la materia orgánica.

5.3 MANEJO DE SUELOS

Admin, afirma que, “para que el suelo brinde a las plantas las condiciones adecuadas para su normal desarrollo y también para evitar procesos erosivos que ocasionen que el suelo pierda su capa de materia orgánica, es beneficioso realizar las siguientes prácticas de manejo de suelo”¹²²:

5.3.1 Drenajes y desagües.

Un suelo encharcado, con alto contenido de humedad se erosiona sencillamente, disminuye la producción de la planta y beneficia el ataque de plagas y enfermedades, por lo que es prescindible construir drenajes que desagüen el exceso de aguas.

El pobre drenaje también causa degradación botánica, pues las especies de calidad no progresan en suelos muy húmedos y son reemplazadas por hierbas que si lo toleran¹²³.

5.4 LABRANZA

El objetivo general de la labranza es modificar por medios mecánicos las condiciones físicas originales del suelo para mejorarlas, de acuerdo a los fines perseguidos. La labranza tiene efectos directos sobre los procesos y propiedades físicas del suelo, e indirectos sobre el crecimiento de los cultivos. A pesar de que los principios en los que se sustentan los diferentes sistemas de labranza son los mismos independientemente de otros factores, los sistemas apropiados para cada situación son específicos para suelos y cultivos, y su adaptación depende de factores biofísicos y socioeconómicos¹²⁴.

Boone por otra parte complementa afirmando que

La transferencia de sistemas de labranza ha llevado en muchas ocasiones, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales, a resultados desastrosos. El sistema de labranza a seleccionar debe además de incrementar los rendimientos del cultivo, reducir los riesgos de producción, facilitar la conservación de suelos y agua, mejorar el desarrollo del sistema radicular, mantener niveles adecuados de materia orgánica, y controlar o revertir procesos de degradación. Para ello es fundamental conocer los efectos de cada sistema de labranza, los cuales dependerán de factores climáticos, de suelos, y de cultivos. Un adecuado conocimiento de los suelos, clima y sistemas de cultivo utilizados por el agricultor, es indispensable para el desarrollo y selección de sistemas de labranza para cada situación¹²⁵.

¹²² ADMIN. Manejo del suelo. Julio de 2007 p.1 <www.orgánica.net>

¹²³ LOZANO. Op. cit., p.9

¹²⁴ KASWASRA. Elección del sistema de labranza. 1991 p.2 <www.fao.org/ag/ags>

¹²⁵ BOONE. Labranza. 2000 p.1 <www.fao.org/cap4>

5.4.1 Sistemas de labranza.

Según García, “en las zonas de ladera, la preparación del terreno se viene haciendo tradicionalmente con la yunta de bueyes y el arado de chuzo y en algunos casos es complementado con azadón”¹²⁶.

En algunas regiones las labores de desterronado y emparejamiento de la superficie son realizados mediante pases sucesivos de la rastra en púas y el marco nivelador. En otras regiones se emplea el arado reversible como implemento de roturación primaria, a fin de cortar y voltear el suelo. Posteriormente, se fraccionan los bloques grandes de suelo que han quedado durante algún tiempo secándose al sol, proceso conocido como “curado”¹²⁷.

La práctica de remover el suelo antes de sembrar es tan universal que el arado ha sido, desde hace siglos, símbolo de la agricultura, pero en los últimos 25 años, cada vez más agricultores lo están abandonado¹²⁸.

La incorporación de los residuos deja la superficie del suelo expuesta a la acción del agua de escorrentía, que acelera los procesos de erosión. Así mismo con la capa superficial removida, la erosión desplaza fertilizantes, plaguicidas y otros materiales ocasionando pérdidas económicas y degradación de la calidad de las corrientes de agua¹²⁹.

El arado moderno, o de vertedera, es una de las causas principales de degradación de los suelos, problema grave que afronta la agricultura hoy en día. El suelo donde los agricultores siembran sus cultivos, expuesto a la acción del arado mecánico, literalmente se deslava o se lo lleva el viento¹³⁰.

5.4.2 Clasificación de la Labranza.

En Colombia la labranza se clasifica en:

- 1. Labranza mínima:** Practica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible, ya que se afectan las propiedades físicas del suelo, en casos en que es necesario ya que los suelos son muy compactados, se debe recurrir al arado de cincel vibratorio o rígido, nunca arado de disco.
- 2. Labranza reducida:** La labranza reducida es aplicable a suelos blandos (arenosos) en los cuales es suficiente un solo pase de rastrillo californiano para destruir las malezas y luego sembrar directamente con el inicio de las lluvias.

¹²⁶ GARCÍA H. C. Uso de maquinaria en suelos de ladera con fines conservacionistas. EN: Manejo y Conservación de Suelos de Ladera (Memorias del Primer Seminario sobre Manejo y Conservación de Suelos. Junio 14 a 16 de 1984, Cali Colombia). 1984. p.122

¹²⁷ Ibid., p.124

¹²⁸ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2000. p.2 <www.fao.org/noticias/2000/000501-s.htm>

¹²⁹ GARCÍA. Op. cit., p.12

¹³⁰ FAO. Op. cit., p.10

Además, incluye uso de herbicidas para la eliminación de plantas nocivas que compitan con el pasto.¹³¹

3. **Labranza cero:** Es un componente técnico usado en la Agricultura de Conservación, pero no todos lo que usan ésta técnica practican la Agricultura de Conservación. Este tipo de agricultura no sólo evita la labranza, introduciendo las semillas en el suelo con equipo pesado, sino que al mantener la cubierta orgánica del suelo mejora la estructura de este. Esto facilita la siembra directa. La Agricultura de Conservación usa la labranza natural. El no uso de la labranza o labranza cero es tan sólo una de las técnicas que también puede ser usada en la agricultura convencional bajo determinadas circunstancias.¹³²
4. **Plantación directa:** Práctica recomendada para conservar la estructura grumosa del suelo de la erosión, radica en sembrar directamente las semillas o plántulas, retomando el concepto de labranza mínima. Siembra en curvas a nivel práctica apropiada para disminuir la erosión, sembrando en hileras siguiendo el contorno de la pendiente, cada hilera sembrada retiene el suelo que se desprende de la anterior.
5. **Barreras vivas:** Hileras de plantas de denso crecimiento que se siembran siguiendo las curvas a nivel y reducen la erosión, actuando como barreras de la acción de las aguas de escorrentía. Coberturas verdes y muertas Sistema consistente en colocar coberturas verdes o muertas (pastos, hojarasca, desechos de cosecha), a manera de acolchado sobre el suelo lo que salvaguarda a este de la erosión, además de regular la humedad, temperatura y actividad biológica.
6. **Rotación y asociación de cultivos:** La rotación de cultivos admite un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y es un manejo de suelo que si se practica con leguminosas se enriquece el suelo con nitrógeno a causa de la simbiosis que se establece entre las raíces de las leguminosas y las bacterias fijadoras de nitrógeno. La asociación de cultivos permite un mejor aprovechamiento del espacio, otorgando al suelo una excelente cobertura y compone un gran método de control biológico de plagas y enfermedades.
7. **Abonos verdes:** Técnica de manejo de suelo basada en el cultivo de especies vegetales para salvaguardar el suelo y mejorar sus condiciones biológicas, físicas y nutricionales. Se siembran durante un determinado tiempo, luego se cortan, se dejan 15 días como cobertura muerta y posteriormente se incorporan al suelo, es aconsejable la utilización de leguminosas, crucíferas y gramíneas.
8. **Aplicación de materia orgánica:** La materia orgánica del suelo, constituida por residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, así como la biomasa microbiana, está estrechamente relacionada con las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. En la mayoría de los suelos la Materia Orgánica es el principal agente estimulando la formación y estabilización de agregados, que se diferencian según su tamaño en macroagregados (> 250 µm) y microagregados (≤ 250 µm). La incorporación de la materia orgánica a los agregados del suelo la protege de la descomposición rápida, determinando su estabilidad en el suelo. Por el contrario, el cultivo de los

¹³¹ MILA, Alberto. Establecimiento de pasturas. En: Compendio de Pastos y Forrajes Volumen 1. Colombia, enero de 2005. p.120.

¹³² FAO. Agricultura de Conservación, uniendo producción con sostenibilidad. 2000 p.3 <www.fao.org/ag>

suelos favorece la descomposición de la materia orgánica debido a una mejor aireación, que estimula la actividad de los microorganismos del suelo¹³³.

La fertilidad física, química y biológica del suelo se mejora con la aplicación de la materia orgánica la cual al descomponerse en humus libera gran cantidad de nutrientes que son aprovechados por las plantas.

5.4.3 Labranza del Suelo y la Materia Orgánica

Preston describe

A un suelo que se desagua bien, no se encostra, toma agua rápidamente, y no forma terrones, se dice que tiene buena capa cultivable o labranza. La labranza es la condición física del suelo en relación a la facilidad del labrado, calidad del semillero, facilidad de emergencia de las plántulas, y penetración profunda de las raíces. La buena labranza depende de la agregación el proceso en el cual las partículas individuales del suelo se juntan en racimos o “agregados”¹³⁴.

Los agregados se forman en el suelo cuando partículas del suelo individuales son orientadas y aglomeradas por la fuerza física de mojarse y secarse o congelarse y descongelarse. Las fuerzas eléctricas débiles de calcio y magnesio mantienen las partículas del suelo juntas cuando éste se seca. Sin embargo cuando estos agregados se mojan de nuevo, su estabilidad es desafiada y se pueden separar. Los agregados también se pueden mantener unidos por las raíces de las plantas, la actividad de las lombrices, y por productos parecidos a pegamentos producidos por organismos del suelo. Los agregados creados por lombrices son estables al salir de la lombriz.

Un agregado formado por fuerzas físicas puede unirse por finos filamentos de raíces o hilos finos producidos por hongos. Los agregados también pueden estabilizarse (permanecer intactos cuando están mojados) a través de productos derivados de la descomposición de materia orgánica causada por hongos o bacterias especialmente gomas, ceras y otras sustancias como pegamentos. Estos productos derivados cementan las partículas del suelo entre sí, formando agregados estables en agua. El agregado entonces es suficientemente fuerte para seguir aglomerado cuando está mojado de ahí el término “estable en agua.”

5.5 VENTAJAS DE LA LABRANZA DE CONSERVACIÓN.

A menudo se describe la labranza de conservación, también llamada agricultura de conservación como una técnica que beneficia a todos, en distintos aspectos.

¹³³ ZAGAL, Erick y CORDOVA, Carolin. Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado. jun. 2005, vol.65, no.2. p186-197 <<http://www.scielo.cl/scielo.php>>

¹³⁴ PRESTON, Sullivan. El manejo sostenible de suelos. ATTRA – Servicio Nacional de Información de la Agricultura sostenible. 2007. p.12 <www.attra.ncat.org/espanol>

Al agricultor:

- Se reducen el trabajo, el tiempo y la energía agrícola.
- Hay menos desgaste de tractores, en consecuencia menos gastos en reparaciones.
- La producción es más estable, particularmente en los años secos, al mejorar la infiltración del agua.
- Mejora el tránsito en los campos.
- Las cosechas aumentan gradualmente al reducirse cada vez más el consumo de insumos.
- Se elevan las ganancias.

En los aspectos ambientales y de la comunidad, los beneficios son:

- Se hace más constante la corriente de los ríos y se restablecen los pozos secos, gracias a una mejor absorción de la lluvia,
- El agua es más limpia debido a que hay menos erosión.
- Hay menos inundaciones.
- Las situaciones meteorológicas extremas producen repercusiones menores.
- Se refuerza la seguridad alimentaria¹³⁵.

5.6 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE SUELOS EN EL MANEJO DE PRADERAS

Cuando se analiza el manejo de las praderas especialmente las nativas en la zona de ladera del departamento de Nariño, se ve claramente que el sobrepastoreo ha llevado a los suelos que están bajo estas explotaciones agropecuarias a situaciones de degradación, especialmente con la pérdida de atributos físicos, especialmente por la modificación de la estructura del suelo donde la compactación es un fenómeno preponderante y factor de disminución de la fertilidad del suelo que se refleja en la baja capacidad carga de estos suelos para sostener el ganado. En estos suelos es fácil encontrar extensas áreas que han sufrido solifluxión a causa de la excesiva carga de ganado a que se ha sometido la pradera y motivo final la formación de terrazotas, situación que obliga en corto tiempo a abandonar estas zonas y pasar a hacer parte del amplio panorama degradativo que sufre esta región.

Debido a lo anterior, una vez se somete a explotaciones indiscriminadas sin tener en cuenta la fragilidad de estos suelos con un diagnóstico previo, las relaciones de porosidad cambian ostensiblemente haciendo que estas zonas de por sí frágiles estructuralmente, obtengan niveles de microporosidad muy altos y niveles muy bajos de mesoporos y macroporos; situación que lleva a disminuir los procesos de nutrición que se hacen por transportación en el suelo cuales son flujo mesal básico para la toma de bases y nitratos, así como la función de interceptación radicular. Con ello el reflejo de la baja nutrición de las praderas es evidente a pesar que el ganadero se preocupa por cumplir con los ciclos de fertilización química, no se ve la respuesta en términos de productividad por parte de dicha pradera. Esto es lógico ya que el problema no es

¹³⁵ FAO. Op. Cit., p.6

químico sino físico y este aspecto generalmente no se diagnostica en forma técnica para lograr buenos resultados químicos y biológicos¹³⁶.

5.7 PRINCIPALES CAUSAS DE DEGRADACIÓN DE LAS PRADERAS.

La degradación de las praderas puede ser causada por uno o varios de los siguientes factores:

- Siembra de pastos en suelos no aptos para su cultivo o uso de especies no compatibles en las asociaciones.
- **Deficiente manejo del pastoreo:** Alta carga animal y largos períodos de ocupación de las praderas. El sobrepastoreo y la escasa o nula fertilización de mantenimiento aceleran el proceso de degradación de las praderas. Por otra parte, el subpastoreo contribuye en la acumulación de forraje maduro y de baja calidad nutritiva y favorece la proliferación y ataque de insectos plaga en las praderas.
- **Invasión por malezas:** Uno de los principales problemas de los sistemas de producción ganadera en las regiones Caribe y Valles interandinos lo constituyen las malezas, por la buena fertilidad de sus suelos, 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.
- **Inadecuado manejo de la fertilización:** En la fase de establecimiento de las praderas es común la aplicación de algún tipo de fertilizante; sin embargo, en una alta proporción de las explotaciones no se cuenta con planes de fertilización durante al etapa productiva de las praderas, y en algunos casos solo se aplican fuentes de nitrógeno. El manejo de estas praderas corresponde a sistemas extractivos de producción, donde la productividad decae rápidamente al igual que su persistencia y en general mantiene bajas cargas animales, por lo que no son sistemas competitivos.
- **Compactación del suelo:** La compactación está asociada con presencia de capas de muy baja aireación y alta densidad aparente, y puede estar asociada con fenómenos de endurecimiento y acumulación de arcillas, o como resultado del manejo del suelo, factores que repercuten en las propiedades físicas y en la profundidad efectiva del sistema radicular, a través del cual la planta absorbe el agua y los nutrientes presentes en la solución del suelo¹³⁷.

5.8 ESTRATEGIAS PARA LA RENOVACIÓN DE PRADERAS DEGRADADAS.

Pérez afirma que

Entre los aspectos básicos a considerar para asegurar el éxito en el establecimiento de las praderas, están la selección del lote y su topografía,

¹³⁶ BAEZ, Fernando, *et al.* Problemática y estrategias de manejo de praderas degradadas en áreas de producción de leche en el departamento de Nariño. En: plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. Fase II – trópico alto. Guachucal – Nariño, junio de 2002. p.11

¹³⁷ CUESTA, Pablo *et.al.* Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones caribe y valles interandinos .CORPOICA – Turipaná, 2005. p.3 <www.corpioica.org.co>

las características fisicoquímicas del suelo, la precipitación anual y su distribución, al igual que la temperatura. Así mismo y en concordancia con los anteriores aspectos, es importante tener en cuenta la selección de las especies forrajeras a sembrar, las prácticas de preparación y siembra y la previsión de problemas relacionados con ataque de plagas (insectos, malezas y enfermedades); los cuales pueden estar asociados con la especie forrajera, o con el medio ambiente¹³⁸.

Además Cuesta afirma que “la renovación de las praderas tiene por objeto mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, con el fin de promover un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo vigoroso de las especies forrajeras, 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”¹³⁹.

En este sentido, la renovación de praderas está asociada con la aplicación de prácticas agronómicas, tales como laboreo o mecanización, fertilización, control de malezas, y siembra de especies forrajeras, para aumentar la población y producción de las gramíneas, o para mejorar la diversidad de especies forrajeras en la pradera, mediante la inclusión de leguminosas. Dependiendo del estado de degradación y del sistema de producción animal, se puede utilizar una o la combinación de varias prácticas, como se indica posteriormente.

Es importante tener en cuenta que el suelo debe brindar condiciones físicas, químicas y biológicas óptimas para el desarrollo del sistema radicular de las plantas y el transporte de los nutrientes; por lo cual, las operaciones de mecanización son indispensables en el proceso de renovación, dependiendo del grado de compactación del suelo y del tipo de pradera a renovar y de su estado productivo.

Existe diferentes grados de degradación de las praderas y de ello depende el tratamiento de recuperación y su costo. Cuando el proceso de degradación no es demasiado avanzado, se pueden aplicar prácticas para recuperar su capacidad productiva; sin embargo, cuando el estado de degradación de la pradera es severo, la opción más viable en términos de costos y eficacia del proceso es la preparación del terreno para establecer nuevos pastos.

5.8.1 Ubicación de la zona compactada e implementos para la renovación

Con frecuencia, las praderas degradadas presenta compactación del suelo, que afecta el desarrollo de las raíces, y reducen la absorción de nutrientes y de agua por parte de la planta; sin embargo, cuando el suelo no presenta problemas por compactación, la recuperación de la pradera puede requerir únicamente la aplicación de fertilizantes y/o la siembra de otras especies forrajeras para mejorar la producción y calidad nutritiva del forraje.

¹³⁸ PÉREZ, Otoniel. Establecimiento y manejo de especies forrajeras para producción bovina en el trópico bajo. Programa de fisiología y nutrición animal Corpoica. Villavicencio – Meta 2003. p.3 <www.cundinamarca.gov.co/archivos>

¹³⁹ CUESTA. Op. cit., p.11

De acuerdo con su ubicación en el perfil del suelo y con su origen, hay dos tipos de compactación del suelo “pie de arado” y “Pie de pezuña”. La compactación por pie de arado se caracteriza por presentar la capa endurecida a más de 20 cm de profundidad, y generalmente está asociada con suelos utilizados por varias temporadas en la producción de cultivos anuales, manejados con labranza convencional; después de lo cual pasaron a la actividad ganadera. En las áreas donde se ha hecho uso continuo de rastras o rastrillos de discos la capa compacta puede ubicarse entre 15 y 20 cm, mientras que con arado de discos el área compacta se encuentra entre 30 y 40 cm. En la compactación por pie de pezuña, la zona problema ocurre en los primeros 10 cm del suelo, y generalmente está asociada con el pisoteo del ganado durante el pastoreo.

Por lo anterior, es necesario determinar el tipo de compactación que presenta la pradera para decidir la profundidad de laboreo o de subsolación, el tipo de implementos a utilizar y el grado de preparación del suelo requerido para su renovación.

Así mismo, el tipo de implementos a utilizar depende de las características físicas del suelo y de la topografía del terreno.

Para efectuar exitosamente la labranza en la renovación de praderas, se requiere remover los excesos de vegetación, entre los cuales es frecuente la presencia de malezas arbustivas o arbóreas, además de forraje sobremaduro y de alta densidad que dificultan las operaciones de labranza, para lo cual se pueden aplicar entre otras las siguientes alternativas de manejo:

Sobrepastoreo: Cuando hay exceso de forraje en la pradera se puede remover utilizando altas cargas animales, pero cuando el forraje está sobremadurado o acolchonado, se pueden utilizar equipos para cortar el material y facilitar los trabajos de renovación de la pradera.

Entre los equipos mas usados para la renovación de las praderas degradadas están los siguientes:

1. Desbrozadora: La desbrozadora posee cuchillas rotatorias y se emplea en praderas que poseen colchones o abundante materia inerte, para romper en finos trozos el colchón de material vegetal, cuyos residuos protegen al suelo y aportan nutrientes. Sin embargo, cuando queda abundante cantidad de residuos en la superficie, se obstaculiza el trabajo de la sembradora para la colocación de semillas en el suelo¹⁴⁰.

Las cuchillas de la desbrozadora deben graduarse a una altura tal que corte el material vegetal sin entrar en contacto con el suelo, pues de lo contrario ocasionaría la ruptura de la transmisión y de las cuchillas de la máquina. La operación con la desbrozadora rompe el material vegetal y el colchón de estolones o de tallos maduros, dejando en el suelo una capa de trozos de la vegetación. Estos residuos protegen el suelo y le aportan nutrientes; sin embargo, cuando queda abundante cantidad de estos, obstaculizan el

¹⁴⁰ MILA, Alberto *et. Al.* Renovación de praderas degradadas en los sistemas de producción de leche especializada del trópico alto. EN: Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto. Corpoica, abril de 2002. p.12

trabajo de la sembradora para depositar en forma apropiada la semilla en el suelo.

Una vez removido el exceso de vegetación, si el suelo presenta problemas por compactación, se usan distintos implementos para descompactarlo como, el renovador de praderas, arados de cinceles, el rastrillo californiano u otros. En zonas de ladera tradicionalmente se han usado equipos de tracción animal como arado de bueyes.

2. El rastrillo californiano: Ha sido uno de los implementos más usados en procesos de renovación de praderas; sin embargo, su mayor efectividad se consigue cuando la compactación del suelo es superficial.

3. El renovador de praderas: Es un arado de cinceles que rompe las capas compactas del suelo y lo airea para favorecer el flujo de los nutrientes y el desarrollo eficiente del sistema radicular, sin levantar la capa de pasto. Posee unos discos cortadores que van delante de los cinceles y permite que estos penetren en el suelo sin levantar el césped. Aunque este implemento puede penetrar hasta los 40cm, el área de operación depende la profundidad de las capas compactadas. Algunos renovadores poseen una tolva para la aplicación simultánea de fertilizantes que los depositan a 5 cm de profundidad, cerca de las raíces del pasto, para un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Los renovadores comerciales poseen una tolva con un mecanismo dosificador para la aplicación simultánea de semilla y fertilizantes al suelo.

4. El subsolador: es un arado de cincel que penetra a mayor profundidad que el renovador, mejorando la infiltración del agua, el drenaje y la penetración de raíces.

También existe arados de cincel, vibratorios o rígidos, y son utilizados para romper la arcilla compactada por el uso frecuente de arado, operando siempre a la misma profundidad. Además de romper la capa compacta, el arado de cincel vibratorio oxigena el suelo sin voltearlo, debido a su movimiento oscilatorio que hace estallar la capa compacta.

5.9 PREPARACIÓN DEL SUELO Y ÉPOCA DE SIEMBRA

Barbosa manifiesta que “los arados más comunes son los de tracción animal (reja) y los de tracción motora (reja o de discos), aunque la eficiencia del trabajo reside más en la elección del método de preparación del suelo, que en el implemento”¹⁴¹.

5.9.1 Preparación convencional del suelo

En el caso de praderas naturales o pasturas degradadas, el primer movimiento del suelo puede ser hecho con una arada o rastra pesada, incorporando el material vegetal existente en la superficie. Luego de transcurrido cierto tiempo (30 a 45 días) se procede al uso del disco nivelador, lo que permite el desterronamiento, nivelado de la superficie y eliminación de malezas eventuales. Casi siempre, dos pasadas de disco nivelador son suficientes.

¹⁴¹ BARBOSA, J. Implementos y métodos para la preparación del suelo agrícola. EMBRAPA – Centro de pesquisa agropecuariadel trópico semi – árido. Petrolina – Brasil, 1999. p.1 <www.fao.org/ag/ags>

Es muy importante que el material vegetal incorporado inicialmente al suelo con el arado o la rastra se descomponga antes de la siembra, en caso contrario las semillas morirán por la fermentación de este material¹⁴².

5.9.2 Siembra

Una preparación adecuada de la cama de siembra es importante para que la semilla o el material vegetativo tengan un ambiente adecuado. Una tierra bien mullida y firme es trascendental para el éxito de una siembra, la primera se logra con arado y rastra y la firmeza con paso de rodillo. En terrenos con pendiente es recomendable trabajar la tierra a nivel de la pendiente y no perpendicular a la pendiente y hacer bordos a nivel. Cuando se tiene agua para regar se recomienda fertilizar de acuerdo al análisis de suelo.

A- Época: Para la mayoría de las forrajeras, la época de siembra es muy amplia en casi todo el territorio nacional, comenzando con las primeras lluvias de setiembre hasta marzo.

B- Métodos: Sea cual fuere el método escogido la siembra debe posibilitar la distribución uniforme de las semillas por toda el área a ser formada. Los diferentes tipos de siembra son:

- **Siembra al voleo:** este sistema se puede aplicar en forma manual, mecánica con dispersadoras convencional o tipo cola de pato, y aérea.
- **Siembra en surcos:** debe seguir las mismas exigencias de la siembra al voleo, con espaciamientos entre surcos de 13 a 40 cm, dependiendo del equipamiento y la especie forrajera. Los equipos utilizados son generalmente sembradoras de grano fino y sembradoras eléctricas. Es un método más lento pero asegura la buena distribución de las semillas.
- **Siembra directa:** aunque es un método poco utilizado en nuestro medio, es una alternativa válida para terrenos de praderas naturales. Consiste en la desecación de la masa vegetal original con herbicidas, seguido de la siembra al voleo con incorporación de las semillas a través del pisoteo de animales¹⁴³.

5.10 FACTORES QUE AFECTAN EL REBROTE Y PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS.

5.10.1 Defoliación y selectividad de las praderas

La defoliación se define como la remoción de las partes aéreas de la planta por el animal o cualquier implemento usado para su cosecha. También se puede definir en términos de tres parámetros que son: la intensidad, frecuencia y tiempo. La intensidad corresponde a

¹⁴² MARKET, S. Paso a paso para una buena formación de pasturas. 2000. p.2 <www.market.com.py/pasoapaso.php>

¹⁴³ IBARRA, Humberto. Establecimiento de praderas y su manejo. 2001. p.1 <<http://cedhyp.uat.edu.mx/pdf/064/pdf>>

la proporción del forraje removido en la defoliación; la frecuencia es el intervalo de tiempo entre defoliaciones; y el tiempo está relacionado con la época del año, o estado de desarrollo en que la pradera es defoliada.

Cuando se incrementa la frecuencia e intensidad de defoliación, la acumulación de materia seca en la pradera se reduce por los siguientes aspectos: disminución en la intercepción de la luz por los tejidos fotosintéticamente activos, agotamiento de los nutrientes de reserva, reducción en la absorción de nutrientes y agua y remoción o daño de los meristemas apicales. El manejo ideal de manejo buscará un balance que garantice un óptimo en la cantidad y calidad de forraje disponible para el animal; sin embargo, la baja frecuencia de defoliación (pastoreo) favorece la acumulación de forraje y la supervivencia de la planta, en detrimento de la digestibilidad y concentración de proteína. El animal normalmente selecciona hojas, tejidos verdes y material palatable, los cuales incrementan en la dieta con defoliaciones mas frecuentes.

La susceptibilidad de las plantas forrajeras a la defoliación está determinada por la posición de los puntos de crecimiento. Las plantas de desarrollo estolonífero o rizomatoso toleran defoliaciones frecuentes y a ras, especialmente cuando han acumulado reservas orgánicas; como es el caso del pasto kikuyo y de las leguminosas como el trébol blanco, en tanto que gramíneas de crecimiento cespitoso como el raigrás, azul orchoro y trébol rojo pueden dejar expuestos los meristemas apicales a la defoliación¹⁴⁴.

5.10.2 Reservas orgánicas y área foliar

Las reservas orgánicas son el mecanismo que poseen las plantas forrajeras para activar el rebrote, asegurar su persistencia y mantener su producción; las cuales están constituidas principalmente por carbohidratos y compuestos nitrogenados. Las reservas son usadas para mantenimiento de la planta y formación de biomasa aérea y subterránea en periodos de estrés e incluyen azúcares reductores (glucosa, fructosa) azúcares no reductores (sucrosa), fructanos y almidones. Los pastos tropicales acumulan almidones y a veces sucrosa y los de zona templada fructosanos y en menor proporción sucrosa.

Los órganos principales para almacenamiento de reservas orgánicas en gramíneas perennes son la base de los tallos, estolones, rizomas y la corona. Las reservas orgánicas cambian estacional y diariamente y el grado de distribución varía con la especie. El nivel de reservas es afectado por el estado de desarrollo, las condiciones del medio ambiente y del suelo, defoliación nutricional mineral y época del año. Defoliaciones frecuentes reducen la concentración de carbohidratos totales no estructurales en las plantas forrajeras¹⁴⁵.

¹⁴⁴ CUESTA, Pablo Antonio y MILA, Alberto. Manejo y productividad de praderas renovadas en el trópico alto. EN: renovación y manejo de praderas degradadas del trópico alto. CORPOICA, Iza, Chiquinquirá diciembre de 2000. p.18

¹⁴⁵ Ibid., p.19

5.11 IMPLEMENTOS PARA LA RENOVACIÓN DE PRADERAS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Actualmente se viene trabajando a nivel de labranzas y manejo así como preparación de suelos, con numerosos tipos de implementos para la preparación tradicional o labranza convencional. Así, se define la labranza como un método de preparación de cama para semillas, que envuelve la manipulación física del suelo por equipos comúnmente usados como arados de vertedera, discos, rastros arados, rotovator y rastrillo y además manifiesta que la frecuencia de operación depende de las características del suelo, antecedentes del contenido de humedad y de la naturaleza del cultivo a desarrollar.

Es así como existen alternativas de preparación de suelos, modificaciones y renovación. Así como recuperación de praderas por medio de sistemas de labranza vertical que es una forma de labranza de conservación; dentro de este sistema se encuentran los arados de cincel rígidos o vibratorios, la reja de chuzo de muy común utilización en el departamento de Nariño, así como otros sistemas de labranza que se utilizan en las zonas planas de Colombia.

Para hacer referencia a algunos implementos, el arado de cincel mantiene o mejora las características del suelo, sin embargo se hace necesario utilizar este implemento en condiciones adecuadas de humedad en especial en aquellos suelos que tienen gran capacidad de retención de humedad¹⁴⁶.

De acuerdo con varias investigaciones, cuando se trabaja con el arado de cincel en suelos compactados, esta labranza ayuda a romper verticalmente el suelo lo que le confiere a éste nuevas características en términos estructurales, modificando las relaciones de poros y permitiéndole al suelo nuevas relaciones de difusión de aire, así como el favorecimiento de las relaciones de oxidación que le permite al suelo dar unas mejores posibilidades de nutrición para el pasto que se encuentra presente en esta área.

Además mejora la capacidad de recepción de agua y esto en sumatoria es benéfico para el suelo ya que con la labranza se debe procurar que el suelo se convierta en un reservorio de agua, lo cual garantiza una buena y adecuada solución del suelo y evita problemas potenciales de erosión por escorrentía en suelos de ladera.

Últimamente se viene utilizando un implemento llamado “renovador de praderas”, el cual es un arado de cincel que tiene por objeto romper las capas compactas del suelo y airearlo para favorecer el flujo de los nutrientes y el desarrollo eficiente del sistema radicular. Además de los cinceles, el renovador posee unos discos cortadores que van delante de estos y permiten que los cinceles penetren en el suelo sin levantar la capa de pasto.

La compactación del suelo depende del agente que la origine; generalmente la compactación del suelo en las áreas de pastoreo ocurre a profundidades entre 5 y 10 centímetros, en tanto que las áreas donde se ha hecho uso continuo de rasatras o rastrillas de discos la capa compacta puede ubicarse entre 15 y 20 centímetros, mientras que con arado de discos el área compacta se encuentra entre 30 y 40 centímetros.

¹⁴⁶ BÁEZ, Fernando. *Et al.* Op. cit., p.20

Además de romper la capa compactada, el arado de cincel oxigena el suelo sin voltearlo, debido a su movimiento oscilatorio que hace estallar la capa compactada. La acción vibratoria de los cinceles es eficaz, cuando el contenido de humedad del suelo es adecuado, esto es, entre el límite de consistencia líquida y el límite de consistencia plástica del suelo, preferiblemente mas cercano a este último. Cuando el contenido de humedad es alto los cinceles pasan por el suelo abriendo una herida sin alcanzar el objetivo de ruptura y aireación del suelo. En cambio cuando la humedad del suelo es muy baja la acción vibratoria del cincel se desarrolla, pero el requerimiento de potencia para su operación es mayor que en un estado de humedad óptimo, además el violento estallido de los terrones hará que se pierda un poco de la estructura del suelo.

El nivel óptimo de humedad para todas las operaciones de labranza se presenta generalmente al inicio del periodo de lluvias, luego que ha habido una infiltración de las primeras lluvias; sin embargo, este nivel depende de la textura del suelo.

Cuando el contenido de humedad del suelo es alto, el peso de la maquinaria ocasiona compactación del suelo por sellamiento de los poros que impiden el flujo de aire, agua y nutrientes¹⁴⁷.

El problema más importante para las ganaderías de leche y de carne es la producción de forraje el cual está asociado con la compactación de los suelos.

Desde los 10 cm de profundidad hacia abajo se compacta el suelo debido al excesivo paso de la maquinaria, a las inundaciones, al permanente pisoteo del ganado, a procesos inadecuados de labranza y a la escasez de materia orgánica, entre otros. Esto impide que las raíces de las plantas se desarrollen de manera adecuada, desaprovechando nutrientes y agua presentes en el suelo.

El renovador de praderas es la solución a este inconveniente, implemento que está constituido de un disco cortador vasculante y un cincel que estalla el suelo entre los 10 cm y los 40 cm de profundidad¹⁴⁸.

5.11.1 Renovación de praderas en Nariño

Los pastos, en especial aquellos que se reproducen vegetativamente, caso del kikuyo, si se someten a un manejo intenso sin tener en cuenta los adecuados periodos de descanso, tienden a formar colchones de estolones improductivos y de escaso vigor.

La alternativa más recomendable es la de proceder a renovar estas praderas, realizando lo siguientes pasos:

- Sobrepastorear la pradera

¹⁴⁷ Ibid., p.21

¹⁴⁸ ÁNGEL. Problemática de la maquinaria agrícola en Colombia. Febrero de 2002. p.2 <www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola>

- Escarificar el potrero con arado de bueyes
- Abonar el potrero de acuerdo con el análisis de suelo.
- Periodo de descanso por término de 90 días
- Intercalar leguminosas como el trébol¹⁴⁹.

5.11.2 Adecuado manejo de praderas

La producción eficiente de forrajes requiere de un sistema eficiente de registros que permita realizar un seguimiento adecuado de la misma. Para tal fin es importante tener en cuenta los factores relacionados con la producción forrajera como: la disponibilidad forrajera, la calidad de la pradera, composición botánica de las pasturas, caracterización de los suelos, actividades de manejo realizadas sobre las praderas y los costos ocasionados en la producción de nutrientes¹⁵⁰.

a. Disponibilidad forrajera. La disponibilidad forrajera puede medirse como la producción de forraje verde ó de materia seca por una especie forrajera en una superficie determinada durante un período de tiempo dado.

Este parámetro, es indicador de la cantidad de alimento producido por unidad de superficie como reflejo de todas las actividades realizadas en una pradera y del potencial genético de producción expresado por la especie forrajera establecida dentro de la misma.

El establecer la cantidad de alimento producido, es de vital importancia por cuanto permite evaluar los siguientes factores:

- Cantidad de animales que pueden ser alimentados por las diferentes praderas, especies forrajeras y la explotación en general en cualquier momento del año.
- Evaluación de la cantidad de forraje producido por las diferentes praderas en las diferentes épocas del año.
- Evaluación de la cantidad de forraje producido por las diversas especies forrajeras a lo largo del año.
- Impacto de diferentes sistemas de manejo de las praderas sobre el volumen de producción de forraje y su costo por unidad producida.
- Interrelaciones entre los volúmenes de producción de forraje y los incrementos en productividad de la explotación medidos como ganancia de peso de los animales y/o producción de leche.

¹⁴⁹ Ibid., p.17

¹⁵⁰ SERRANO, Gabriel y VELÁSQUEZ, Jaime. Monitoreo del manejo de las praderas. Santafé de Bogotá. p.1 <www.softwareganadero.com/articulos%5Carticulo11.html>

- Estimación de los costos de producción por kilogramo de forraje verde y de materia seca.

b. Calidad de la pradera. Cobra importancia el conocimiento de la cantidad de nutrientes que están siendo producidos por la pradera como composición porcentual y como volumen global en la explotación, en las diferentes especies forrajeras y en cada una de las pasturas.

El conocimiento de estos factores, requiere de un registro realizado cuando menos cuatro veces al año para cada especie forrajera. Los datos de mayor importancia y con utilidad en la toma de decisiones acerca de los sistemas de manejo y de las especies forrajeras a utilizar incluyen el porcentaje de proteína, digestibilidad, cantidad de lignina y fibras detergentes ácida y neutra.

Con una interrelación entre los volúmenes de forraje producidos por las diferentes especies y cada una de las pasturas, es posible realizar comparaciones que permitan determinar los volúmenes de nutrientes producidos bajo diferentes sistemas de manejo ó por diferentes especies forrajeras dentro de la misma explotación¹⁵¹.

c. Composición botánica de la pradera. Un factor importante en el manejo de las praderas, es la determinación cualitativa y cuantitativa de las diversas especies vegetales presentes en las praderas discriminadas como gramíneas, leguminosas, árboles y malezas tanto de hoja ancha como angosta.

Es determinante el conocimiento de esta composición y su dinámica durante las diversas estaciones climáticas para evaluar la capacidad de las especies forrajeras para interactuar con aquellas consideradas como malezas.

La composición botánica de la pradera y sus fluctuaciones estacionales, determinará de alguna forma los volúmenes de forraje producido así como su calidad.

Con estas mediciones, será posible establecer correlaciones entre las cantidades de plantas presentes y los volúmenes y calidades de forrajes producidos, dándose de esta forma la consideración adecuada a cada una de las especies y su relación tanto con la producción láctea como de carne en las explotaciones¹⁵².

¹⁵¹ Ibid., p.5

¹⁵² Ibid., p7

6. CAPITULO IV

6.1 APLICACIÓN DE ENMIENDAS Y FERTILIZANTES EN LA RENOVACIÓN DE PRADERAS

Antes de que se usaran los fertilizantes químicos, la tierra y los animales trabajaban juntos para mejorar la fertilidad del suelo. A través de la descomposición de proteínas puras y naturales tales como las de los huesos, sangre, pescado y plumas, el suelo recibía los nutrientes necesarios para maximizar la fertilidad. Luego, con el crecimiento, llegó la necesidad de fertilizar en forma sintética. Aunque en el mercado se ofrecen fertilizantes orgánicos, las ventas de los de origen químico superan con creces la de los naturales¹⁵³.

Romero (2001) expresa que:

El objetivo de la fertilización es el de suministrar a la planta de todos los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento. Los requerimientos varían con la especie y con el estado de desarrollo de la planta. Para el caso de las gramíneas, las necesidades de fósforo son significativas en la implantación debido a que favorece el desarrollo radicular, mientras que el nitrógeno pasa a ser más importante durante el macollaje. En las leguminosas, el fósforo es fundamental en la implantación y en las etapas posteriores, mientras que el nitrógeno sólo favorece el establecimiento hasta la simbiosis con el *Rhizobium*. Las enmiendas con Calcio (encalado) y eventualmente azufre son utilizadas para corregir pH y también como abonos específicos¹⁵⁴.

Cuesta concuerda en que

La fertilización es uno de los factores que mayor impacto tienen en la productividad de las praderas en las explotaciones ganaderas, y por ello, los sistemas de producción tecnificados incorporan estrategias de fertilización para el establecimiento y para la fase productiva de las praderas. Para ello se debe contar con información vigente sobre el estado de fertilidad de los suelos de la finca y sobre los requerimientos de nutrientes de las especies forrajeras, con el fin de corregir las deficiencias de nutrientes en el suelo, para maximizar los rendimientos y la calidad nutritiva del forraje en las praderas.

En la medida en que se incrementa la frecuencia de los pastoreos y el grado de consumo de forraje por parte de los animales, se aumenta la extracción de nutrientes de la pradera; y por ello, para mantener altas y estables

¹⁵³ GLUCK, Rob. Fertilizantes orgánicos: una alternativa a los sintéticos. Ciudad de México – México, 2006. p.3 <www.ambientenatural.com.mx/article>

¹⁵⁴ ROMERO, Luis. Implementación de pasturas. Rafaela – Argentina, 2001. p.1 <<http://rafaela.inta.gov.ar/revistas>>

producciones se requieren planes de manejo de la fertilización que aseguren los balances apropiados de nutrientes en el sistema suelo-planta.

Una gran proporción de praderas del trópico alto y bajo han perdido su capacidad productiva dado que no cuentan con planes apropiados de fertilización de mantenimiento, es por ello que se requiere implementar planes de fertilización, aplicando los nutrientes deficientes en el suelo, para favorecer un desarrollo rápido y vigoroso de las plantas e incrementar la producción y calidad nutritiva del forraje¹⁵⁵.

El clima no solo determina la posibilidad de establecer un pasto en un área específica, sino que regula la eficiencia con la que se utilizan los fertilizantes. En climas cálidos el crecimiento de los pastos es más vigoroso y por lo tanto requieren un nivel mayor de fertilidad para mantener dicho crecimiento. En climas fríos las bajas temperatura disminuyen la rapidez de absorción de los nutrimentos por los microorganismos que componen la materia orgánica principal fuente de nitrógeno en el suelo¹⁵⁶.

Ante esto Espinoza y Argenty afirman que:

Una fertilización estratégica estará basada en la época y cantidad de aplicación, así como también cuáles macro y micro elementos deben ser aplicados, todos de acuerdo con el análisis de suelo. Así por ejemplo, la implantación de un programa de fertilización para producción de semillas forrajeras es diferente a la de aquél productor que desee obtener mayor rendimiento de materia seca en un determinado período, con la finalidad de incrementar su productividad vegetal y animal. Igualmente, la fertilización en gramíneas es distinta a los requerimientos de las leguminosas¹⁵⁷.

Las enmiendas como cal y roca fosfórica se deben incorporar antes de la siembra; el fertilizante completo se puede aplicar al momento de la siembra. Los fertilizantes nitrogenados y la fertilización de mantenimiento se pueden hacer después del primer pastoreo.¹⁵⁸

La producción de forraje en las praderas está fuertemente asociada con la aplicación de fertilizantes. El nitrógeno es el nutrimento que más requieren las praderas de gramíneas¹⁵⁹.

¹⁵⁵ CUESTA MUÑOS, Pablo. Manejo de praderas en Colombia-Estado actual y proyección de la investigación. EN: Primera reunión de la red telemática de recursos forrajeros. Junio de 2004 p.2 <www.corcoica.org.co>

¹⁵⁶ MÁRMOL, Jesús. Establecimiento de pasturas. Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia. Maracaibo – Venezuela, 2005 p.8

¹⁵⁷ ESPINOZA, Fredy y ARGENTY, Patricia. Estrategias de fertilización de pasturas. Instituto de Investigaciones Zootécnicas. Maracay – Venezuela 2003. p.1 <www.ceniap.gov.ve/publica>

¹⁵⁸ MÁRMOL, J. y MORILLO, D. Cultivo y utilización en la ganadería bovina tropical. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo, Venezuela. 1997 p.147

¹⁵⁹ NUÑES, Gregorio. *Et al.* Manejo Agronómico de Praderas. Extracto de la guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado de México. Torreón, México 2005 p.4

El nitrógeno es uno de los nutrientes que mayor impacto tiene en la producción de forraje de las praderas de gramíneas, por lo que en suelos deficientes en materia orgánica se requiere aplicarlo periódicamente para mantener altos rendimientos y calidad nutritiva del forraje en este tipo de 6 praderas; sin embargo, una alternativa eficiente y de fácil aplicación que aporta nitrógeno al sistema, es la utilización de leguminosas forrajeras en asocio con las gramíneas. Las leguminosas cumplen un papel clave en la economía de los sistemas de producción ganadera en pastoreo, por su aporte de nitrógeno a la gramínea acompañante y mejor calidad nutritiva del forraje que contribuye en la reducción de costos de producción.

En diferentes trabajos de renovación de praderas degradadas de los principales sistemas de producción ganadera del país se han venido incorporando con éxito leguminosas forrajeras de buena adaptación y producción, y de buena compatibilidad; de lo contrario, cuando la leguminosa no hace parte de la estrategia de renovación, además de las operaciones de labranza y fertilización se debe considerar el uso de fuentes de nitrógeno y aplicarlo con frecuencia para mantener estable la productividad animal.

En suelos ácidos y de baja fertilidad se recomienda aplicar las fuentes de nitrógeno y de potasio entre 30 y 60 días después de la siembra. En las zonas de bosque húmedo, se deben corregir las deficiencias de nitrógeno, fósforo y magnesio del suelo para mejorar la persistencia de las leguminosas en las praderas asociadas¹⁶⁰.

Por otra parte Cuesta y Villaneda afirma que

Los valores de la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo se deben tener en cuenta para ajustar la fertilización de establecimiento de las praderas, acorde con los requerimientos de la especie. Se sugiere no asumir que las necesidades de fertilización corresponden exactamente a las diferencias entre las cantidades de nutrientes del suelo y la cantidad extraída por el pasto, puesto que, solo una parte de los nutrientes del suelo es disponible para la planta. Si esto no se tiene en cuenta, el potencial de producción de las plantas en la pradera se vería limitado por la cantidad de nutrientes en déficit al hacer dicha asunción; máxime si se trata de incrementar los rendimientos y mejorar la eficiencia productiva. En la tabla 2 se muestran algunos valores de nutrimentos extraídos por algunos forrajes y su composición química¹⁶¹.

¹⁶⁰ Ibid., p.6

¹⁶¹ CUESTA, Pablo y VILLANEDA, Edgar. Cuantificación de las necesidades de fertilización de la pradera el análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. CORPOICA 2003. p.2 <www.corpoica.org.gov.co>

Tabla 2. Composición química promedio de praderas en Colombia y cálculo de extracción anual de nutrientes*

Pradera	Composición Química (%)				Proteína Cruda (%)	Producción forraje seco (t/ha/año)	Extracción de Nutrientes (Kg/ha/año)			
	N	P	K	Ca			N	P	K	Ca
Kikuyo renovado	2,60	0,49	4,12	0,25	16,2	16,84	438	82	694	42
Kikuyo con Manejo comercial	2,46	0,29	3,83	0,30	15,4	14,20	349	41	544	43
Braquiaria	1,20	0,12	1,1	-	7,5	19,2	230	23	210	-
Raigrases (Tetralite, Aubade, etc.)	2,70	0,30	2,5	-	16,8	16,0	432	48	400	-

Fuente: Mendoza 1978 y Corpoica 2003 (Plan de Modernización Tecnológica de la Ganadería, Chiquinquirá)

Así mismo Bernal muestra que

La diferencia entre especies para extraer nutrimentos también es muy grande; mientras algunas se adaptan a condiciones de infertilidad, como falsa poa y festuca alta, otras exigen suelos fértiles para desarrollarse normalmente, como los raigrases. Muestra además la extracción de nutrimentos de distintas especies de clima frío, con niveles intermedios de producción. En ella se observa que, bajo condiciones tropicales, la extracción de K supera la de N, pero su relación es aproximadamente 1:1. Las demandas de P₂O₅ son bastante inferiores a las de N y K₂O, de donde resulta que, desde el punto de vista cuantitativo, la relación promedio de extracción nutricional N - P₂O₅ - K₂O, para las especies consideradas, es del orden: 3,5 - 1,0 - 4,0¹⁶². (tabla 3)

Tabla 3. Extracción anual de nutrimentos de algunas especies de clima frío.

ESPECIE	Rendimiento seco ton/Ha/año	Extracción de nutrimentos				
		N	P ₂ O	K ₂ O	Mg	S
Kikuyo	14	389	83	415		
Festuca Alta	8	151	73	207	14	
Azul Orchoro	7	224	61	201	22	28
Raygras inglés	8	240	95	268	45	
Tetralite, Aubade	16	432	110	480		
Alfalfa	25	890	134	672	60	57
Tréboles	15	336	100	403	34	34

El CIAT explica que

¹⁶² BERNAL, Javier. Fertilización de Pastos Mejorados. Santa Fe de Bogotá, 1998. p.83

Existen amplias diferencias entre especies en cuanto a requerimientos de nutrientes, por lo cual es difícil hacer una recomendación para todos los pastos. En pastoreo la renovación de nutrientes del potrero es muy reducida aunque ocurre un proceso de redistribución de la fertilidad, junto con pérdidas por lixiviación y fijación de fósforo que hace necesario la aplicación de prácticas de mantenimiento. En gramíneas sembradas solas es muy probable que el nitrógeno sea un elemento limitante y por lo tanto, es necesaria por lo menos una dosis de 50 kg. N/ha/año. Es importante resaltar que las especies de menores requerimientos son las mejores adaptadas y persistentes pero no necesariamente son las más productivas y de mayor calidad nutritiva¹⁶³.

6.1.1 Fertilización y rejuvenecimiento de pasturas degradadas

Aprovechando el efecto promotor del agregado de nitrógeno sobre las gramíneas y de la fertilización fosfatada sobre el crecimiento y desarrollo de las leguminosas; es posible integrar la aplicación de estos nutrientes dentro de esquemas de rejuvenecimiento de praderas degradadas. Conceptualmente, el rejuvenecimiento de pasturas es una tecnología por la que se logra promover el crecimiento y desarrollo de especies forrajeras valiosas (raigrás, tréboles, etc.) anulando o reduciendo la presencia y competencia de malezas mediante diferentes métodos. El proceso de rejuvenecimiento de pasturas se fundamenta en la eliminación y/o reducción de los factores limitantes de la producción forrajera, mediante la utilización de diferentes técnicas¹⁶⁴.

A veces, los cultivos que menos responden a los fertilizantes son los de más altos requerimientos, ya que la naturaleza los ha dotado de mecanismos que le permiten utilizar al máximo los nutrientes del suelo. Los beneficios de la fertilización tienen que ser evaluados con un enfoque mucho más amplio, tratando de conocer el destino y el reciclaje de los nutrientes que se incorporan al suelo y sus efectos sobre la producción de todos los cultivos dentro de la rotación. Por lo general, se analiza solamente el efecto de esta práctica sobre los rendimientos o la producción del cultivo que se fertiliza y no tanto los efectos residuales y colaterales de los nutrientes. Entre ellos se pueden mencionar sus transformaciones en el suelo, tanto en forma directa como a través de los residuos, sus efectos sobre la materia orgánica y sobre las propiedades físicas y la modificación de la actividad biótica, que tienden a producir cambios sustanciales en la relación suelo-planta y en la productividad de los suelos, lo cual se logra solamente si se mejora el estado nutricional de las especies utilizadas.¹⁶⁵

¹⁶³ CIAT. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Cali – Colombia, 1991. p.8

¹⁶⁴ FERNANDEZ, Greco. Rejuvenecimiento de Pasturas Degradadas. INTA 2005. p.6 <www.fertilizando.com>

¹⁶⁵ ANGEL, Bernardo. Manejo de la fertilización en una agricultura sustentable. EN: INTA – Informaciones agrónomas N° 23, agosto de 2004. p.4 <www.ppi-ppic.org/ppiweb>

6.2 IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS.

La agricultura comercial ha puesto una parte importante en el proceso erosivo en cuanto que se han utilizado tecnologías depredadoras como la fertilización química y la parafernalia de agrotóxicos en el combate de plagas y enfermedades; la ganadería no se queda atrás, al utilizar herbicidas para control de las mal llamadas “malezas” de hoja ancha. Un estudio reciente indica que en una muestra representativa de productores ganaderos, el 54.4% ha eliminado árboles de sus terrenos durante los tres últimos años, de ellos poco más de la mitad para establecer praderas y cultivos¹⁶⁶.

Por otra parte Joe aduce que:

Frente a la duda de utilizar fertilizantes orgánicos o inorgánicos hay que tener en cuenta que las plantas no pueden identificar el origen de los nutrientes que están absorbiendo así que no presentan ningún problema para el cultivo en si. Lo que si hay que tener en cuenta es la rapidez de la efectividad de cada tipo de fertilizante. Si se necesita una rápida acción, la selección más propicia es la de los fertilizantes inorgánicos, que suministran las dosis justas de cada elemento que necesite (fósforo, nitrógeno y potasio) para realizar la recomposición del suelo. Si se cuenta con el tiempo necesario, la utilización de los fertilizantes orgánicos es una solución mucho mejor. Al ser de origen natural, aportan otros elementos más a los suelos, además de no provocar la contaminación que los fertilizantes inorgánicos si provocan¹⁶⁷.

Cuadrado *et al* afirma que

Se debe manejar un buen programa de fertilización, basado en su respectivo análisis de suelo. En lo posible buscar un balance en la utilización de fertilizantes químicos, abonos orgánicos como estiércol, compostaje, lombricompost y abonos verdes como leguminosas que son incorporadas al suelo. En la medida que se incorporen los abonos orgánicos y verdes los requerimientos de fertilizantes químicos se pueden ir reduciendo. No se trata de reemplazar de una vez los abonos químicos, si no potencializar su efecto con la adición progresiva de los orgánicos¹⁶⁸.

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

¹⁶⁶ ZIGA, Francisco. Abonos verdes y fertilizantes biológicos: Alternativas viables para la degradación de suelos. 2008 p.1 <<http://francisco-ziga.blogspot.com>>

¹⁶⁷ JOE. Uso de composta para recuperar suelos dañados. 2007 p.3 <www.jardinyplantas.com>

¹⁶⁸ CUADRADO, Hugo *et al*. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región caribe Colombiana. CORPOICA. 2005 p.18

No podemos olvidarnos la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental.

Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

Actualmente, se están buscando nuevos productos en la agricultura, que sean totalmente naturales¹⁶⁹.

El empleo de biofertilizantes en los cultivos agrícolas es una alternativa para reducir la aplicación de fertilizantes químicos y de otros agroquímicos que dañan el medio ambiente, además que resultan 90 por ciento más baratos para los agricultores.

Estas sustancias microbianas son aplicadas a los suelos para desempeñar funciones específicas, las cuales benefician la productividad de las plantas, incluyendo la absorción de agua y nutrientes, la fijación de nitrógeno, la solubilización de minerales, la producción de estimuladores de crecimiento vegetal y el biocontrol de patógenos. Además, pueden utilizarse en los cultivos anuales, las praderas de gramínea y leguminosas¹⁷⁰.

Hogan a su vez explica que

A medida que mejora la diversidad de la población microbiana del suelo, empiezan a cambiar las características del mismo. El ciclo vital de los microbios comienza a agregar materia orgánica (humus) proveniente de sus cuerpos mientras se reproducen y mueren. Los microbios digieren y degradan muchas formas de sal y residuos químicos. Al hacerlo, cambian el pH de la tierra y la carga de partículas de positiva a negativa y de negativa a positiva, liberando muchos nutrientes que estaban antes ligados a las partículas del suelo, no disponibles en la solución del suelo para que las plantas los absorbieran. Todos los nutrientes del suelo deben ser degradados/digeridos por los microorganismos, ya sea de una fuente orgánica o inorgánica, antes de llegar a ser parte de la solución del suelo para que las plantas los utilicen¹⁷¹.

6.2.1 Propiedades de los abonos orgánicos.

Mauro, manifiesta que “para restituir los niveles de materia orgánica del suelo, es necesario el uso de fertilizantes orgánicos con el fin de aumentar la capacidad de retención de nutrientes en el complejo arcillo-húmico del suelo, es decir, para

¹⁶⁹ CUESTA, Op. cit., p.26

¹⁷⁰ _____. Biofertilizantes. Ahorro productividad y ambiente sano. México, Junio de 2003 p.3 <www.teorema.com.mx/articulos>

¹⁷¹ HOGAN, D. Programas de mejora del suelo. 2005 p.6 <www.naturalenviro.com>

incrementar la asimilación de los nutrientes minerales procedentes de las reservas del suelo o incorporados mediante la fertilización”¹⁷².

Los abonos orgánicos tienen unas propiedades, que ejercen unos determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades:

- Propiedades físicas.

- El abono orgánico por su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere más temperatura y se pueden absorber con mayor facilidad los nutrientes.
- El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de éste.
- Disminuyen la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.
- Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo durante el verano.

- Propiedades químicas.

- Los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste.
- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.

- Propiedades biológicas.

- Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios.
- Los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente¹⁷³.

6.2.2 Tipos de abonos orgánicos.

El extracto de algas, es normalmente producto compuesto carbohidratos promotores del crecimiento vegetal, aminoácidos y extractos de algas cien por cien solubles.

¹⁷² MAURO. Fertilizantes orgánicos. Rosario – Argentina, Julio de 2007 p.4
<www.organicasa.net/beneficios-fertilizantes-organicos>

¹⁷³ CERVANTES, Miguel Ángel. Abonos orgánicos. Centro de formación profesional agraria. 2000. p.3
<www.abcagro.com/abonos/abonos_organicos>

Este producto es un bioactivador, que actúa favoreciendo la recuperación de los cultivos frente a situaciones de estrés, incrementando el crecimiento vegetativo, floración, fecundación, cuajado y rendimiento de los frutos.

Otro tipo de abono orgánico, se basa en ser un excelente bioestimulante y enraizante vegetal, debido a su contenido y aporte de auxinas de origen natural, vitaminas, citoquininas, microelementos y otras sustancias, que favorecen el desarrollo y crecimiento de toda la planta¹⁷⁴.

Este segundo producto es de muy fácil asimilación por las plantas a través de hojas o raíces, aplicando tanto foliar como radicularmente, debido al contenido en distintos agentes de extremada asimilación por todos los órganos de la planta.

Otro abono orgánico, contiene un elevado contenido en aminoácidos libres, lo cual significa que actúa como activador del desarrollo vegetativo, mejorando el calibre y coloración de los frutos, etc.

El aporte de aminoácidos libres facilita el que la planta ahorre energía en sintetizarlos, a la vez que facilita la producción de proteínas, enzimas, hormonas, etc., al ser éstos compuestos tan importantes para todos los procesos vitales de los vegetales.

Por último podemos destacar los típicos abonos orgánicos, que poseen gran cantidad de materia orgánica, por lo que favorecen la fertilidad del suelo, incrementan la actividad microbiana de este, y facilitan el transporte de nutrientes a la planta a través de las raíces.

Las sustancias húmicas incrementan el contenido y distribución de los azúcares en los vegetales, por lo que elevan la calidad de los frutos y flores, incrementando la resistencia al marchitamiento.

El aporte de distintos elementos nutritivos es fundamental para el desarrollo fisiológico normal de la planta, ya que alguna carencia en los mismos, pueden provocar deficiencias en la planta que se pueden manifestar de diferentes formas.

6.3 ENMIENDAS HÚMICAS.

La formación de las mismas se verifica en procesos de complejas transformaciones de los restos frescos. Este grupo de sustancias en los suelos minerales constituyen hasta el 85 - 90% de la reserva total de materia orgánica del suelo. La descomposición de los restos frescos que se incorporan al suelo depende de su composición química, así como de las condiciones del medio, dado que estos factores influyen en la actividad microbiana. Todos los tejidos vegetales contienen en términos generales los mismos grupos de sustancias: ceras, grasas, resinas, proteínas, carbohidratos, lignina, etc. pero la proporción de estos son muy variables en las diferentes especies vegetales así como en

¹⁷⁴ Ibid., p.4

los diversos momentos del ciclo vegetativo. Este hecho afecta marcadamente el proceso de descomposición¹⁷⁵.

Las enmiendas húmicas favorecen el enraizamiento, ya que desarrollan y mantienen un sistema radicular joven y vigoroso, durante todo el ciclo de cultivo. El desarrollo radicular, de la planta con aporte de enmiendas húmicas es enorme, y esto hace que el desarrollo de la misma sea mucho más rápido, debido a que absorbe mayor cantidad de elementos nutritivos, y esto se traduce en mayor producción.

Este abono orgánico al desarrollar más las raíces, equilibra también mejor la nutrición de las plantas, mejora el comportamiento de éstas frente a condiciones salinas y ayuda a la eliminación de diversas toxicidades.

Las raíces son el pilar básico de una planta, ya que no podemos olvidar que le sirven de sujeción al suelo. Las raíces de las plantas hortícolas son fasciculadas, no distinguiéndose un pivote principal. Están constituidas por una serie de troncos principales que profundizan oblicuamente en el suelo y de los cuales nacen las raíces secundarias.

La escasez de materia orgánica, y por tanto de ácidos húmicos y fúlvicos de los suelos, hace necesario el aporte de los mismos al suelo.

Dada las dificultades técnicas, logísticas y económicas de los aportes masivos de estiércol como fuente de materia orgánica, los preparados líquidos a base de ácidos húmicos y fúlvicos, se hacen imprescindibles para mejorar la fertilidad y productividad de los suelos¹⁷⁶.

6.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA GANADERÍA DE LECHE EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

El sistema de producción bovinos de leche, predominante en el altiplano de Nariño esta ubicado entre los 2600 a 3200 m.s.n.m. con una superficie de 100000 hectáreas de pastos naturales y mejorados, donde pastorean alrededor de 25000 cabezas de ganado, distribuidas en cerca de 32000 explotaciones de las cuales el 80% es menor de 5 hectáreas, estas cifras describen el sistema eminentemente como minifundista y de medianos productores, quienes sufren del mal manejo que hacen a sus praderas.

El mal uso de la maquinaria agrícola en la preparación de los suelos, el pisoteo del ganado y el mal manejo de praderas, asociado a las condiciones extremas ha propiciado la degradación de los suelos dedicado al sistema bovinos de leche.

Dicho deterioro se manifiesta por problemas de pérdida de estructura y materia orgánica, sellamiento superficial, compactación, disminución en la capacidad de almacenamiento de agua, pérdida de nutrientes y erosión del suelo, lo cual trae como consecuencia, disminución de la fertilidad de estos suelos reflejado en la calidad del

¹⁷⁵ SILVA, Alfredo. La materia orgánica del suelo. Montevideo – Uruguay, 1995. p.4
<www.fagro.edu.uy/edafologia>

¹⁷⁶ Ibid., p.6

forraje y por consiguiente baja producción animal, reducción en la productividad y rentabilidad del sistema¹⁷⁷.

La ganadería de leche en el departamento de Nariño en áreas de minifundio depende básicamente de la explotación casi exclusiva de pasto kikuyo, especie naturalizada de gran adaptación al medio, caracterizada por su rusticidad, persistencia y adecuada calidad, sin embargo con problemas de mal manejo, además es crítico el efecto de las épocas de mínima precipitación coincidentes con la presencia de heladas que afectan significativamente su producción forrajera.

Los recursos forrajeros nativos como: falsa poa, pasto oloroso, brasilero, etc; son parte de la composición botánica de las pasturas, generalmente creciendo en forma espontánea en mezcla con pasto kikuyo, el problema fundamental de estas especies es su bajo rendimiento y sus limitaciones nutricionales lo que representa reducidas respuestas animales¹⁷⁸.

¹⁷⁷ AYA, Germán. Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico de altura. En: Memorias del seminario “Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto”. Corpoica. Bogotá D.C Colombia, 2002. p.45

¹⁷⁸ BÁEZ, Fernando, et al. Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina de trópico de altura. En: Memorias del seminario alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto. CORPOICA. Bogotá D.C. Colombia. 2002 p.26

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Dada la variabilidad de suelos en Colombia, es necesario estudiar y comprender el origen de estos para lograr aplicar sistemas productivos tanto agrícolas como pecuarios con el máximo de rendimiento y con el menor daño posible al entorno ecológico.

Teniendo en cuenta las características físicas del suelo, es muy favorable incorporar niveles adecuados de materia orgánica con el fin de conservar una estructura favorable durante periodos largos, lo que conlleva a requerir de labranza mínima.

Hay que tener presente el estado de compactación del suelo porque de ello depende los límites que se puedan presentar en cuanto a las estrategias de recuperación y posterior aprovechamiento de los suelos.

Los suelos del departamento de Nariño, por su marcado origen volcánico y su inadecuada utilización son ideales para establecer programas de recuperación enfatizando en una correcta relación suelo – agua – planta – animal que estabilicen los sistemas productivos.

Nariño por ser una región con alta producción de leche dada sus condiciones agroclimáticas, es un departamento con problemas marcados en la alimentación de sus animales debido al poco aprovechamiento de los recursos en forma adecuada y sostenible.

Es necesario trabajar en las praderas que se encuentran en estado de abandono tanto naturalizadas como mejoradas por que de ellas se pueden lograr levantar explotaciones y subir los índices productivos de la región.

Un actualizado análisis de suelos es necesario para iniciar un programa de recuperación y/o renovación de praderas ya que ello es la base de una correcta fertilización reflejando vitalidad de la pradera.

La utilización de una fertilización química es necesaria para corregir la falta de nutrientes que se encuentran el suelo, además puede ser acompañada de fertilizantes orgánicos como complemento que ayudan a aumentar la capacidad de retención de nutrientes ideal para el aprovechamiento de los forrajes.

La renovación de praderas implica niveles de labranza y manejo de forrajes, así como preparación de suelos, con numerosos tipos de implementos para la preparación tradicional o labranza convencional enfocados en optimizar el sistema productivo de la pradera.

Siendo Nariño un departamento que cuenta con variabilidad de climas, la correcta escogencia de las especies forrajeras teniendo en cuenta sus características y condiciones de adaptabilidad al medio, es fundamental para iniciar un plan de renovación de praderas según el piso térmico en que se encuentre el sistema productivo.

7.2 RECOMENDACIONES

Tener en cuenta y socializar ante los campesinos de la región que la compactación de los suelos es provocada en mayor medida por el tránsito excesivo de maquinaria, las operaciones de labranzas inadecuadas y el pisoteo de los animales.

La erosión es probablemente el tipo de degradación más común en el mundo, por ello es importante identificar los factores que tienen mayor influencia sobre este problema y plantear soluciones que se acomoden y puedan ser aplicadas por los campesinos.

Es importante realizar trabajos enfocados a la renovación de praderas en el departamento de Nariño, ya que estos podrán establecer parámetros aplicables en toda la región.

Es necesario comprender que la degradación de praderas es la pérdida de la capacidad productiva de una pastura, que se manifiesta con baja producción y calidad de forraje, pérdida de cobertura e invasión de malezas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Wilmer y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*penisetum clandestinum*) bajo dos niveles de fertilización orgánico y o mineral en zona de ladera. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, programa de zootecnia. Pasto, Colombia, 2002. 109 p.

ADMIN. Manejo del suelo. Julio de 2007 <www.orgánica.net> 10 p.

AMEZQUITA C., E. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Actualidades ICA (Colombia) 1992. 21 p.

ÁNGEL. Problemática de la maquinaria agrícola en Colombia. Febrero de 2002. <www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola> 22 p.

ÁNGEL, Bernardo. Manejo de la fertilización en una agricultura sustentable. EN: INTA – Informaciones agronómicas N° 23, agosto de 2004. <www.ppi-ppic.org/ppiweb> 30p

ATOM. Clasificación de suelos. 2000. <<http://lens32.blogspot.com/2007/09/entisoles-el-concepto-central-del-orden.html>> 18 p.

AYA, Germán. Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina del trópico de altura. En: Memorias del seminario “Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto”. Corpoica. Bogotá D.C Colombia, 2002. 49 p

BÁEZ, Fernando, et al. Manejo de praderas para el Corregimiento de La Victoria. Corpoica. Cartilla No.8 .San Juan de Pasto.1999 p.3<<http://www.agronet.gov.co>> 35 p.

BÁEZ, Fernando, *et al.* Problemática y estrategias de manejo de praderas degradadas en áreas de producción de leche en el departamento de Nariño. En: plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. Fase II – trópico alto. Guachucal – Nariño, junio de 2002 65 p.

BÁEZ, Fernando, *et al.* Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina de trópico de altura. En: Memorias del seminario alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto. CORPOICA. Bogotá D.C. Colombia. 2002 43 p.

BARBOSA, J. Implementos y métodos para la preparación del suelo agrícola. 12 p.

EMBRAPA – Centro de pesquisa agropecuaria del trópico semi – árido. Petrolina – Brasil, 1999. <www.fao.org/ag/ags> 10 p.

BASTO, O y FIERRO, G. manejo sostenible de praderas. Programa de transferencia de tecnología. Corpoica, regional uno – SENA. Bogotá 1999. 56 p.

BECERRA M, Carolina, MADERO M., Edgar, HERRERA G, Oscar et al. Caracterización espacial de la compactación en terrenos agrícolas de Ciat, Colombia. jul./dic. 2005, vol.8, no.16 <<http://www.scielo.org.pe/scielo.php>> 32 p.

BERNAL, Javier. Fertilización de Pastos Mejorados. Santa Fe de Bogotá, 1998 93 p.

BERNAL, Jorge Luis. Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas. Dirección de crianzas – DGPA. Perú, junio de 2005 <www.minag.gob.pe/dgpa> 25 p.

_____. Biofertilizantes. Ahorro productividad y ambiente sano. México, Junio de 2003 <www.teorema.com.mx/articulos> 30 p.

BOONE. Labranza. 2000 <www.fao.org/cap4> 36 p.

CÁRDENAS, Edgar. Estrategias de investigación en forrajes de tierra fría en Colombia. Universidad Nacional, Bogotá, 2002. 28 p.

CÁRDENAS, Edgar. 2003. Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia. Citado por CÁRDENAS 2006 35 p.

CÁRDENAS, Edgar Alberto. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá 2006. 35 p.

CASTILLO, A. Renovación y manejo de praderas en lo llanos orientales. Corpoica-Plante. Villavicencio – Colombia, 1998. <www.fao.org/agris> 26 p.

CENTRO DE INVESTIGACIONES TERRITORIALES Y AMBIENTALES BONAERENSES – CITAB. Medio Geográfico - Suelos. Buenos Aires – Argentina, 2001. <<http://www.bapro.com.ar/citab/estadisticas/pdf>> 25 p.

CERVANTES, Miguel Ángel. Abonos orgánicos. Centro de formación profesional agraria. 2000. <www.abcagro.com/abonos/abonos_organicos> 10 p.

CIAT. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Cali – Colombia, 1991 48 p.

COLACELLI, Norberto. Producción de los Recursos Naturales. Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía y Zootecnia – U.N.T, 2003. <www.produccion.com.ar> 12 p.

COLACELLI, Norberto. Recursos naturales: La compactación del suelo. Departamento de ecología de la facultad de agronomía y zootecnia. Buenos Aires Argentina. 1999 <www.produccion.com.ar> 15 p.

CONTI et al, citado por USACH, Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 14 2006 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>> 45 p.

CORAL, Carlos. Capacitación Tecnológica En El Manejo Integral De Suelos De Altillanura Plana Para Pequeños Productores De Puerto Carreño. Puerto Carreño 2003. <www.agronet.gov.co> 29 p.

CORNELL. Textura del suelo. Programa de educación informal de ciencias de la National Science Foundation y el College of Agriculture and Life Science de Cornell University, 2001. <www.gardenmosaics.cornell.edu/pgs> 25 p.

CORPOICA 2003. <www.corpoica.org.gov.co> 8 p.

CORTINEZ, Rodrigo. La compactación de los suelos agrícolas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago – Chile, 2000. <www.geocities.com/pollotron2000> 16 p.

CROSARA, Alicia. Estructura del suelo, 2000. <www.edafologia.fcien.edu.uy/archivos/practico> 27 p.

CUADRADO, Hugo *et al.* Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región caribe Colombiana. CORPOICA 2005. 35 p.

CUESTA, Pablo *et.al.* Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones caribe y valles interandinos .CORPOICA – Turipaná, 2005. <www.corpoica.org.co> 25 p.

CUESTA, Pablo. Manejo de praderas en Colombia-Estado actual y proyección de la investigación. EN: Primera reunión de la red telemática de recursos forrajeros. Junio de 2004 <www.corpoica.org.co> 36 p.

CUESTA, Pablo Antonio y MILA, Alberto. Manejo y productividad de praderas renovadas en el trópico alto. EN: renovación y manejo de praderas degradadas del trópico alto. CORPOICA, Iza, Chiquinquirá diciembre de 2000. 85 p.

CUESTA, Pablo y VILLANEDA, Edgar. Cuantificación de las necesidades de fertilización de la pradera el análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. 62 p.

DESAMPARADOS, María y PONS, Vicente. Prácticas de Edafología y Climatología. Universidad Politécnica de Valencia - España. 2005 <www.ephos.com> 10 p.

ECHEVERRIA, Nora E, VALLEJOS, Adrián G y SILENZI, Juan C. Erodabilidad de suelos del sur de la Región Semiárida argentina. ene./jul. 2006, vol.24. <<http://www.scielo.org.ar/scielo.php>> 42 p.

ECORAE. Suelos. Quito – Ecuador, 2000. <www.ecorae.org.ec/web_zee> 8 p.

_____. El suelo y su relación con las plantas. 2000 <www.geocities.com/RainForest> 5 p.

ESPINOZA, Fredy y ARGENTY, Patricia. Estrategias de fertilización de pasturas. Instituto de Investigaciones Zootécnicas. Maracay – Venezuela 2003. <www.ceniap.gov.ve/publica> 18 p.

FAJARDO, Darío. Situación y perspectivas del desarrollo rural en el contexto del conflicto Colombiano. Universidad Nacional de Colombia 2002 <<http://www.grupochorlavi.org>> 25 p.

FAO. Agricultura de Conservación, uniendo producción con sostenibilidad. 2000 <www.fao.org/ag> 8 p.

FAO. Clases de suelos en los sistemas FAO/UNESCU. 1988 <www.miliarium.com/proyectos> 18 p.

FAO. Permeabilidad del suelo. 2000 <www.fao.org> 10 p.

FAO. Principales órdenes, subórdenes y grandes grupos de suelos. 1999. <www.fao.org/ag/agl> 6 p.

FAO. Textura del suelo, 2002. <[ftf://ftf.fao.org/FI/CDrom](http://ftf.fao.org/FI/CDrom)> 8 p.

FARNDON, J. El suelo. Recursos Naturales. Ed. Grupo Zea, Barcelona – España, 2001. 29 p.

FEDEGAN - Fondo Nacional del Ganado. La ganadería bovina en Colombia 1998 – 1999. Santafé de Bogotá, Colombia 1999. 261 p.

FERLINI, Hugo y DIAZ, Shirley. Suelo: Conocerlo para cuidarlo. 2003 <www.buscagro.com/biblioteca> 25 p.

FERNANDEZ, Greco. Rejuvenecimiento de Pasturas Degradadas. INTA 2005. <www.fertilizando.com> 18 p.

FERNANDEZ, R. 1994. Las heladas. Su definición, pronóstico y control. Citado por CÁRDENAS, Edgar Alberto. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. 2006

_____. Física del suelo. 2005 <www.sagan-gea.org/hojaredsuelo> 28 p.

_____. Física del suelo. SAGAN – Nariño. <www.sagan-gea.org/hojaredsuelo> 21 p.

FORMOSO, Francisco. Instalación de pasturas: Conceptos claves. INIA, Montevideo – Uruguay, 2006 <www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas> 36 p.

FORTUNECITY. El suelo. Ingeniería ambiental y medio ambiente. Noviembre de 2000 <www.fotunecity.es> 10 p.

FORTUNECITY. Propiedades de los suelos. Ingeniería ambiental y medio ambiente. 2002. <www.fotunecity.es> 12 p.

FORSYTHE, Warren. Manual de Laboratorio de Física de Suelos. San José, Costa Rica: IICA, 1980. 69 p.

FORSYTHE, SANCHO Y VILLATORO, Efecto de la compactación de suelos sobre el rendimiento del maíz en tres localidades de Costa Rica. Agronomía Costarricense 2005<www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm> 200 p.

GARCÍA H. C. Uso de maquinaria en suelos de ladera con fines conservacionistas. EN: Manejo y Conservación de Suelos de Ladera En: Memorias del Primer Seminario sobre Manejo y Conservación de Suelos. Junio 14 a 16 de 1984, Cali Colombia. S.C.C.S. 1984. 185 p.

GAVANDE, S.A. Física de suelos. Principios y aplicaciones. México ed. Limusa, S.A. de C.V. 1986. 351 p.

GIASSON. Uso de las tierras y capacidad de uso. Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Río Grande. Porto Alegre – Brasil, 1999. 132 p.

GIL, Rodolfo. El comportamiento físico – Funcionalidad de los suelos. Instituto de Suelos INTA. Córdoba – Argentina, 2005. <www.agriculturadepresicion.org/mansit> 38 p.

GIRALDO, Alfonso. Potencial de *A. decurrens*. Evaluación sobre sistemas silvopastoriles en clima frío de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional – Medellín 2000. <www.fao.org/Docrep> 13 p.

GLUCK, Rob. Fertilizantes orgánicos: una alternativa a los sintéticos. Ciudad de México – México, 2006. <www.ambientenatural.commx/article> 22 p.

HERNÁNDEZ, Gregorio *et al.* Manejo agronómico de praderas. En: Guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado en México. México 2003. <www.produccion-animal.com.ar> 26 p.

HIGUERAS, P y OYARZUN, R. Mineralogía y procesos de contaminación de suelos. Madrid – España, 2001 <www.uclm.es/users/higueras/mga> 29 p.

HOGAN, D. Programas de mejora del suelo. 2005 <www.naturalenviro.com> 13 p.

HORN et al, citados por USACH. Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 14 2006 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>> 15 p.

IBARRA, Humberto. Establecimiento de praderas y su manejo. 2001. <<http://cedhyp.uat.edu.mx/pdf/064/pdf>> 17 p.

INGARAMO, et al. Caracterización del proceso de infiltración en la serie Las Breñas (durustalf entico) bajo labranza cero. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000 <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_017.pdf> 120 p

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC. Estudio general de suelos y zonificación de tierras en el Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2004. 62 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI – IGAC. Estudio general de suelos en Colombia. Santafé de Bogotá. 1995 70 p.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRARIA – INIA. Pastos y forrajes EN: Resumen ejecutivo. 2000 <www.inia.gov.pe> 19 p.

JOE. Uso de composta para recuperar suelos dañados. 2007 <www.jardinyplantas.com> 8 p.

KASWASRA. Elección del sistema de labranza. 1991 <www.fao.org/ag/ags> 11 p.

_____. La ganadería en Colombia. Pastos y forrajes bovinos. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Santa fe de Bogotá 2006. <[www..cyemh.org/ganaderiacolombiana](http://www.cyemh.org/ganaderiacolombiana)> 58 p.

LAL, R. Métodos y directrices para evaluar el uso sostenible del suelo y los recursos hídricos en los trópicos. Columbus (Estados Unidos), USDA Servicio de Conservación de Suelos, 1994. 77 p

LOZANO, Fernando. Estrategias de mecanización para la renovación de praderas de gradadas en el trópico alto. EN: Renovación y manejo de praderas degradadas del trópico alto. Corpoica, Iza, Chiquinquirá, diciembre 2002. 58 p.

LOZANO, Fernando. Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto Colombiano. Tibaitatá, junio de 2004. 62 p.

MALLOCH, M. et al. Recursos mundiales <<http://www.agrovia.com>> 185 p.

MANUAL DE LOMBRICULTURA. Glosario de lombricultura y agricultura orgánica. 2005 <www.manualdelombricultura.com/glosario> 28 p.

MARKET, S. Paso a paso para una buena formación de pasturas. 2000. <www.market.com.py/pasoapaso.php> 36 p.

MÁRMOL, Jesús. Establecimiento de pasturas. Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia. Maracaibo – Venezuela, 2005.

MÁRMOL, J. y MORILLO, D. Cultivo y utilización en la ganadería bovina tropical. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo, Venezuela.. 1997. 152 p.

MAURO. Fertilizantes orgánicos. Rosario – Argentina, Julio de 2007 <www.organicasa.net/beneficios-fertilizantes-organicos> 30 p.

MILA, Alberto. Establecimiento de pasturas. En: Compendio de Pastos y Forrajes Volumen 1. Colombia, enero de 2005. 150 p.

MILA, Alberto *et. Al.* Renovación de praderas degradadas en los sistemas de producción de leche especializada del trópico alto. EN: Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche en el trópico alto. Corpoica, abril de 2002. 45 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL, AGROPECUARIO Y MEDIO AMBIENTE. La degradación de suelos en las tierras altas de Bolivia. Oruro 2007. <<http://www.vicetierras.gov.bo>> 18 p.

MURGUEITIO, Enrique y CALLE, Zoraida. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica, fundación CIPAV, Cali, Colombia, 2000. <<http://www.fao.org>> 12 p.

NÚÑEZ, Gregorio. *Et al.* Manejo Agronómico de Praderas. Extracto de la guía de manejo de praderas de gramíneas de clima templado de México. Torreón, México 2005. 36 p.

_____. Origen de la compactación de suelos agrícolas. (Origen, efectos, prevención y corrección). 2002 <www.abcagro.com> 8 p.

PAGANI, Agustín. Compactación de suelos en sistemas de cultivo: Naturaleza, causas y posibles soluciones. 2004. 28 p.

OLMOS, E. Y MONTENEGRO. Inventario de los problemas de la erosión y degradación de los suelos de Colombia. EN: Congreso Colombiano de la ciencia del suelo. Neiva (Colombia), 18-21 de agosto de 1987. Resúmenes. Neiva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 120 p.

ORTIZ Y ORTIZ, citados por USACH. Leandro. Infiltración de efluente industrial respecto de la infiltración de agua. 14 2006 <<http://www.monografias.com/trabajos37/infiltracion-efluente-industrial/l.shtml>> 50 p.

PLA S., I. Desarrollo de índices y modelos para el diagnóstico y prevención de la degradación de suelos agrícolas. 1988. Mención científica. Caracas (Venezuela). Banco Consolidado. 1989. 58 p.

PÉREZ, Otoniel. Establecimiento y manejo de especies forrajeras para producción bovina en el trópico bajo. Programa de fisiología y nutrición animal Corpoica. Villavicencio – Meta 2003. <www.cundinamarca.gov.co/archivos> 35 p.

PORTLAND. Densidad Aparente del Suelo. 2008. <www.ecoplexity.org/node> 11 p.

PRADERAS, Daniela. Prevención de la compactación de los suelos agrícolas. Santiago de Chile – Chile, 2007. <www.abcagro.com> 25 p.

- PRESTON, Sullivan. El manejo sostenible de suelos. ATTRA – Servicio Nacional de Información de la Agricultura sostenible. 2007. <www.attra.ncat.org/espanol> 36 p.
- PRIMAVESI, A. manejo ecológico del suelo 5ª ed. Buenos Aires (Argentina) "El Ateneo" Pedro García S.A. 1984. 499 p.
- RAMÍREZ, L.M y GARCÍA, I.I. Renovación de pasturas degradadas de kikuyo *Pennisetum clandestinum*, Hoechst, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia. 2002 <www.revistasunal.edu> 26 p.
- RIVERA, Luis y CRESPO, Manuel. Métodos para medir la humedad del suelo. Universidad de Puerto Rico. Mayaguez – Puerto Rico. 2000. 64 p.
- RESENDE. *Et al.* Capacidad de uso de la tierra. Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Rio Grande. Porto Alegre – Brasil, 1995. 30 p.
- ROMERO, Luis. Implementación de pasturas. Rafaela – Argentina, 2001. <<http://rafaela.inta.gov.ar/revistas>> 20 p.
- RONCANCIO, Edgar. Cultivar sin arar. Labranza mínima y siembra directa en los andes. 2000. 16 p.
- RUCKS, L. propiedades físicas del suelo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República – Departamento de Suelos y Aguas. Montevideo – Uruguay 2004. <www.fagro.edu.uy> 28 p.
- SECRETARIA GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS – OEA. Clasificación taxonómica de los suelos identificados. 2000 <<http://www.oas.org/dsd/publications>> 106 p.
- SERRANO, Gabriel y VELÁSQUEZ, Jaime. Monitoreo del manejo de las praderas. Santafé de Bogotá. <www.softwareganadero.com/articulos%5Carticulo11.html> 6 p.
- SIERRA, Oscar. Establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros para la producción de leche. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad de Antioquia, Medellín 2003. <www.kogi.udea.edu.co> 11 p.
- SILVA, Alfredo. La materia orgánica del suelo. Montevideo – Uruguay, 1995. <www.fagro.edu.uy/edafologia> 16 p.
- SMALL, Alison. Aumenta la degradación del suelo. FAO. Italia. 2008 <<http://www.fao.org/Newsroom/es/news/2008/1000874/index.html>> 25 p.
- TABOADA, Miguel. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre los suelos en siembra directa. Buenos Aires Argentina. Mayo de 2007. 39 p.

TARIFEÑO, Eduardo. Del mar a la cordillera: El suelo. Comisión Nacional del Medio Ambiente y Ministerio de Educación. Concepción – Chile 2003. <www.sinia.cl> 13 p.

UNAM. Profundidad efectiva y capacidad del uso de suelos. 14 de marzo de 2007 <www.weblogs.madrimasd.org> 17 p.

UNEX. Edafología – Ciencias Ambientales. Propiedades físicas del suelo. 2000 <www.unex.es> 8 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estado del recurso suelo. Santafé de Bogotá 2004. 34 p.

VÉLEZ, M. y VÉLEZ, J. Infiltración. Capítulo 8. Universidad Nacional de Colombia. 2002. 14 p.

ZAGAL, Erick y CÓRDOVA, Carolin. Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado. jun. 2005, vol.65, no.2. <<http://www.scielo.cl/scielo.php>> 197 p.

ZEBALLOS, Juan Pedro. Niveles de humedad en el suelo y agua disponible. 26 de junio de 2006. <www.wblogs.madrimasd.org> 18 p.

ZIGA, Francisco. Abonos verdes y fertilizantes biológicos: Alternativas viables para la degradación de suelos. 2008 <<http://francisco-ziga.blogspot.com>> 13 p.