003
UCV 426.038-4

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE GANADERÍA Y PASTIZALES

TALLER DE LICENCIATURA

# LAS RASTROJERAS: "SU REINSERCIÓN EN EL ECOSISTEMA SUELO Y SU USO EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO"

FABIOLA LILIANA ARÁNGUIZ GARCÍA

QUILLOTA CHILE

2006

**Título** : **LAS RASTROJERAS: "SU REINSERCIÓN EN EL ECOSISTEMA SUELO Y SU USO EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO".**

**Tallerista** : **Srta. FABIOLA LILIANA ARÁNGUIZ GARCÍA**

# APROBACIÓN DEL INFORME

| | Nombre | Firma |
|---|---|---|
| **Profesor Guía** | **: Sr. FERNANDO COSIO G.**<br>**Ingeniero Agrónomo, Dr.** | |
| **Profesor Co-Guía** | **: Sr. JUAN GASTÓ C.**<br>**Ingeniero Agrónomo, Ph.D** | |
| **Jefe de Investigación** | **: Sra. PATRICIA PEÑALOZA A.**<br>**Ingeniero Agrónomo** | |

**Fecha** : **Quillota, Mayo del año 2006.**

Gracias al profesor Juan Gastó por su predisposición y orientación, al profesor Fernando Cosio por su incondicional ayuda y enseñanzas, a Isabel González por la confección de los mapas. Agradezco, también, el apoyo y cariño de mi familia y amigos.

A mi abuelita Alicia Santander S., quien siempre estará a mi lado.

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS


**Resumen** 1
**INTRODUCCIÓN** 1
**CONCEPTOS FUNDAMENTALES** 3
ECOSISTEMA DE RASTROJERAS 3
Componentes de las rastrojeras 3
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ECORREGIONES 5
**RASTROJERAS EN CHILE** 9
UBICACIÓN DE LAS RASTROJERAS A NIVEL ZONAL 9
Rastrojos de cultivos anuales esenciales 9
Desechos de cultivos hortícolas 14
Desechos de huertos frutales 15
Residuos de plantaciones forestales 18
DISPONIBILIDAD TEMPORAL DE LAS RASTROJERAS 20
**REINSERCIÓN DE LAS RASTROJERAS EN EL ECOSISTEMA SUELO** 21
IMPORTANCIA Y FUNCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS AGROECOSISTEMAS 21
Sobre las propiedades químicas del suelo 22
Sobre las propiedades físicas del suelo 23
Sobre las propiedades biológicas del suelo 24
Efectos no deseados 25
CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DEL ECOSISTEMA 25
Ciclo del carbono 26
Ciclo del nitrógeno 27
Ciclo del azufre 27
NATURALEZA Y COMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO 28
Carbohidratos 29
Compuestos fenólicos 29
Compuestos nitrogenados 30
Grasas, ceras y resinas 30
Otros compuestos 30
DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO 30
Factores que influyen en la velocidad de descomposición de los rastrojos 32
INSERCIÓN DEL RASTROJO AL SUELO 34
Compost 34
Abonos verdes 40
Acolchado 44
Cero labranza 45
**LOS RASTROJOS COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE GANADO** 48
RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE CULTIVOS ANUALES 49
Residuos de la cosecha de los cultivos 49
Subproductos de la industria molinera del trigo 58
Subproductos de la industria molinera del arroz 59
Subproductos de la industria cervecera 60
Subproductos de la industria molinera del maíz 61
Subproductos de la industria para la obtención de alcohol del maíz 62
Subproductos para la obtención de alcohol de la papa 62
Subproductos de la industria del raps, de la maravilla, de la soya 62
**RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE HORTALIZAS** 63
Residuos de la cosecha de los cultivos 63
Destríos de la industria hortícola: pomasa de tomate 72
Destríos del procesado de hortalizas 73
RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE FRUTALES 72
Residuos provenientes de la poda 72
Destríos de la industria frutícola 77

Destríos de la industria vinícola 79
Destríos del procesado de frutas 81
RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE LA CONGELACIÓN DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS: CEREALES, LEGUMINOSAS DE GRANO, HORTALIZAS Y FRUTAS 82
RESIDUOS DE EXPLOTACIÓN FORESTAL 83
**USO EN EL SISTEMA GANADERO** 85
USO DE LOS RASTROJOS DE CULTIVOS ANUALES EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO 85
Uso de pajas 85
Uso de rastrojos de maíz 89
Uso de rastrojos de remolacha 90
Uso de rastrojos de la papa 91
Uso de subproductos de la industria molinera del trigo 92
Uso de subproductos de la industria molinera del arroz 93
Uso de subproductos de la industria cervecera 93
Uso de subproductos de la industria molinera del maíz 94
Uso de subproductos de la industria para la obtención de alcohol del maíz 94
Uso de subproductos de la industria del raps, de la maravilla y de la soya 94
USO DE RESIDUOS DE HORTALIZAS EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO 95
Uso de residuos de la cosecha de cultivos 95
Uso de destríos de la industria hortícola: pomasa de tomate 102
Uso de destríos del procesado de hortalizas 102
USO DE RESIDUOS FRUTALES EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO 103
Uso de residuos de poda 103
Uso de destríos de la industria frutícola 104
Uso de destríos del procesado de frutas 107
USO DE RESIDUOS DE EXPLOTACIÓN FORESTAL EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO 109
Uso de aserrines sin tratar 110
Uso de aserrines tratados 110
**CONCLUSIÓN** 111

# LAS RASTROJERAS: SU REINSERCIÓN EN EL ECOSISTEMA SUELO Y SU USO EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO

Fabiola Aránguiz G.

**Resumen**

Los ecosistemas de rastrojeras, al definirse como residuos y subproductos de cultivos ya cosechados, son considerados como compuestos orgánicos que pueden ser reinvertidos en el ciclo productivo. El manejo sustentable de ellas, considera su uso dentro del ecosistema suelo, a través de diversos métodos de reciclaje que permitan mantener la fertilidad de este medio y, además, su uso dentro del sistema ganadero como una fuente de alimentos para los animales. Este trabajo, comprende una recopilación de diversa información de literatura, investigaciones científicas de diversos autores, trabajos de pre y post-título, entre otros, por lo que pretende otorgar una somera representación de las alternativas de uso a que pueden someterse las rastrojeras, tanto a nivel de alimentación del ganado, como a nivel de reciclaje edáfico. También, se incluyen cartas con la distribución, a nivel nacional, de diversos tipos de rastrojos, basado en el Sistema de Clasificación de Ecorregiones propuesta por GASTÓ, COSIO y PANARIO (1993).

**Abstract**

Stubble grassland ecosystems, defined as having residues and by-products of already harvested crops, can be considered as organic components that are reusable in the production process. A sustainable management of these grassland resources would also consider their utility within the soil ecosystem, through diverse recycling mechanisms that maintain soil fertility and, in addition, their use in cattle ranching as a source of food for animals. This work includes a compilation of diverse information from the literature, scientific studies, pre-thesis works and final theses, with the objective of giving a brief illustration of the alternative uses for stubble grasslands, as much for feeding cattle as for edaphic recycling. Also included are maps which contain the national distributions of several different types of stubble grasslands, based on the Ecoregion Classification system (Sistema de Clasificación de Ecorregiones) proposed by Gastó, Cosio and Panario (1993).

*Palabras claves*: Rastrojeras, Rastrojos, Residuos, Subproductos, Destríos, Posíos, Reciclaje.

## INTRODUCCIÓN

La naturaleza como tal, todos los residuos que genera son reciclados de alguna manera; según HIRCSH-REINSHAGEN y GRONAUER (2002) todos los fenómenos que se presentan naturalmente en los ecosistemas, se desarrollan en forma de ciclos íntimamente interconectados e interrelacionados, de manera tan íntima que si ocurre un cambio en alguno de ellos, trae como consecuencia, cambios en uno o en los demás, es decir, cada etapa del ciclo viene condicionada por la restante, y todas las etapas que conforman un ciclo están en función de las condiciones del medio ambiente. El ser humano es parte de este ciclo vital, pero su actividad antropocentrista interrumpe o destruye varios de estos ciclos usando los recursos naturales; transformándolos y produciendo otros productos no aprovechables; la acumulación de ellos afecta la naturaleza en forma severa con daño para el mismo hombre, existiendo costos para la salud y para la sociedad, en general.

En las últimas décadas se ha generado un incremento importante en la población mundial, lo que ha demandado mayores niveles de producción y productividad de diversos sectores, entre ellos, el sector silvoagropecuario. A inicios de la década de 1950, nace lo que se conoce como la "Revolución Verde", en donde se marca un hito en la agricultura con una producción agrícola en crecimiento continuo, elevando exitosamente los rendimientos unitarios de los principales cultivos alimenticios. Sin embargo, este desarrollo de la humanidad se ha logrado con un alto costo ambiental, deteriorando y degradando los recursos naturales; siendo la erosión (o pérdida de suelo agrícola) y la liberación del carbono atmosférico (acción que disminuye la fertilidad de los suelos y contribuye al efecto invernadero) los dos principales problemas medioambientales, persistiendo el círculo de pobreza, producto del deterioro y la disminución de los recursos naturales (BELLIDO, 2003).

Junto con este fenómeno, el incremento de la oferta de los productos del sector agrícola, forestal y agroindustrial, genera residuos y subproductos

provenientes de las cosechas y del procesamiento agroindustrial de las materias primas de origen vegetal, los que, de alguna manera el hombre desea eliminar.

Según MANTEROLA, CERDA y MIRA (1999), de la biomasa total producida por el hombre en sus diversos cultivos, generalmente se utiliza entre el 30 a 50% únicamente, correspondiendo el porcentaje restante a follaje, frutos de desechos, envolturas y raíces que quedan en el campo.

Muchos de estos rastrojos son acumulados, desechados o quemados, provocando costos en la producción (al ocupar espacios de considerable valor), costos ambientales y sociales, ya que, además de agudizar el efecto invernadero (al liberar carbono atmosférico), se induce a la volatización del nitrógeno presente en la superficie del suelo, se elimina a la materia orgánica del horizonte superficial, desaparece la población microbiana de la superficie del suelo producto de la incineración, se disminuye la humedad de la capa edáfica al evaporarse el agua de los poros superficiales, se produce un sellamiento de los poros del suelo (producto de la pérdida de su estructura y de la deposición de las cenizas), se disminuye la porosidad del suelo, en consecuencia de lo anterior, se reduce la infiltración del agua en él y se aumenta el escurrimiento superficial causando erosión hídrica. Además, la quema de materia orgánica incorpora partículas contaminantes a la atmósfera, reduciendo la capacidad respiratoria de la población y elevando el riesgo a las alergias (CALDERÓN, 2002).

Pero los residuos y subproductos de cultivos deben ser reaprovechados de buena manera y en ello la agricultura juega un papel fundamental, dado que en estas superficies productivas se puede realizar, en el mediano y largo plazo un reaprovechamiento de los nutrientes, los cuales son reinvertidos en los ciclos biológicos.

Para reutilizarlos y reinsertarlos en el ciclo productivo existen diferentes alternativas; dentro de las que se destacan el tratamiento microbiológico en condiciones aeróbicas, con el propósito de producir un fertilizante orgánico y el uso en forma directa como alimento para animales.

La hipótesis de este trabajo es que las rastrojeras son factibles de reinsertarlas en el ecosistema suelo y en la alimentación del ganado en un sistema productivo.

Los objetivos planteados para este trabajo son los siguientes:

- Determinar dónde existen rastrojeras en Chile, a nivel de zona, a nivel del sistema productivo y su disposición temporal.
- Analizar la composición química y bromatológica de éstas.
- Determinar su reinserción en el ecosistema suelo.
- Analizar la utilización de las rastrojeras dentro del sistema ganadero como fuente de alimentación de ganado.

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES

### 1. ECOSISTEMA DE RASTROJERAS

Las rastrojeras son ecosistemas cuyo producto más elemental son los rastrojos, o sea, la cubierta vegetal conformada prioritariamente por tejido vegetal muerto, como remanente de cultivos anteriores ya cosechados o subproductos. Los restos vegetales normalmente se entre mezclan con especies vegetales espontáneas, también llamadas malezas, u otros, y trozos recubiertos de tejidos de los cultivos generadores del rastrojo.

Se define como ecosistemas de rastrojeras a los pastizales que comprenden todos los residuos y subproductos de cultivo; en esta definición se incluye, además, la vegetación espontánea que se desarrolla al abandonar el cultivo (GALLARDO y GASTÓ, 1985).

Pastizal, a su vez, se entiende como cualquier ecosistema que es capaz de producir tejido vegetal utilizable por el ganado, animales herbívoros domésticos y fauna silvestre de importancia económica (GALLARDO y GASTÓ, 1985). Al ser ecosistema, representa una unidad funcional y estructural de la naturaleza; es un arreglo de componentes bióticos y abióticos que están interconectados y relacionados entre sí, de manera que existe transporte de energía, masa e información, constituyendo una unidad o un todo (GASTÓ, 1979).

Las rastrojeras, por ser un ecosistema, contiene todos los componentes relativos a éste, es decir suelo, clima, planta y animal, conectados y organizados como un sistema dinámico que mantiene un cierto equilibrio o relaciones dinámicas entre sus partes, por lo cual se presenta en un estado evolutivo de organización que continúa en el uso rotativo del suelo por medio de nuevas labores de cultivos o bien que se prolonga por el proceso endógeno de sistemogénesis.

#### Componentes de las rastrojeras

El concepto de rastrojeras incluye a los denominados residuos, subproductos, rastrojos, destrío y posíos, los que, en común, pueden generar una sucesión de alternativas de uso y manejo.

Comúnmente se le denomina rastrojo, a aquellos residuos que provienen de la cosecha los cultivos tradicionales anuales, e industriales; es decir, a las pajas, o restos secos de cultivos, tales como cereales mayores o menores y legumbres. Ejemplo de esto, son los rastrojos provenientes de cereales y leguminosas de grano, como el maíz *(Zea mays)*, el trigo *(Triticum aestivum)*, el centeno *(Secale cereale)*, la avena *(Avena sativa L.)*, lenteja *(Lens culinaris)*, garbanzo *(Cicer arietinum L.)*, entre otros.

Existen variadas definiciones de residuos o desechos. Los residuos, o desechos de los cultivos, son producto de la cosecha de sus órganos de consumo. Luego de esta cosecha, el tejido vegetal puede quedar en pie, formando el residuo o rastrojo fibroso que, para el caso de un cereal, por ejemplo, puede estar conformado principalmente por macollas, cañas, hojas y raíces de la planta. Un residuo, según MANTEROLA, CERDA y MIRA (1999), es un producto que ha sido generado en un proceso agrícola o agroindustrial; no presenta valor agregado, ni un uso productivo posterior. Residuo, incluye a la planta o porción cultivada de ella que es necesario separar para obtener el órgano vegetal de la especie de cultivo, esto con el objeto de facilitar el establecimiento del cultivo posterior o del cultivo propio.

Los residuos silvoagropecuarios provienen de actividades agrícolas, forestales y agroindustriales, como resultado de la cosecha de los órganos de consumo de los cultivos (Figura 1.1a) y de los manejos realizados durante su producción. Este último tipo de rastrojo puede provenir de la poda de ramas y cosecha de árboles frutales, plantaciones forestales y arbustos. Entre éstos destaca el ramón de olivo (Olea *europeae),* de vid *(Vitis vinifera),* de *Pinus radiata* entre otros. (Figuras 1.1b y 1.1c).

Los destríos, por otra parte, se generan en lugares donde se industrializan alimentos, catalogándose, entonces, como los desechos de la elaboración de industrias.

Subproducto, en cambio, se define como un producto secundario obtenido desde un proceso agrícola o agroindustrial, es decir, posee un valor agregado teniendo, por tanto, un uso posterior (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).



FIGURA 1.1a. Desecho hortícola de (*Cucurbita Pepo* L.), en Lo Abarco. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)



FIGURA 1.1b. Raleo de *Pinus radiata*. (Fotografía: Manejo forestal: Online Papelnet)



FIGURA 1.1c. Ramón de *Actinidia chinensis*, en Quillota. (Fotografía: Clover Oyarzún)

Posío es la comunidad vegetal que aparece en el ecosistema de rastrojeras abandonadas que va gradualmente evolucionando a praderas y, en lapsos mayores, puede llegar a fisonomías leñosas. Luego de la cosecha de un cultivo, en los primeros años aparecen comunidades vegetales post-cultivo en la que destacan especies pioneras anuales y, además, aparecen los restos del cultivo que nuevamente vuelve a germinar.

La comunidad que aparece durante el primer año luego del abandono del cultivo, se denomina posío de primer año; apareciendo en los años siguientes, posío de segundo y tercer año. En la medida que va transcurriendo el tiempo y se avanza en la sucesión desde rastrojeras hacia praderas, el posío va perdiendo gradualmente las características de rastrojera y se asemeja cada vez más a una pradera, llegando a transformarse en una pradera residente (Figuras 1.1d, 1.1e, 1.1f. y 1.1g). Es conocido que un suelo, después de tener praderas durante varios años mejora su fertilidad y produce mayores cosechas, siendo una de las razones de incluir dentro de una rotación de cultivo el posío. Esto es consecuencia de la fijación de nitrógeno por las leguminosas y del aumento de materia orgánica del suelo por las gramíneas.



FIGURA 1.1g. Posío de primer año de avena (*Avena sativa* L.), en Santo Domingo. (Fotografía: Mary Negrón)



FIGURA 1.1d. Posío inmediatamente luego de la cosecha de trigo (*Triticum aestivum* L.), en "El Turco" cerca de San Antonio. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)




FIGURA 1.1e. Posío de primer año conformado por restos del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) junto con la especie herbácea *Trifolium sp.*, en San Antonio. (Fotografía: Mary Negrón)




FIGURA 1.1f. Posío de primer año conformado por restos del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) junto con pradera natural de *Trifolium sp*, *Raphanus sativus* (rábano) y *Brassica rapa* (yuyo) en San Antonio. (Fotografía: Mary Negrón)

FIGURA 1.1. Tipologías de Rastrojeras.

## 2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ECORREGIONES

Para lograr un completo estudio sobre las características del ecosistema de interés, como sobre la ubicación espacial de las rastrojeras en nuestro país, se hace necesario ocupar una metodología que permita crear una carta geográfica en donde se presente la información de ubicación y delimitación espacial o geográfica de las unidades taxonómicas del área. De acuerdo a lo anterior, se utilizará el Sistema de Clasificación de Ecorregiones propuesto por GASTÓ, COSIO y PANARIO (1993).

Este sistema de clasificación, según GASTÓ y GALLARDO, (1985,1987); GASTÓ, SILVA y COSIO, (1990), consta de nueve categorías o niveles, ordenados en una jerarquía de mayor a menor permanencia, en relación a las variables ecosistémicas que las definen y corresponden a:

1. Reino
2. Dominio
3. Provincia
4. Distrito
5. Sitio
6. Uso
7. Estilo
8. Condición
9. Tendencia

Cada categoría y clase se caracteriza, además de las variables que las definen, por las restantes o atributos ecosistémicos propios de su nivel jerárquico, sea clima (KÖPPEN, 1923, 1948), geoforma (MURPHY, 1967), ambiente edáfico, artificialización, entre otras según corresponda.

Las categorías Reino, Dominio y Provincia son de tipo climáticas. El Distrito y Sitio son categorías intermedias, en donde las variables determinantes son de naturaleza geomorfológica y edafoambientales, respectivamente.

Las categorías inferiores: Uso, Estilo, Condición y Tendencia, corresponden a las expresiones que pueden tener un determinado Sitio, como consecuencia de la intervención antrópica.

En cuanto a los niveles de tipo climáticos, el Reino (REIN) es la categoría superior y se clasifica de acuerdo a las Zonas Fundamentales de Köppen (1923, 1948), considerando la temperatura y precipitación de cada clase, en una perspectiva global. Se tiene en esta categoría cinco clases fundamentales: (Cuadro 1)

El Dominio (DOMI) corresponde a los tipos fundamentales de clima y es la subdivisión de la categoría anterior, ya que representa las relaciones entre precipitación, temperatura y las modalidades estacionales de variación.

CUADRO 1. Clases de Reinos.

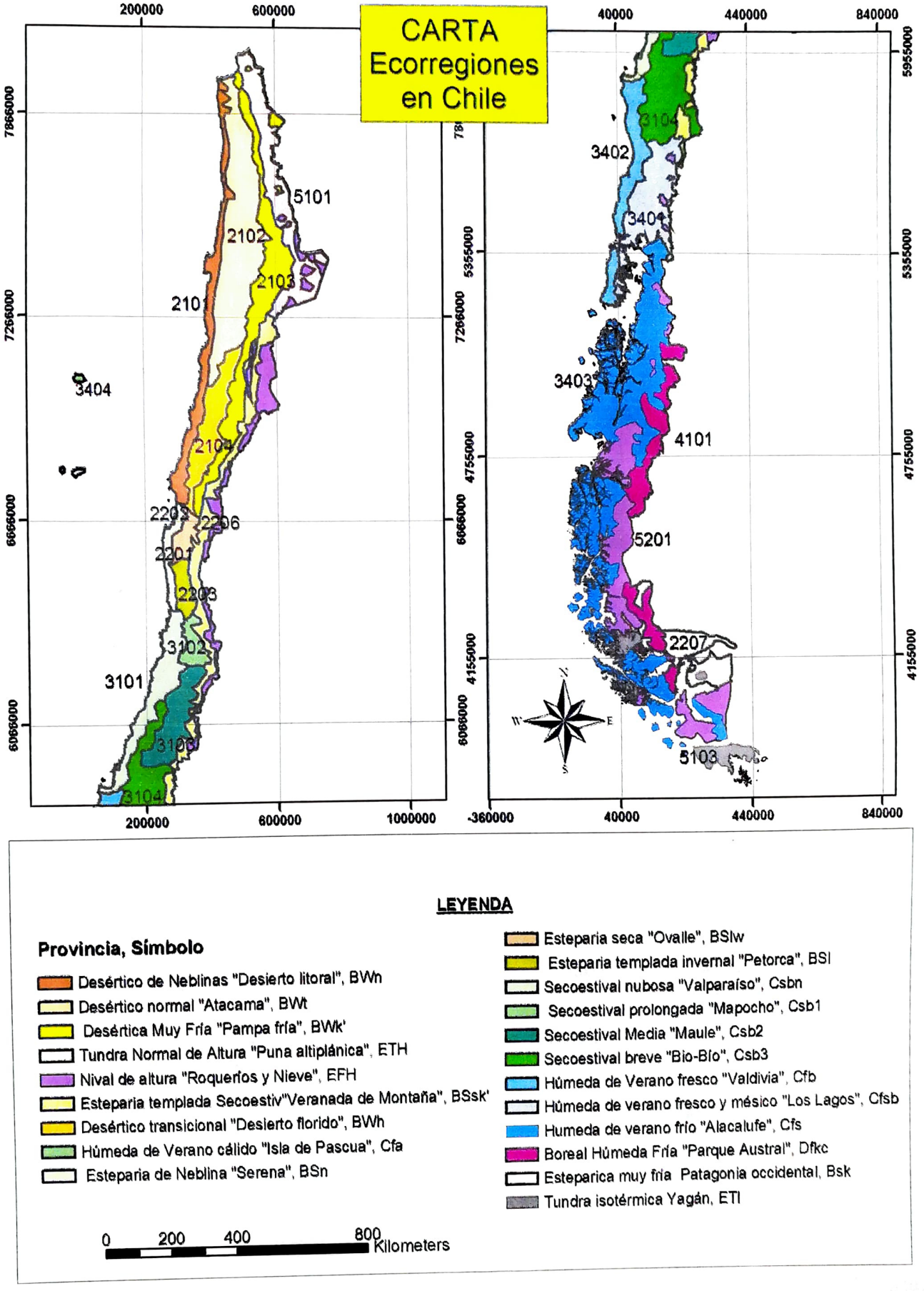
| REINOS | Símbolo | Código |
|---|---|---|
| Reino Tropical | A | 1000-000 |
| Reino Seco | B | 2000-000 |
| Reino Templado | C | 3000-000 |
| Reino Boreal | D | 4000-000 |
| Reino Nevado | E | 5000-000 |

La última categoría de tipo climática corresponde a la Provincia (PROV) siendo la tercera en la jerarquía del sistema y corresponde a variedades climáticas y alternativas de combinaciones de las variables propias de cada modalidad regional de clima (GASTÓ y GALLARDO, 1995).

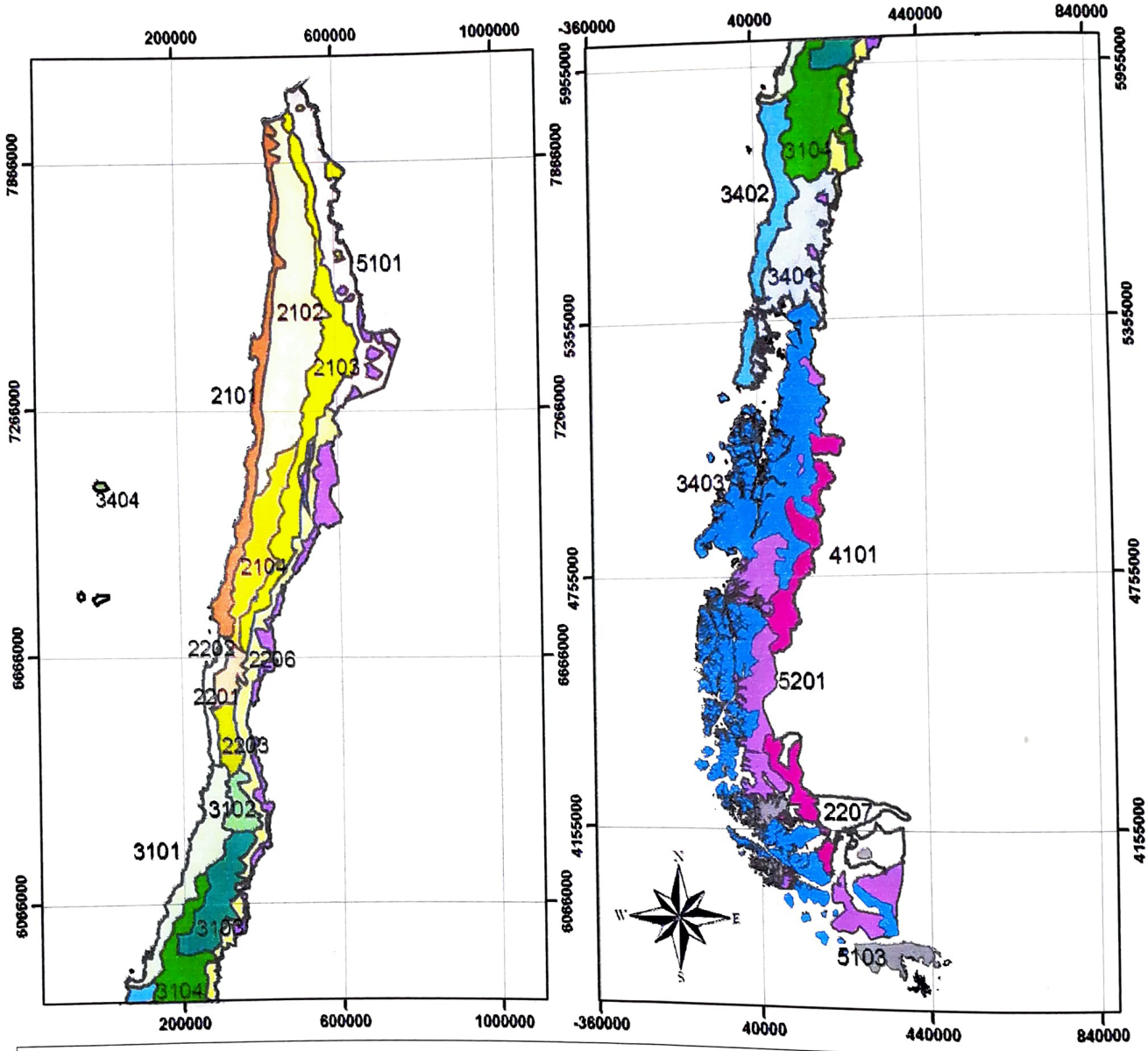
En el territorio Chileno se presenta el Reino Seco, Reino Templado, Reino Boreal y Reino Nevado, con sus respectivas Provincias ecológicas (GASTÓ, COSIO y PANARIO, 1993) (Cuadro 2) (Carta 1).

CUADRO 2. Provincias ecológicas de Chile.

| ECORREGIONES | Código |
|---|---|
| **Reino Seco** | **2000** |
| *Dominio Desértico* | *2100* |
| Desértica de Neblinas | 2101 |
| Desértica Normal | 2102 |
| Desértica muy fría | 2103 |
| Desértica transicional | 2104 |
| *Dominio Estepárico* | *2200* |
| Esteparia de Neblina | 2201 |
| Estepárica Seca | 2202 |
| Estepárica Templada Invernal | 2203 |
| Estepárica Templada Secoestival | 2206 |
| Estepárica muy fría | 2207 |
| **Reino Templado** | **3000** |
| *Dominio Secoestival* | *3100* |
| Secoestival Nubosa | 3101 |
| Secoestival Prolongada | 3102 |
| Secoestival Media | 3103 |
| Secoestival Breve | 3104 |
| *Dominio Húmedo* | *3400* |
| Húmeda de Verano Fresco y Mésico | 3401 |
| Húmeda de Verano Fresco | 3402 |
| Húmeda de Verano Frío | 3403 |
| Húmeda de Verano cálido | 3404 |
| **Reino Boreal** | **4000** |
| *Dominio Húmedo Invernal* | *4100* |
| Boreal Húmeda Fría | 4101 |
| **Reino Nevado** | **5000** |
| *Dominio Nival* | *5200* |
| Nival de Altura | 5201 |
| *Dominio Tundra* | *5100* |
| Tundra Isotérmica | 5103 |
| Tundra Normal de altura | 5101 |




**Fuente: Instituto Geográfico Militar, adaptado por GASTÓ y COSIO, 1995. Modificado por VALLEJOS, 2001; BERENGUER, 2003; GARCÍA, 2005; NEGRÓN, 2006.**




## LEYENDA

**Provincia, Símbolo**

- Desértico de Neblinas "Desierto litoral", BWn
- Desértico normal "Atacama", BWt
- Desértica Muy Fría "Pampa fría", BWk'
- Tundra Normal de Altura "Puna altiplánica", ETH
- Nival de altura "Roqueríos y Nieve", EFH
- Esteparia templada Secoestiv"Veranada de Montaña", BSsk'
- Desértico transicional "Desierto florido", BWh
- Húmeda de Verano cálido "Isla de Pascua", Cfa
- Esteparia de Neblina "Serena", BSn
- Esteparia seca "Ovalle", BSlw
- Esteparia templada invernal "Petorca", BSl
- Secoestival nubosa "Valparaíso", Csbn
- Secoestival prolongada "Mapocho", Csb1
- Secoestival Media "Maule", Csb2
- Secoestival breve "Bio-Bío", Csb3
- Húmeda de Verano fresco "Valdivia", Cfb
- Húmeda de verano fresco y mésico "Los Lagos", Cfsb
- Humeda de verano frío "Alacalufe", Cfs
- Boreal Húmeda Fría "Parque Austral", Dfkc
- Esteparica muy fría Patagonia occidental, Bsk
- Tundra isotérmica Yagán, ETI

0 200 400 800 Kilometers

## RASTROJERAS EN CHILE

Como se señaló, las rastrojeras forman parte de los pastizales y, por lo tanto, son incluidas dentro de la superficie total de pastizales del país, la cual alcanza a 32.098.835 ha, en relación a las 75.662.634 ha de superficie total del territorio nacional (GALLARDO y GASTÓ, 1995). Esta cifra supera a la arrojada por el Censo Nacional Agropecuario del año agrícola 1975-1976, esto debido a que durante ese período sólo se censó el 50,2% de las 75.662.634 ha de superficie total del país, es decir, las 32.098.835 ha de pastizales que cubren más del doble de la superficie censada en ese período.

De acuerdo a esto, del total de la superficie de pastizales, el 3,76% corresponden a rastrojeras, representando, entonces, 1.207.650 ha (GALLARDO y GASTÓ, 1995).

A partir del Sistema de Clasificación de Ecorregiones, propuesto por GALLARDO y GASTÓ (1987), se elaboró una carta de rastrojeras en Chile, en donde se plasma una visión más completa y detallada de la distribución espacial de esta clase de pastizal. Esto en base a la información elaborada por GASTÓ y GALLARDO (1995) (Carta 2).

## 1. UBICACIÓN DE LAS RASTROJERAS A NIVEL ZONAL

La actividad agrícola, forestal y agroindustrial, generan grandes cantidades de diversos residuos a lo largo de todo el territorio nacional. En general, la producción agrícola se concentra en la zona central de nuestro país, aportando aproximadamente el 45% del total de la producción nacional.

Se destaca la producción de rastrojos agrícolas que provienen de los cultivos tradicionales e industriales, sobretodo los cereales y leguminosas de grano, éstas preferentemente, establecidas en sectores de secano (CALDERÓN, 2002).

Aún cuando los rastrojos de los cultivos son más utilizados por los agricultores de secano, estos desechos se generan, igualmente, en otras zonas de nuestro país. Los cultivos hortícolas se sitúan, mayormente, cerca de las ciudades, mientras que los de chacarería en áreas más alejadas de ellas; pudiendo, entonces utilizar los residuos de tipo hortícolas en explotaciones ganaderas más intensivas (como feed-lot o lechería) y los residuos de chacarería en producciones más extensivas como ovinos y caprinos (U DE CHILE-FIA, 1993).

Los residuos de las plantaciones forestales (aserrines y virutas) son los que pueden tener mayor acceso a los sistemas ganaderos, ya que la mayoría de las áreas forestadas se encuentran mayormente en los sectores costeros colindantes con los predios ganaderos de nuestro país, en la zona centro-sur.

### Rastrojos de cultivos anuales esenciales

Los cultivos anuales esenciales de nuestro país, incluyen al cultivo del cereal, las chacras, leguminosas de grano y cultivos industriales. En cuanto a su producción, ésta se realiza a lo largo del país, concentrándose principalmente entre la VI a la IX región, existiendo la mayor superficie sembrada en la IX región, con 259.070 ha, de un total de 834.240 ha de cultivos anuales sembrados para el año agrícola 2004/2005 (INE, 2005).

Las pajas procedentes de los cultivos de cereales menores y legumbres se encuentran distribuidas en la Provincia Secoestival Media, Breve y la Provincia Húmeda de Verano Fresco.

**Rastrojos de cereales** (Carta 3)

Los cereales, en general, son los cultivos que aportan un mayor volumen de residuos, esto por la superficie involucrada a nivel nacional y por el porcentaje residual que se genera por unidad de superficie (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

Durante el año agrícola 2004/2005 en nuestro país los cereales ocuparon una superficie sembrada de 677.150 ha (INE, 2005). Éstas se distribuyen a lo largo de la superficie nacional, exceptuando la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena, concentrándose principalmente entre la VI y IX región, ocupando la mayor superficie esta última, según Censo Agropecuario del año 1997 (INE, 2005).

Diferentes rastrojos se describen someramente a continuación:

**Paja de trigo (*Triticum aestivum*):**
El trigo, en nuestro país, es un cereal estratégico, ya que casi exclusivamente se ocupa para la alimentación humana, existiendo diversas variedades, en relación a los requerimientos de frío y al fotoperíodo (trigo tipo "invernal" y trigo tipo "primaveral").

El rastrojo o paja de trigo es la más abundante de todas, produciéndose en la mayor parte de Chile continental, concentrándose entre la IV a la X región. Su superficie sembrada en la temporada agrícola 2004/2005 alcanzó 419.660 ha, destacándose la IX región con 160.910 ha (ODEPA, 2005).

El cultivo de trigo se produce principalmente en los Dominios Secoestival y Húmedo.

La paja de trigo es un recurso muy utilizado en sistemas extensivos de ganado, así como también por pequeños agricultores, como un suplemento para el invierno. Igualmente la paja de trigo es usada como base de cama para distintos tipos de animales, destacándose la "cama de broiler" o engorda de pollos broiler.

En los sistemas productivos del secano mediterráneo contemplan, junto con la ganadería, los cultivos de cereales. De éstos el principal es el trigo, el cual abarca entre 5 a 10% del suelo predial, encontrando los mayores porcentajes en los minifundios (CREMPIEN, 1999).

**Paja de cebada *(Hordeum vulgare* L.*)*:**
El cultivo de cebada es un cereal muy usado en nuestro país, destinándose la mayor parte para la producción de malta, (en donde los agricultores proveen directamente a las empresas privadas nacionales productoras de malta) y, en menor proporción, se destina su producción a la ganadería (grano y ensilaje); finalmente, también puede usarse directamente para alimentación humana y para la producción de semillas. Este cultivo ocupó una superficie sembrada a nivel nacional, en los años agrícolas 2004/2005 de 21.500 ha (INE, 2005), concentrándose entre la VII a la X región, siendo la IX región la que presentan una mayor superficie de este cultivo, con 11.420 ha (ODEPA, 2005).

La cebada se encuentra, principalmente, en el Dominio Secoestival y Provincia Húmeda de Verano Fresco.

Por su distribución, este rastrojo es comúnmente utilizado en sistemas ganaderos de bovinos de carne y de ovinos, ya que frecuentemente este cultivo se establece en la zona de secano interior y costero, y en la precordillera. Este recurso, también, es muy solicitado en la ganadería de la zona sur de nuestro país, en especial aquellas de producción de carne (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Paja de avena (*Avena sativa* L.):**
Este es un cereal de muchos usos, ya que; su grano sirve tanto para la alimentación humana como animal, en esta última área, también, puede utilizarse su forraje (como pastoreo directo, soiling o ensilaje). La avena para grano, a nivel nacional, presenta una superficie sembrada de 76.680 ha, para los años 2004/2005 (INE, 2005). De éstas, la mayor proporción se encuentra entre la VIII y IX región, sobresaliendo la IX región, con 37.030 ha sembradas (ODEPA, 2005).

Se ubica preferentemente en las Provincias Secoestival Media, Secoestival Breve y Húmeda de Verano Fresco.

**Paja de arroz *(Oriza sativa* L.):**
El cultivo de arroz presenta una superficie sembrada para los años agrícolas 2004/2005, de 25.030 ha (INE, 2005); las cuales se distribuyen entre la VI a la VIII región, siendo la VII la que mayor produce, con 20.190 ha (ODEPA, 2005).

Este cultivo se establece en su mayoría en sectores de riego de la zona central y en suelos de textura arcillosa (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).El cultivo de arroz se genera entre la Provincia Secoestival Media y Breve.

La totalidad del arroz cultivado es captado por las agroindustrias arroceras, las que se encuentran en las mismas regiones en que se cultiva (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Rastrojos del maíz *(Zea mays* L.) :**
El cultivo de maíz se concentra principalmente entre la IVa VIII región, presentando una superficie total sembrada para los años agrícolas 2004/2005 de 134.280 ha (INE, 2005). La mayor VI región es la que presenta la mayor superficie de maíz, con 76.400 ha, seguida de la VII y la región metropolitana, con 30.490 ha y 16.950 ha respectivamente, representando estas tres regiones más del 90% de la superficie total (ODEPA, 2005).

Se ubica preferentemente en las Provincias Secoestival Nuboso, Secoestival Media, Secoestival Breve y Secoestival Prolongado.

**Rastrojos de leguminosas de grano.**

Las leguminosas de grano generan menos cantidad de residuos que los cereales, sin embargo, presentan mejores características en cuanto a calidad nutritiva, por lo que pueden ser una opción viable para usarlas en la alimentación de ganado (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

La superficie sembrada a nivel nacional para los cultivos de frejoles, lenteja y garbanzo, alcanzaron en total para la temporada agrícola 2004/2005, 27.760 ha (INE, 2005).

**Paja de lenteja *(Lens culinaris)*:**
Este cultivo se distribuye entre las regiones VII a la IX, presentando una superficie total sembrada para los años 2004/2005 de 1.160 ha; de ésta la mayor proporción corresponde a la VIII región, con 570 ha, seguidas de la VII y IX, con 340 ha y 250 ha respectivamente (ODEPA, 2005).

La paja de lenteja se distribuye entre las Provincias Secoestival Prolongada, Secoestival Media, Secoestival Breve y el Dominio Húmedo. Esta área de cultivo se concentra en sectores del secano interior y costero, desarrollándose entre propiedades agrícolas de pequeño y mediano tamaño (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Paja de frejoles *(Phaseolus vulgaris L.)*:**
Esta leguminosa, dependiendo de la variedad que se trate (determinadas por las características de la vaina) y del momento de su cosecha, existe el frejol para su consumo en verde y frejol para grano seco (granado).

La superficie sembrada del cultivo de frejol para grano seco, para los años agrícolas 2004/2005, fueron de 23.510 ha (INE, 2005), concentrándose entre la VI a IX región, destacándose entre ellas la VII región, con 12.390 ha (ODEPA, 2005).

Esta área de cultivo se desarrolla tanto en sectores bajo riego del valle centra, como en el secano costero en condiciones de riego eventual (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999), en el Dominio Secoestival y Dominio Húmedo.

**Paja de garbanzos *(Cicer arietinum L.)*:**
Ocupa una superficie a nivel nacional de 3.090 ha, en los años agrícolas 2004/2005, desarrollándose entre la región Metropolitana a la VIII región, siendo la VII región la que ocupa mayor superficie sembrada, con 1.500 ha (ODEPA, 2005).

Este cultivo se sitúa, preferentemente, en el sector de secano costero e interior (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999), en las Provincias Secoestival Prolongada y Secoestival Media.

**Rastrojo de papa *(Solanum tuberosum.)*:**

Este rastrojo corresponde a la parte que no se comercializa, como los son los desechos y los excedentes de producción. El cultivo de la papa, en la temporada 2004/2005, ocupó una superficie igual a 55.620 ha en nuestro país (INE, 2005). De esta superficie, las regiones IX y X concentran el 58,7% de la producción, con 15.620 ha y 17.010 ha, respectivamente.

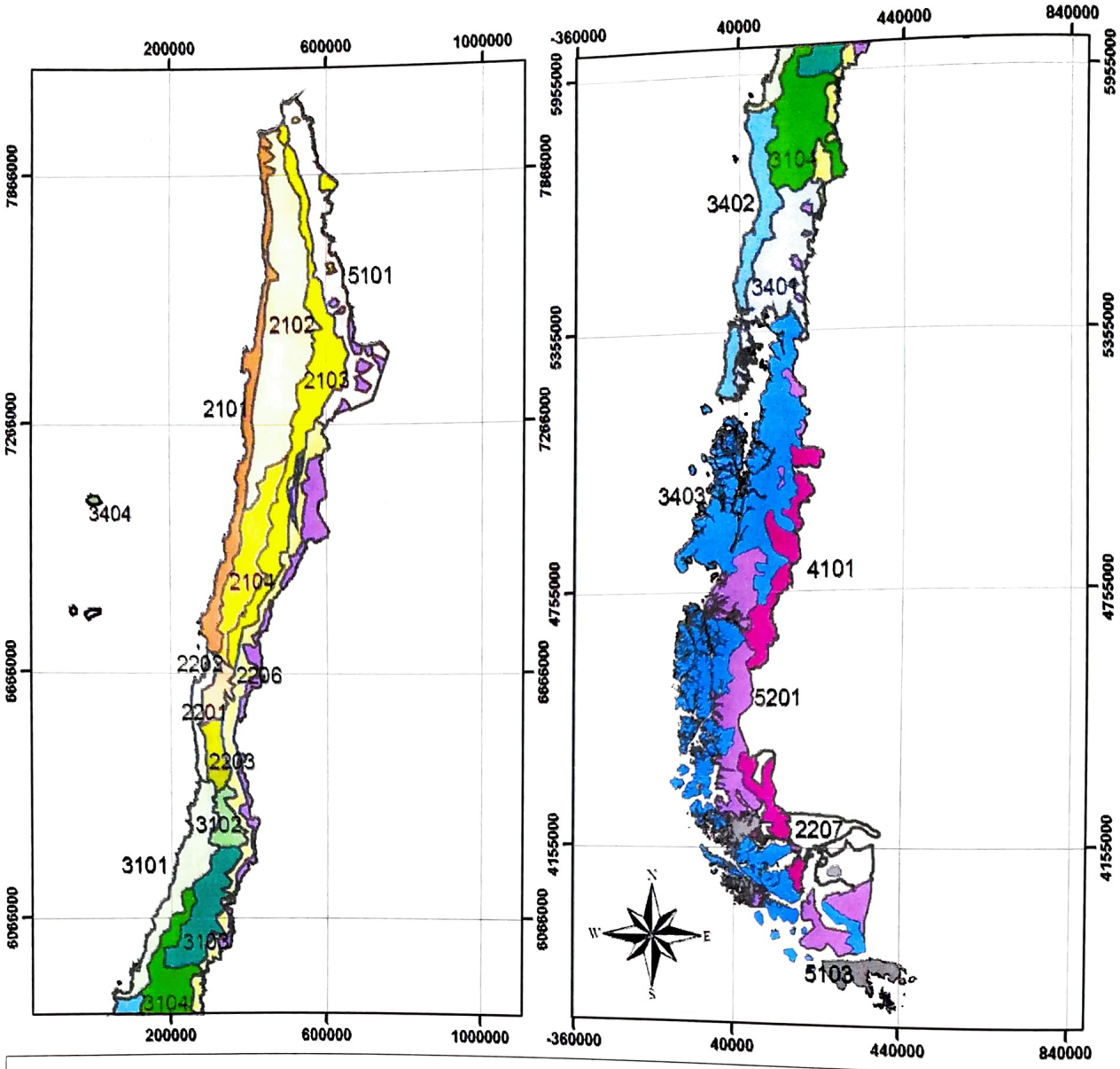
El cultivo de la papa se cultiva, principalmente, en el Dominio Húmedo, Provincias Húmeda de Verano Fresco y Húmeda de Verano Fresco y Mésico.

**Rastrojos de la remolacha *(Beta vulgaris L.)*:**

El cultivo de la remolacha presenta una superficie sembrada de la temporada 2004/2005 de 31.410 ha (INE, 2005), entre la VI a la X región, exceptuando la región Metropolitana, concentrándose una mayor superficie en la VIII región, con 16.210 ha sembrada (ODEPA, 2005).

Este cultivo se desarrolla, mayoritariamente, en el Dominio Secoestival, en las Provincias Secoestival Breve, Secoestival Media y Secoestival Prolongada.

Al cosechar el tubérculo, el agricultor elimina la hoja y la corona que constituye un rico alimento para vacas de lechería; el resto del tubérculo se envía a la planta azucarera.

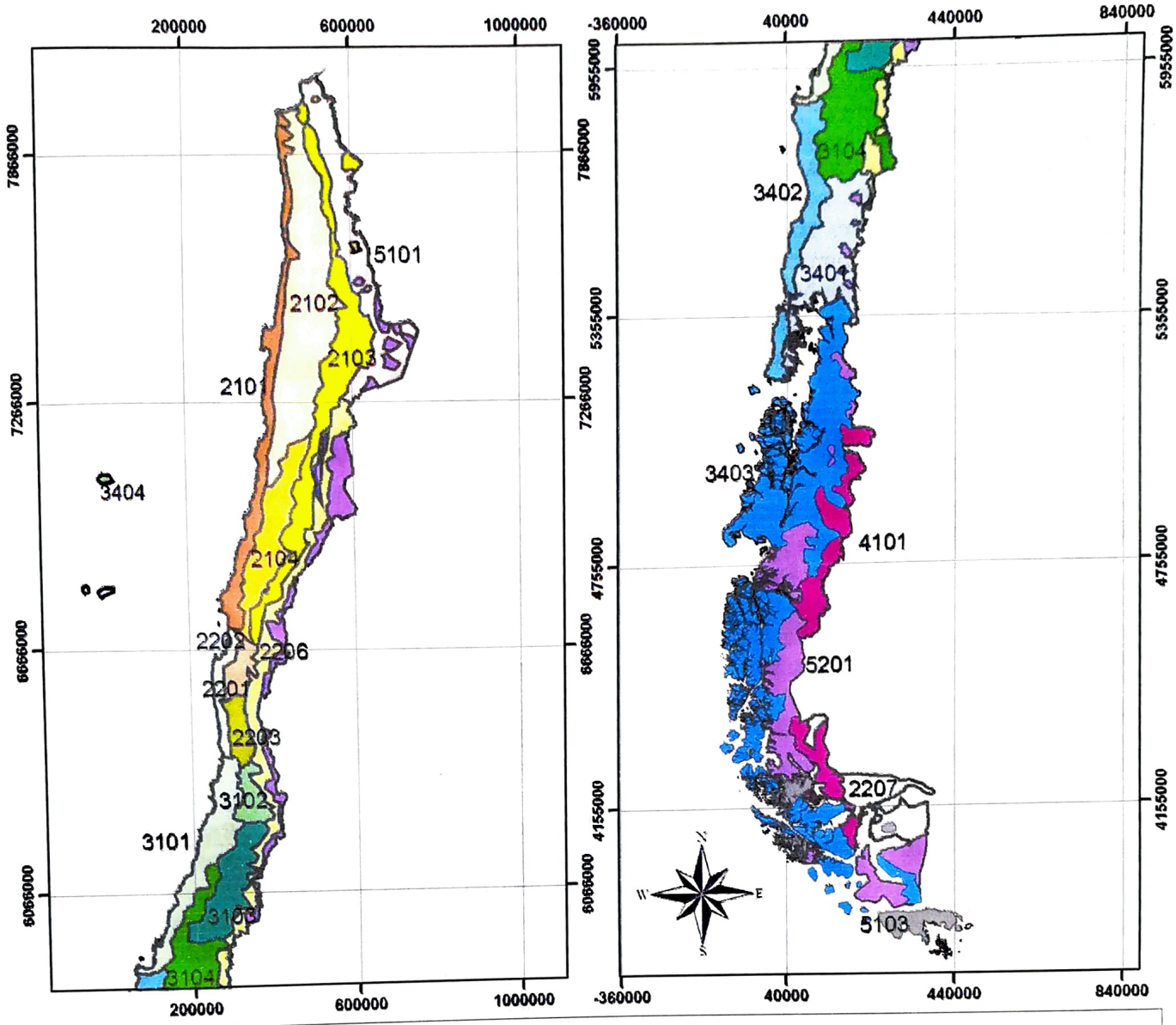



**LEYENDA**

**Provincia, Símbolo**

- Desértico de Neblinas "Desierto litoral", BWn
- Desértico normal "Atacama", BWt
- Desértica Muy Fría "Pampa fría", BWk'
- Tundra Normal de Altura "Puna altiplánica", ETH
- Nival de altura "Roqueríos y Nieve", EFH
- Esteparia templada Secoestiv"Veranada de Montaña", BSsk'
- Desértico transicional "Desierto florido", BWh
- Húmeda de Verano cálido "Isla de Pascua", Cfa
- Esteparia de Neblina "Serena", BSn
- Esteparia seca "Ovalle", BSlw
- Esteparia templada invernal "Petorca", BSl
- Secoestival nubosa "Valparaíso", Csbn
- Secoestival prolongada "Mapocho", Csb1
- Secoestival Media "Maule", Csb2
- Secoestival breve "Bio-Bio", Csb3
- Húmeda de Verano fresco "Valdivia", Cfb
- Húmeda de verano fresco y mésico "Los Lagos", Cfsb
- Humeda de verano frío "Alacalufe", Cfs
- Boreal Húmeda Fría "Parque Austral", Dfkc
- Esteparica muy fría Patagonia occidental, Bsk
- Tundra isotérmica Yagán, ETI

0 200 400 800 Kilometers




**LEYENDA**

**Provincia, Símbolo**

- Desértico de Neblinas "Desierto litoral", BWn
- Desértico normal "Atacama", BWt
- Desértica Muy Fría "Pampa fría", BWk'
- Tundra Normal de Altura "Puna altiplánica", ETH
- Nival de altura "Roqueríos y Nieve", EFH
- Esteparia templada Secoestiv"Veranada de Montaña", BSsk'
- Desértico transicional "Desierto florido", BWh
- Húmeda de Verano cálido "Isla de Pascua", Cfa
- Esteparia de Neblina "Serena", BSn
- Esteparia seca "Ovalle", BSlw
- Esteparia templada invernal "Petorca", BSl
- Secoestival nubosa "Valparaíso", Csbn
- Secoestival prolongada "Mapocho", Csb1
- Secoestival Media "Maule", Csb2
- Secoestival breve "Bio-Bío", Csb3
- Húmeda de Verano fresco "Valdivia", Cfb
- Húmeda de verano fresco y mésico "Los Lagos", Cfsb
- Humeda de verano frío "Alacalufe", Cfs
- Boreal Húmeda Fría "Parque Austral", Dfkc
- Esteparica muy fría Patagonia occidental, Bsk
- Tundra isotérmica Yagán, ETI

0 200 400 800 Kilometers

**Desechos de cultivos hortícolas** (Carta 4)

Los residuos de los cultivos hortícolas se generan en zonas agrícolas relativamente cercanas a los centros urbanos y, a lo largo de todo nuestro territorio nacional, encontrándose las mayores superficies entre las regiones V a la VII , las cuales suman más del 70% de toda la superficie, siendo la región Metropolitana la que presenta una mayor superficie sembrada para las temporadas 1999/2000, con 28.511 ha, seguidas de la VII y la VI región, con 22.811 y 20.664 ha respectivamente (ODEPA, 2005).

Estos cultivos se encuentran mayoritariamente en las Provincias Secoestival Nuboso, Secoestival Prolongada y Secoestival Media, las que suman el 94,6% del total de la superficie, en donde la Provincia Secoestival Prolongada concentra el 40% de ella. Para las temporadas 1999/2000 el total de superficie de hortalizas, en Chile, era de 123.689 ha. (ODEPA, 2005).

Estos cultivos se producen en superficies relativamente pequeñas, a diferencia de los cultivos extensivos de cereales y chacarería, estando normalmente alejados de los principales sistemas de producción ganadera; por lo cual su uso se justifica casi exclusivamente en sistemas de lecherías intensivas y semi-intensivas de bovinos y caprinos, como también en sistemas de feed-lot de crianza y engorda de bovinos de carne (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Residuos de cultivos de acelga (*Beta vulgaris L. ssp cycla*):**
El cultivo de la acelga se concentra entre la V región a la región Metropolitana, destacándose esta última la que presenta mayor superficie sembrada, 250 ha, para las temporadas 1999/2000, ocupando casi el 50% de la superficie total (ODEPA, 2005).

El cultivo de la acelga se realiza en las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada, siendo esta última la que posee mayor superficie (66% del total).

**Residuos de cultivo del apio *(Apium graveolens L. var. Dulce)*:**
Este cultivo se desarrolla principalmente entre la IV a la región Metropolitana, siendo la IV región la que concentra prácticamente el 68% de la superficie total, con 1150 ha, para los años agrícolas 1999/2000 (ODEPA, 2005).

Este cultivo se concentra, principalmente, en las Provincias Estepárica de Neblinas, Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada, siendo estas dos últimas, las que presentan el mayor porcentaje de superficie.

**Residuo de cultivo de coliflor *(Brassica oleraceae L. var Botrytis)*:**
El cultivo de coliflor se presenta mayoritariamente entre la IV a la VII región, siendo la región Metropolitana, la zona de mayor importancia para este cultivo, abarcando un poco más del 56% de la superficie total sembrada en todo Chile, con 900 ha, según los años agrícolas 1999/2000 (ODEPA, 2005).

El cultivo de coliflor se concentra, principalmente, entre las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada.

**Residuo de cultivo del repollo *(Brassica oleraceae L. var. Capitata L.)*:**
Este cultivo se concentra entre la IV a la VII región principalmente, destacándose la V región con 980 ha sembradas para los años 1999/2000, seguida de la región Metropolitana y VII región, con 332 ha y 324 ha, respectivamente, abarcando entre la V región y la región Metropolitana casi el 60% de la superficie total sembrada (ODEPA; 2005).

El cultivo del repollo se presenta, principalmente, en las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada.

**Residuo de cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum*):**
El cultivo del tomate se realiza principalmente entre la IV a la VII región, con superficies que van desde las 925 ha y las 9.811 ha, la mayor superficie sembrada la concentran la VI y la VII región abarcando cerca del 72% de la superficie total del país según los años agrícolas 1999/2000 (ODEPA, 2005).

Este cultivo se realiza, mayoritariamente, en el Dominio Secoestival, concentrando las mayores superficies en las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada, siendo esta última la que concentra el 60% de la superficie.

**Residuo de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*):**
Este cultivo, según ODEPA (2005), puede presentarse a lo largo todo el territorio nacional, pero entre la V región a la región Metropolitana se concentra casi el 70% de la superficie sembrada total, con 4680 ha, sumando ambas regiones, para los años 1999/2000.

El cultivo de lechuga se realiza en el Dominio Secoestival, principalmente, en las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada.

Los pequeños productores tanto de la zona de Colina como de la zona costera, ocupan estos residuos durante ciertos períodos de tiempo, para alimentar al ganado bovino, novillos y vacas, y también a las ovejas y cabras, obteniendo resultados favorables en la producción de leche y ganancia de peso (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Residuo del cultivo de pepino de ensalada (*Cucumis sativus L*):**
Este cultivo se desarrolla básicamente en las regiones IV, V; región Metropolitana y VII región, alcanzando una superficie alrededor de 580 ha, siendo en las demás regiones del país muy insignificante su superficie de siembra; esto según los años agrícolas 1999/2000 (ODEPA, 2005).

El cultivo de pepino de ensalada se presenta, mayoritariamente, en las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada.

**Residuo del cultivo de melón (*Cucurbita melo*):**
Este cultivo se siembra, principalmente, entre la región Metropolitana, la VI y la VII región, concentrando entre ellas, casi el 90% de la superficie total del país, con 3.381 ha para los años 1999/2000 (ODEPA, 2005).

Se concentra, principalmente en el Dominio Secoestival, provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada.

Para los medianos y pequeños propietarios, que poseen pequeñas ganaderías bovinas u ovinas en estas zonas, la siembra de este cultivo puede ser una buena opción de uso de sus residuos, por el volumen que generan, siendo las variedades más usadas la Cantaloupe y Tuna (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Residuo de cultivo del frejol de consumo verde (*Phaseolus vulgaris*):**
El frejol verde presenta sus mayores superficies de siembra en las regiones IV, V y región Metropolitana, siendo esta última la presenta mayor superficie con 1.650 ha, en los años 1999/2000 (ODEPA, 2005).

Se concentra, principalmente en el Dominio Secoestival, provincias Secoestival Prolongada y Secoestival Media.

**Residuo de cultivo de haba (*Vicia faba* L.):**
El cultivo de haba se desarrolla mayormente entre la IV a VIII región, concentrándose la mayor parte entre las regiones IV, Metropolitana y VI, siendo la región Metropolitana la que presenta mayor superficie sembrada para los años 1999/2000, con 850 ha (ODEPA, 2005).

Este cultivo se presenta en el Dominio Húmedo, Provincia Húmeda de Verano Fresco y, también, en el Dominio Secoestival, concentrando la mayor superficie en las Provincias Secoestival Nubosa y Prolongada.

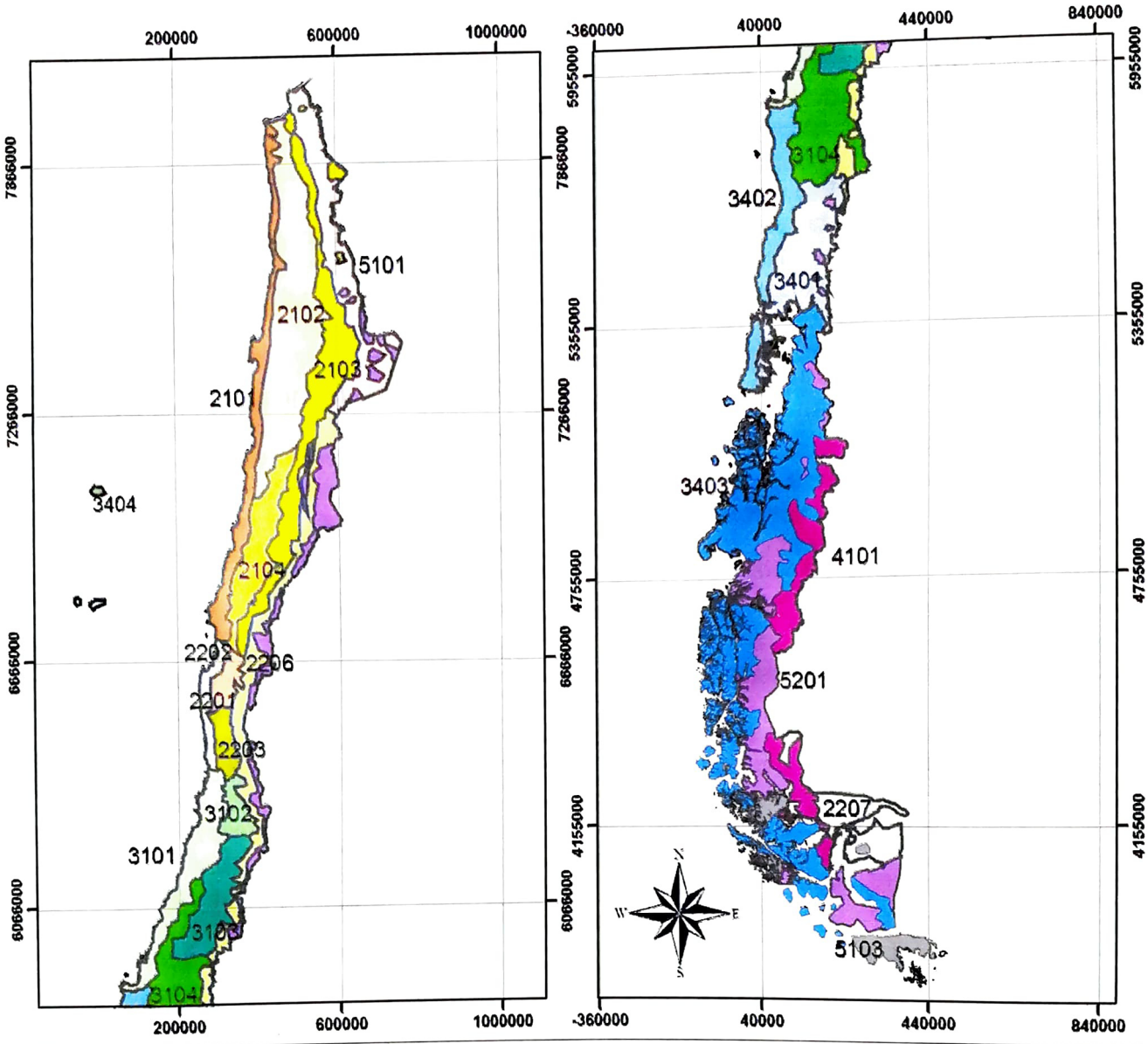
**Residuo de cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus L.*).**
El cultivo de alcachofa alcanzó para los años agrícolas 1999-2000, una superficie de 3.102 ha a nivel nacional; destacándose la región Metropolitana ocupando el 43,5% de la superficie para los mismos años (ODEPA, 2005).

Se concentra, principalmente, entre las Provincias Secoestival Prolongada y Secoestival Nubosa.

**Desechos de huertos frutales** (Carta 5)

A nivel nacional las plantaciones frutales han experimentado en los últimos años, un crecimiento sostenido, llegando a presentar para la temporada agrícola 2004 una superficie total de 221.915 ha (ODEPA, 2005).

De acuerdo a esto, para el año 2004 la mayor superficie de frutales, la representa la vid de mesa con 48.500 ha, seguida por los manzanos (36.095 ha), paltos (24.000), ciruelos total (14.460 ha), duraznos consumo fresco y conservero (13.168 ha), nogal




**LEYENDA**

**Provincia, Símbolo**

- Desértico de Neblinas "Desierto litoral", BWn
- Desértico normal "Atacama", BWt
- Desértica Muy Fría "Pampa fría", BWk'
- Tundra Normal de Altura "Puna altiplánica", ETH
- Nival de altura "Roqueríos y Nieve", EFH
- Esteparia templada Secoestiv"Veranada de Montaña", BSsk'
- Desértico transicional "Desierto florido", BWh
- Húmeda de Verano cálido "Isla de Pascua", Cfa
- Esteparia de Neblina "Serena", BSn
- Esteparia seca "Ovalle", BSlw
- Esteparia templada invernal "Petorca", BSl
- Secoestival nubosa "Valparaíso", Csbn
- Secoestival prolongada "Mapocho", Csb1
- Secoestival Media "Maule", Csb2
- Secoestival breve "Bio-Bío", Csb3
- Húmeda de Verano fresco "Valdivia", Cfb
- Húmeda de verano fresco y mésico "Los Lagos", Cfsb
- Humeda de verano frío "Alacalufe", Cfs
- Boreal Húmeda Fría "Parque Austral", Dfkc
- Esteparica muy fría Patagonia occidental, Bsk
- Tundra isotérmica Yagán, ETI

0 200 400 800 Kilometers

(9.230 ha), perales europeo y asiático (7.920 ha), naranjos (7.800 ha), cerezos (7.200 ha), limoneros (7.00 ha), nectarinos (6.900 ha), kiwis (6.640 ha), almendros (6.200 ha), olivos (6.000 ha), damascos (2.400 ha), y finalmente, otros frutales que representan en conjunto 18.402 ha de superficie plantada a nivel nacional (ODEPA, 2005).

Del total de esta superficie de frutales, las regiones que mayor concentran este tipo de producción, son la V región, la región Metropolitana, la VI región y la VII región, destacándose la región Metropolitana y la VI región, con 45.391,3 ha para el año 2004 y 59.965,1 ha para el año 2003, respectivamente (ODEPA, 2005).

Se concentra, mayoritariamente, en el Dominio Secoestival, Provincias Secoestival Nubosa, Prolongada, Media y Breve.

El mayor porcentaje de superficie con frutales en nuestro país lo producen las plantaciones compactas o industriales, concentrando, aproximadamente, el 90% de la superficie total plantada, mientras que los huertos caseros representan alrededor del 10% de la superficie (INE, 2005).

Los desechos de estos cultivos son los siguientes:

**Desecho de cultivo de vid (*Vitis vinífera L.*):**
La uva es el fruto de la especie *Vitis vinífera* L y en nuestro país, dependiendo de la variedad que se trate, se producen vides para vinificación, de mesa o pisqueras.

Este cultivo se concentra casi en su mayoría entre la III región a la VIII región de nuestro país, siendo las regiones VI y VII las que presentan la mayor superficie con 41.305,1 ha y 48.019,7 ha, respectivamente, para el año 2003 (ODEPA, 2005).

En ambos casos, el mayor porcentaje de esta superficie corresponde a vides de tipo viníferas, 75.2% para la VI región y 98.6% para la VII región, estando el resto de la superficie ocupada con vides de mesa. En la VIII región casi el 100% de la superficie de vides corresponde al de tipo vinífera y, en cuanto a la superficie con vides pisqueras, es la IV región la que presenta el mayor porcentaje de la superficie en el país, con 42.7% (ODEPA, 2005).

El cultivo de vid, mayoritariamente, se ubica en el Dominio Secoestival, Provincias Secoestival Nubosa, Media y Breve y, también, en el Dominio Estepárico, Provincias Esteparia Seca y Esteparia Templada Invernal.

**Desecho del cultivo de manzano (*Malus pumila*):**
Las plantaciones de manzanos para el año 2004 llegaron a ocupar una superficie total de 36.095 ha en nuestro país. De este total, aproximadamente el 60% se encuentra en la VII región, seguidas por las regiones VI, VIII y IX (ODEPA, 2005).

Este cultivo se ubica, principalmente, en las Provincias Secoestival Media, Secoestival Breve y Secoestival Nubosa.

**Desecho del cultivo de olivo *(Olea Europaea L.):***
El cultivo del olivo se concentra entre la III y la VIII región, de las cuales la II región es la que presenta la mayor superficie a nivel nacional, con 1.592 ha, para el año 1999, seguida por la región Metropolitana, con 607,9 ha, para el año 2004 (ODEPA, 2005).

Este cultivo se concentra, principalmente entre las Provincias Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada, Reino Templado y, también, en la Provincia Desértica de Neblina, Reino Seco.

**Desecho del cultivo de palto (*Persea americana Mill.*):**
Este cultivo es el tercero más importante en la fruticultura nacional en cuanto a superficie, luego del cultivo de vid de mesa y de manzanos. En la última década, en nuestro país, la producción de palto ha aumentado significativamente la superficie plantada, de 8.190 ha, en 1999, a más de 21.800 ha, en el año 2002, y con proyección de seguir creciendo dada la rentabilidad de este cultivo orientado a la exportación. De la superficie total de paltos en Chile, se estima que aproximadamente 18.000 ha pertenecen a plantaciones del cultivar Hass (GAMALIER *et al.*, 2005).

El cultivo de palto se encuentra principalmente ubicado en la V región, seguida por la región Metropolitana, las que, en conjunto, concentran más del 80% de la producción nacional. Por otra parte, en las regiones IV y VI se produce alrededor del 17% (GAMALIER *et al.*, 2005).

Se concentra, mayoritariamente, en la Provincia Secoestival Nubosa y Secoestival Prolongada.

**Desecho del cultivo de cítricos:**
Dentro de este grupo, en nuestro país se incluye a las plantaciones de naranjo, con una superficie de 7.800 ha, los limoneros, con 7.000 ha y las plantaciones de nectarinos con 6.900 ha, para el año 2004 (ODEPA, 2005).

A nivel individual, las plantaciones de limoneros *(Citrus limon* L.*)* prácticamente se concentran entre las regiones IV y VI, siendo la región Metropolitana, la que presenta la mayor superficie con 3.117,2 ha para el año 2004. A su vez, el cultivo de naranjos (*Citrus sinensis* L.*)* se presenta de manera significativa entre las regiones V y VI, presentando la mayor superficie en esta última región con 3.995,8 ha, para el año 2003. Finalmente, las plantaciones de nectarinos (*Prunus persica* var. *Nectarín)* presentan mayores superficies en la región Metropolitana, con 2.081,9 ha y en la IV región con 4.080,1 ha, para el año 2003 (ODEPA, 2005).

Los cultivos de cítricos se concentran, principalmente, en las Provincias Secoestival Prolongada y Secoestival Media y en la Provincia Esteparia de Neblina.

**Residuos de plantaciones forestales** (Carta 6)

Nuestro país, luego de varias décadas de crecimiento sostenido, presenta una pertenencia de 2.078.647 ha de plantaciones forestales industriales para el año 2004 (ODEPA, 2005), cubriendo menos del 3% del territorio nacional y representa un poco más del 13% del patrimonio de bosques, aunque la economía forestal chilena se sustenta en un 95% de ellas (CORMA, 2005).

Estas plantaciones están compuestas principalmente por las siguientes especies: pino insigne (*Pinus radiata*) o insigne (Figura 2), y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), con 67,8% y 23,6%, respectivamente, sobre la superficie total. Pero también existen otras especies ocupando superficies menores, como de Atriplex forrajero (*Atriplex sp.*), con 2,8% del total de la superficie; el tamarugo *(Prosopis tamarugo)* y algarrobo (*Prosopis chilensis),* ambos ocupando el 1,2%; el pino oregón con 0,8%; el álamo *(Populus nigra L.)*, con 0,3%; el roble *(Nothofagus sp.)* con 0,1% de la superficie y, finalmente otras especies, las que ocupan el 3,5% de la superficie restante de plantaciones forestales (ODEPA, 2005).

Junto a estas plantaciones, paralelamente se han ido desarrollando en nuestro país las industrias de madera y celulosa, las que generan un volumen importante de residuos como aserrín, virutas, pulpas y desechos de poda. (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

En la zona norte de nuestro país, especialmente en la I región, se destaca las concentraciones del tamarugo *(Prosopis tamarugo)* y algarrobo (*Prosopis chilensis),* ambos ocupando el 96,2% de la superficie forestal; por otra parte es en la IV región en donde se destaca el *Atriplex sp.*, ocupando el 78,5% de superficie de dicha área, con 58.253 ha, para el año 2004 (ODEPA, 2005).

La producción forestal se concentra principalmente en la zona centro-sur de nuestro país; en las regiones VII, VIII, IX y X, se concentra el 85,6 % de las plantaciones, siendo la VIII región la que presenta la mayor superficie plantada con 791.831 ha, zona en donde se destacan las producciones de pino radiata y eucalipto, con 76,6% y 23,2% respectivamente, sobre el total de superficie forestal de dicha región para el año 2004 (ODEPA, 2005).

La producción forestal se localiza, fundamentalmente, desde la Provincia Secoestival Breve, hasta el Dominio Húmedo, Provincia Húmeda de Verano Fresco y Húmeda de Verano Fresco y Mésico y, también, Húmeda de Verano Frío.

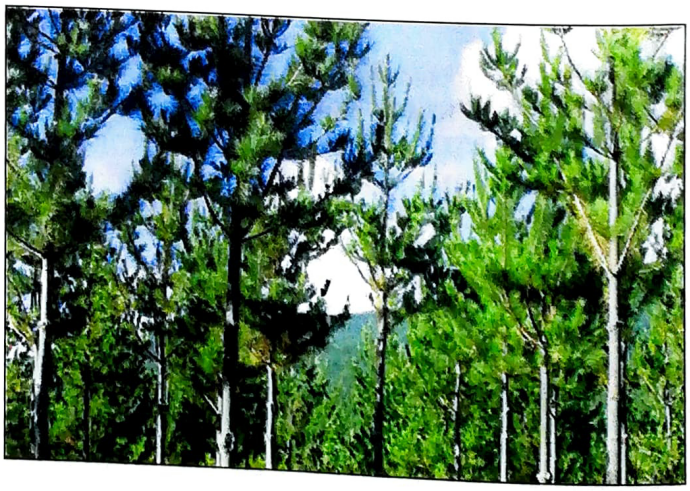
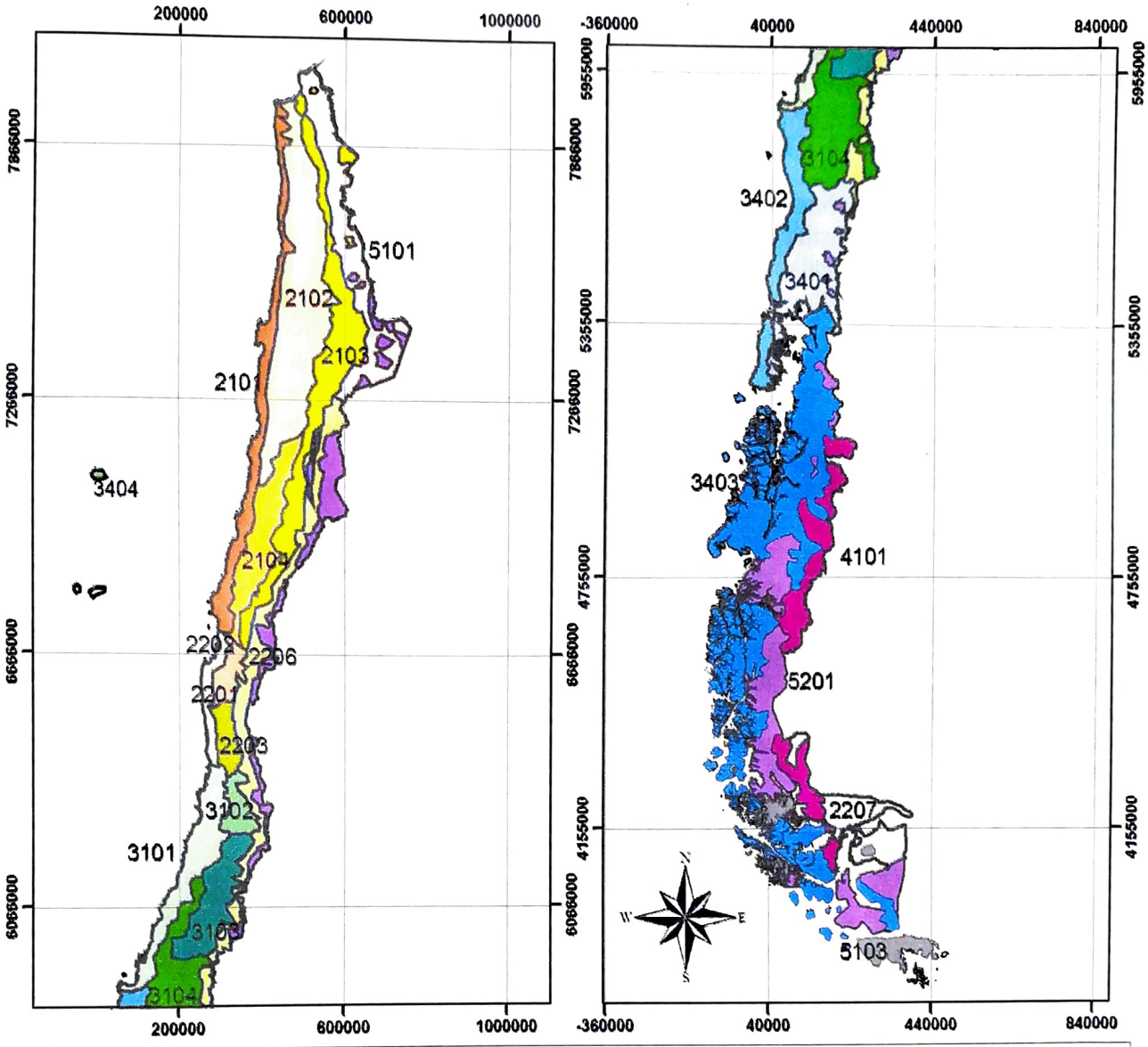


FIGURA 2. Plantación de *Pinus radiata*, en la VIII región (Fotografía: El árbol: Online Papelnet)




**LEYENDA**

**Provincia, Símbolo**

- Desértico de Neblinas "Desierto litoral", BWn
- Desértico normal "Atacama", BWt
- Desértica Muy Fría "Pampa fría", BWk'
- Tundra Normal de Altura "Puna altiplánica", ETH
- Nival de altura "Roqueríos y Nieve", EFH
- Esteparia templada Secoestiv"Veranada de Montaña", BSsk'
- Desértico transicional "Desierto florido", BWh
- Húmeda de Verano cálido "Isla de Pascua", Cfa
- Esteparia de Neblina "Serena", BSn
- Esteparia seca "Ovalle", BSlw
- Esteparia templada invernal "Petorca", BSl
- Secoestival nubosa "Valparaíso", Csbn
- Secoestival prolongada "Mapocho", Csb1
- Secoestival Media "Maule", Csb2
- Secoestival breve "Bio-Bío", Csb3
- Húmeda de Verano fresco "Valdivia", Cfb
- Húmeda de verano fresco y mésico "Los Lagos", Cfsb
- Humeda de verano frío "Alacalufe", Cfs
- Boreal Húmeda Fría "Parque Austral", Dfkc
- Esteparica muy fría Patagonia occidental, Bsk
- Tundra isotérmica Yagán, ETI

0 200 400 800 Kilometers

## 2. DISPONIBILIDAD TEMPORAL DE LAS RASTROJERAS

Para el caso de los frutales, dependiendo de la especie que se trate, van a existir distintas épocas de disponibilidad de los desechos de poda; los frutales de carozo (como ciruelo, damasco, duraznero y almendro), las pomáceas, frutos secos y algunos frutales menores, la época de poda se concentra entre los meses de Junio y Julio. Otra época importante es durante los meses de Agosto y Septiembre, para los frutales de hoja persistente y para el despunte de cítricos (CALDERÓN, 2002).

En cuanto a los cultivos anuales, tanto en los cereales como algunos cultivos industriales, sus cosechas y, por ende, la disponibilidad de sus rastrojos parte desde el mes de Diciembre hasta Abril, es decir, desde fines de primavera hasta otoño, aunque debido a las rotaciones que efectúan algunos agricultores, estas fechas pueden verse alteradas (CALDERÓN, 2002). Según MANTEROLA, CERCA y MIRA (1999), las pajas de cereales están disponibles desde el mes de Diciembre hasta el mes de Febrero, las pajas de leguminosas desde Diciembre a Marzo y las cañas de maíz secas desde Diciembre a Mayo; las hojas y coronas de remolacha se encuentran disponibles de Marzo a Mayo. En el caso del cultivo de *Phaseolus vulgaris* L, su época de cosecha va a depender tanto de la variedad, como de su época de siembra; de esta manera, las variedades para frejol en verde se cosechan a los 65 días después de la siembra y las variedades de frejol grano seco, a los 85 días después de la siembra (BASCUR, 2001).

Para los residuos de los cultivos hortícolas, éstos se generan a lo largo del año, desde 1,5 hasta 3 cultivares por año, es decir, generan un volumen considerable desecho. Esta producción a lo largo de todo el año se evidencia mayormente para el caso de cultivos bajo invernadero, los que pueden hasta triplicar la producción de biomasa residual; por ejemplo, en la IV región, la mayoría de los residuos hortícolas se generan durante primavera y verano, pero también se generan a fines de otoño y durante el invierno cuando se trata de cultivos bajo invernadero (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

Los subproductos provenientes de la industria molinera, tales como los afrechos y afrechillos de trigo, harinilla de trigo, afrechos y harinillas de arroz, están disponibles desde que se inicia la cosecha de estos cereales, es decir, desde Enero a Diciembre. Esta misma disponibilidad temporal la presentan los subproductos de la industria aceitera, o sea, las tortas o afrechos de raps, de maravilla y de soya, disponiéndose desde Enero a Marzo, según los cultivos.

Los residuos provenientes de los packings o agroindustrias, dependiendo del tipo de residuo y de la región que se trate, están disponible desde Enero hasta Diciembre; al igual que aquellos residuos generados durante el procesamiento de frutas y hortalizas (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

## REINSERCIÓN DE LAS RASTROJERAS EN EL ECOSISTEMA SUELO

Como bien se ha definido, las rastrojeras son pastizales que comprenden todos los residuos, subproductos de cultivos (GASTÓ, COSIO y SILVA, 1990), además, se incluye a la vegetación espontánea que se desarrolla al abandonar el cultivo (GASTÓ y GALLARDO, 1985).

En esta definición se destaca que las rastrojeras tienen su origen en las plantas de cultivo o tejido herbáceo y pueden ser, por lo tanto, clasificadas como materiales orgánicos. Lo anterior, se debe al proceso de fotosíntesis que realizan las plantas, propiedad que adquiere infinita importancia, ya que el dióxido de carbono procedente de la atmósfera pasa a formar parte de los componentes orgánicos del tejido vegetal, gracias a la energía lumínica del sol, que puede ser transformada en energía química y, finalmente, en biomasa.

Estos materiales orgánicos han sido ocupados en la agricultura desde tiempo remotos (sobre 2.000 años A.C), su importancia ha estado relacionada con el mantenimiento de la productividad del medio edáfico, ya que desde antaño se ha utilizado, principalmente, como fertilizante de los suelos de cultivo.

Según LABRADOR (1996), esta función de la materia orgánica era y es evidente aún en los sistemas agrícolas tradicionales, en donde los pequeños agricultores mantienen la fertilidad de sus tierras cerrando ciclos de energía y nutrientes, imitando el comportamiento de la naturaleza. Técnicas como incorporación del rastrojo al suelo, rotación de cultivos, reciclaje de los restos orgánicos mediante compostaje, la integración de sistemas de producción pecuaria dentro de las fincas y armonización de sistemas silvopastoriles, permiten autorregular los agrosistemas, manteniendo el ciclo de la materia orgánica óptimo y constante en el tiempo, traduciéndose, entonces, en sistemas en donde su potencialidad productiva se encuentra permanentemente en equilibrio y bajo un enfoque sustentable. Sin embargo, actualmente en la mayor parte de los sistemas agrarios, este sustento óptimo y continuo del ciclo de la materia orgánica ha sido alterado. En el presente se opta por una mejora cuantitativa de la producción debido a los avances tecnológicos y a un mayor interés hacia la intensificación del sistema incidiendo, consecuentemente, sobre el suelo. La intensidad de laboreo, traducido en una mayor roturación del suelo, aumenta la tasa de mineralización y, en consecuencia, acrecientan la pérdida de la materia orgánica (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993). Lo anterior se ha traducido en la pérdida alarmante de la capacidad de los agrosistemas para autorregularse, ya que la disminución tanto de calidad como de cantidad de la materia orgánica va unida a una pérdida de fertilidad y de la capacidad productiva del medio edáfico (LABRADOR, 1996).

Es por esto, que el mantenimiento sustentable de un agrosistema está en directa relación con un control del nivel de materia orgánica presente en el medio edáfico, ya sea aumentando los aportes o disminuyendo las pérdidas.

### 1. COMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA VEGETAL EN EL SUELO

Según PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO (1993), los compuestos orgánicos de origen vegetal, están formados por los siguientes elementos: hidrógeno, carbono y oxígeno, representando aproximadamente el 90% de la composición; siguen el nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros elementos que la planta requiere en pequeñas cantidades.

La composición bioquímica de los restos de origen vegetal va a variar de acuerdo a la edad, función del órgano vegetal y tipo de planta que se trate. En general, los tejidos más jóvenes o tejidos verdes, son más ricos en carbohidratos y proteínas que los tejidos leñosos, pues éstos presentan mayores contenidos de compuestos fenólicos y celulosas. En cuanto al tipo de planta, se menciona que aquellas denominadas "plantas superiores" presentan una distribución más equitativa de los elementos nutritivos (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Esta composición de los restos orgánicos es de gran importancia para la evolución del ciclo orgánico en un ecosistema puesto que, junto con los factores ambientales y edáficos, condicionan tanto la velocidad como la viabilidad de los posteriores procesos de mineralización y humificación de los restos vegetales (LABRADOR, 1996).

La materia orgánica de los restos de vegetales presenta entonces, diferentes componentes dentro de sus estructuras, los cuales se pueden diferenciar en los siguientes grupos: carbohidratos, proteínas, polipéptidos y ácidos nucleicos, grasas, ceras y resinas; compuestos fenólicos, entre otros. (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

**Carbohidratos**

Éstos conforman los tejidos de sostén y conducción de las plantas, presentándose, a la vez, como sustancias de reservas de las mismas.

En las plantas los carbohidratos representan el 50% o más de su biomasa, destacándose la celulosa, la hemicelulosa y el almidón (LABRADOR, 1996). Este último, es un importante fuente de alimento para el ser humano, y está compuesto por amilasa y amilopectina, las que a su vez son polímeros de glucosa. La celulosa, por otra parte, está compuesta por polisacáridos de celobiosa, la que está constituida, a su vez, por unidades básicas de glucosa; una molécula de celulosa contiene, a lo menos, cien unidades de celobiosa y, además, cierta proporción de otros carbohidratos como manosa y xilosa (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987). La celulosa forma los tejidos fibrosos en las plantas. A medida que avanza el estado de madurez de una planta, sus contenidos de celulosa y lignina aumentan, es decir, la pared celular acrecienta su volumen, disminuyendo entonces, las fracciones solubles al agua, carbohidratos y proteínas, o contenido celular (VIDAL y TRONCOSO, 2000).

**Compuestos fenólicos**

En este grupo se destaca la lignina, compuesto que forma parte de los tejidos leñosos (xilema y endodermis) y tejido de sostén de las plantas. Estos compuestos son de naturaleza aromática, cuyas unidades la conforman moléculas de fenilpropano, con algún grado de modificación y con diversos constituyentes como grupos radicales ($-CH_3$, $-OCH_3$, $-OH$, etc.). Estos compuestos fenólicos se hayan íntimamente asociados a los carbohidratos estructurales de las plantas. Otro compuesto polifenólico de importancia son los taninos (LABRADOR, 1996).

**Compuestos nitrogenados**

Encontramos en este grupo a las proteínas y polipéptidos, ambos son compuestos de polímeros de aminoácidos; oligopéptidos y ácidos nucleicos, conformados por unidades de nucleótidos (LABRADOR, 1996).

**Grasas, ceras y resinas**

Las grasas neutras provienen de la glicerina esterificada con ácidos grasos. Las grasas, como tales, son sustancias de reservas que pueden presentarse en diferentes órganos de la planta, comúnmente en las semillas. En cuanto a las ceras, éstas son ésteres de ácidos grasos y alcoholes que se forman en la cutícula de los tallos, en las hojas y frutos, cumpliendo la función de protección (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

**Otros compuestos**

En este grupo se encuentran lípidos, ácidos orgánicos, pigmentos, alcaloides, hormonas, antibióticos, vitaminas que pueden presentarse en los tejidos vegetales luego de su descomposición, aunque también algunos pueden provenir de del metabolismo de los microorganismos (LABRADOR, 1996).

## 2. CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DEL ECOSISTEMA

Los elementos inorgánicos que componen la materia viva, fluyen de manera cíclica en un ecosistema. En cuanto los elementos son absorbidos por las raíces de las plantas, éstos pasan a formar parte de su biomasa, como compuestos orgánicos, los que pueden regresar al suelo. Desde aquí, las formas inorgánicas pueden ser inmovilizadas temporalmente en los cuerpos de los microorganismos, hasta la muerte de ellos, momento en que se liberan nuevamente los nutrientes gracias al proceso de mineralización que realizan los microorganismos o enzimas. Todo lo anterior indica que la materia, o compuestos inorgánicos que componen la materia viva, fluyen en forma cíclica a través del ecosistema (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Es así, como los elementos inorgánicos pasan a formar parte de las cadenas tróficas del ecosistema (productores, consumidores y descomponedores) y de las cadenas de degradación y mineralización; pero además, estos elementos fluyen a través de los sistemas geofísicos como la atmósfera, la corteza terrestre y el agua. A lo anterior se le conoce como ciclos biogeoquímicos; su nombre se debe al movimiento de los nutrientes que ocurre desde los componentes bióticos y abióticos del ecosistema y a la intervención de los seres vivos, como microorganismos, en los ciclos geoquímicos durante los procesos de degradación y mineralización.

Por lo tanto, los ciclos biogeoquímicos condicionan la disponibilidad de nutrientes. Normalmente, estos ciclos permiten a los elementos reciclarse más que perderse; en la práctica, en ningún ecosistema este ciclo es completamente cerrado. Según PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO (1993), los agrosistemas se caracterizan por ser sistemas abiertos y, a diferencia de los ecosistemas naturales en que la mayoría de los nutrientes permanecen en el ciclo, los nutrientes son exportados fuera del sistema en forma de cosecha.

Entre los ciclos biogeoquímicos más importantes podemos destacar: el ciclo del carbono, del agua, del nitrógeno y del azufre.

## Ciclo del carbono

El intercambio de carbono en el ecosistema entre el componente biótico y abiótico, mediante los procesos de fotosíntesis y respiración, es la base del ciclo del carbono.

En el proceso de la fotosíntesis el dióxido de carbono de la atmósfera es transformado a carbono orgánico, también llamado "ladrillo" del tejido viviente y la energía solar es convertida en energía química, la cual se almacena como glucosa y otros carbohidratos. Esta incorporación del dióxido de carbono al sistema biótico puede realizarse gracias a los organismos fotosintéticos como las plantas, las cianobacterias y algas. Son los organismos vegetales y animales, los que ocupan o "queman" esta azúcar durante la respiración celular para generar energía (PLASTER, 2000).

Los organismos fotosintéticos, como las plantas, son llamados productores primarios. Los animales herbívoros, son llamados consumidores primarios y los animales carnívoros son los consumidores secundarios. Estos niveles son los que conforman la cadena alimenticia. Si sólo existieran en este mundo organismos productores y consumidores, la cadena se derrumbaría, ya que todo el carbono quedaría fijado en los cuerpos de las criaturas vivas y muertas. Sin embargo, gracias a ciertos microorganismos llamados "descomponedores" o saprófitos, esto no ocurre, ya que son los encargados de descomponer los cuerpos de las plantas y animales (materia orgánica muerta), para así poder retornar al ciclo el carbono (PLASTER, 2000).

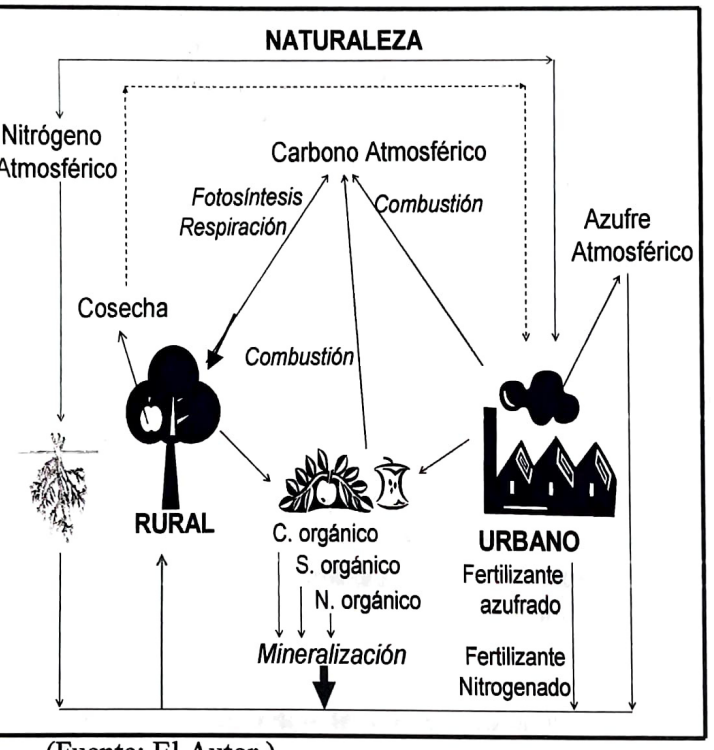
El carbono atraviesa los diferentes niveles tróficos presentes en un ecosistema formando parte de los distintos compuestos orgánicos. Sin embargo, en todos los niveles desde las plantas hasta los animales, buena parte de los compuestos orgánicos son degradados durante la respiración, liberando al mismo tiempo dióxido de carbono que retorna al ambiente. Otro tanto del carbono se introduce en el ciclo geológico (PLASTER, 2000).

Estos procesos de fotosíntesis y respiración mantienen el balance del dióxido de carbono en la atmósfera, gracias al ciclo del carbono. No obstante, el desarrollo industrial, que ha permanecido durante estas últimas décadas, ha favorecido el incremento del gas inorgánico dióxido de carbono en nuestra atmósfera. Prácticas como la quema de combustibles fósiles y la quema de grandes extensiones de vegetación, han contribuido a este proceso de contaminación (Figura 3).

## Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno (N) es el mineral que más facilita la velocidad de crecimiento de las plantas así como el color verde oscuro que las caracteriza. Las plantas necesitan grandes cantidades de N porque forma parte de muchos compuestos de gran importancia como la proteína y la clorofila (PLASTER, 2000).

De todos los elementos esenciales para las plantas, el N es el que está sometido a un mayor movimiento y transformación dentro del ciclo de nutrientes. La parte central del ciclo del N la comprende la acción de los microorganismos presentes en el medio edáfico (PLASTER, 2000).




(Fuente: El Autor.)

FIGURA 3. Ciclos biogeoquímicos del Carbono, Nitrógeno y Azufre.

**Fijación del nitrógeno.**

El N proviene del gas N atmosférico (alrededor 86.000 ton sobre cada ha de superficie de tierra). Las plantas superiores no son capaces de usar este elemento en forma de gas. Sin embargo, algunas bacterias, algas verdes azuladas y actinomicetes pueden absorber este gas y convertirlo en amoníaco. El amoníaco es una forma en la que las plantas pueden usar el nitrógeno (PLASTER, 2000).

Las plantas leguminosas, de la familia *Fabáceas*, pueden hospedar a un enorme grupo de bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium.* Las bacterias se presentan en el suelo como organismos de vida libre y se alimentan del carbono de la rizosfera, pero si se encuentran con las raíces de una leguminosa, producen una infección. Las bacterias invaden los pelos radicales de la raíz, la cual responde rodeando a la bacteria con las células de la misma planta hasta formar un nódulo en las raíces. Estas bacterias, desde los nódulos formados en las raíces de las plantas, recogen minerales y comida, al mismo tiempo, el N que ha sido fijado puede ser usado por las plantas. Por lo tanto, las bacterias cogen el N realizando una simbiosis, por lo que se conoce este proceso como una "fijación simbiótica de N". Se plantea que cerca de 340 kg de N por ha pueden añadirse al suelo en un año gracias a la asociación de la leguminosa con la bacteria *Rhizobium* (PLASTER, 2000).

También, existen bacterias de vida libre que pueden fijar N en el suelo, del género *Azotobacter* y *Clostridium*, y realizan una fijación no simbiótica de N ya que estos microorganismos no viven en las raíces de las plantas. Su acción, en general, no se considera de mucha importancia para la agricultura ya que sólo añade cerca de 45 kg de N anualmente por ha, bajo las mejores condiciones. Lo mismo ocurre con las *Cianobacterias*, un tipo de algas verdes azuladas, que crecen en ambientes acuáticos, pero su bajo número limita la cantidad de N que pueda fijar (PLASTER, 2000).

**Nitrificación y desnitrificación.**

Las bacterias simbióticas y no simbióticas usan el N fijado para formar proteína en beneficio propio o para suministrarlo a su propio hospedero, la leguminosa. Cuando estas bacterias (o planta hospedera) mueren, comienza su descomposición, es decir, la proteína presente en sus cuerpos es mineralizada por otros microorganismos y el N es excretado en forma de amonio; este proceso se conoce como "amonificación". Aunque las plantas pueden incorporar N en forma de ion amonio, lo absorben principalmente bajo la forma de nitrato.

La mayoría del amonio es oxidado a iones nitrito gracias a un grupo de bacterias (*Nitrosomonas*); luego los iones de nitrito son oxidados por otro grupo de bacterias (*Nitrobacter)* a iones nitrato (PLASTER, 2000).

El nitrato puede ser capturado por las plantas y microorganismos, lo cual hace completar el ciclo del N: de la materia viviente, a la materia orgánica muerta, luego, de ésta a amonio, del amonio a nitrito, de éste al nitrato, para pasar finalmente a formar parte nuevamente de la materia orgánica viva.

Sin embargo, el N también puede volver nuevamente a la atmósfera en un proceso conocido como "desnitrificación", en donde algunos nitritos han sido transformados a N gaseoso ($N_2$) gracias a la acción de algunas bacterias. Estas bacterias tienen la propiedad de ser anaerobias, al usar nitrato en lugar de oxígeno, por lo que este proceso ocurre más rápidamente en suelos húmedos (PLASTER, 2000).

**Ciclo del azufre**

Aún cuando el azufre (S) es conocido por ser un nutriente secundario, su presencia es de gran relevancia en las plantas, ya que forma parte de algunas proteínas y es necesario para producir la clorofila; además, ayuda en la nodulación de las leguminosas, así como también en la formación de las semillas. La materia orgánica contiene entre un 70% y 90% de S del suelo, pero la mayoría de este elemento proviene de la meteorización de ciertos minerales, como el yeso. El anión sulfato es la forma más usada por las plantas y no es adsorvido ni fijado, aunque es fácilmente lixiviado, por lo que, normalmente, las capas superficiales de perfil edáfico presentan una menor concentración de este elemento (PLASTER, 2000).

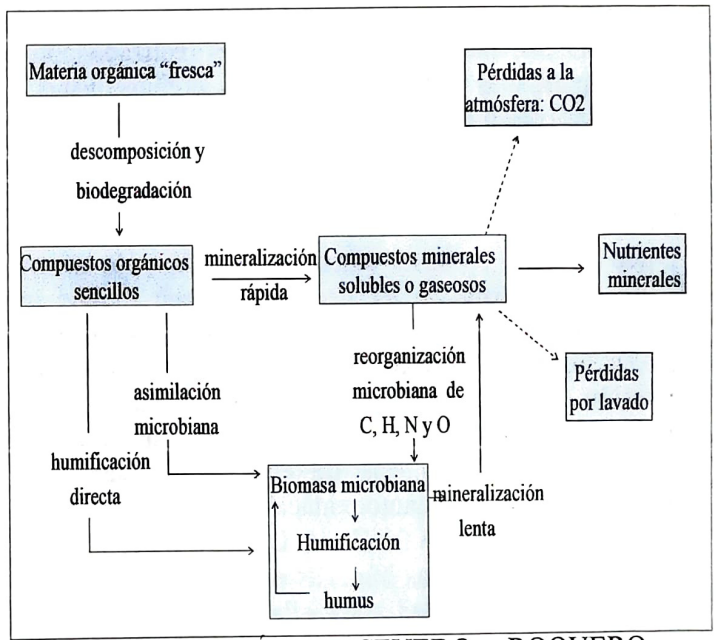
El S también puede estar presente en la atmósfera, bajo la forma de ácido sulfhídrico ($H_2S$) o como dióxido de azufre ($SO_2$), este último es generado mayormente en las zonas urbanas, a través de la combustión del carbón mineral y del petróleo. Cuando en la atmósfera se combinan compuestos del S con el agua, se forma ácido sulfúrico ($H_2SO_4$) y éstos compuestos son, generalmente, absorbidos por las gotas de la lluvia al caer, fenómeno que se conoce como "lluvia ácida"; aunque también, parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera. Es por esto que los suelos con un alto contenido de materia orgánica o los situados cerca de los centros industriales, son menos propensos a la escasez de este elemento.

## 3. DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

Los restos de plantas pueden definirse como polímeros de compuestos orgánicos y, pueden ser llamados como materia orgánica "fresca" o materia orgánica "lábil", ya que están transformados de forma incompleta y no forman parte integral del suelo, pudiendo ser separados mecánicamente de éste. Bajo factores ambientales (climáticos), edáficos y biológicos, serán sometidos a un proceso de transformación en el medio edáfico (LABRADOR, 1996).

En primer lugar, los restos orgánicos, tal como la biomasa vegetal que queda en suelo, sufren una destrucción mecánica y física por la acción de la fauna y microorganismos. Estos componentes orgánicos, que fueron producto de una descomposición parcial, se conocen como "materia orgánica no humificada" y están conformados de moléculas orgánicas complejas o materiales orgánicos de elevado peso molecular, como polisacáridos y proteínas; es decir, de la biomasa vegetal y animal senescente y, de la biomasa microbiana (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Luego de esta destrucción mecánica, se produce la degradación o descomposición de las moléculas orgánicas complejas a compuestos orgánicos más simples, como azúcares y aminoácidos. Este proceso tiene lugar gracias a la acción de ciertos microorganismos del suelo y se conoce como biodegradación (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993) (Figura 4).




(Fuente: PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

FIGURA 4. Descomposición de la materia orgánica.

Parte de estos compuestos orgánicos sencillos pasarán al proceso de mineralización, el cual se realiza bajo la acción de los microorganismos y fauna del suelo, que producto de la acción de sus jugos digestivos y enzimas, transforman los compuestos orgánicos a formas inorgánicas solubles o gaseosas, como dióxido de carbono e ión amonio. Pero también, parte de los compuestos orgánicos pueden sufrir un proceso inverso a la mineralización, conocido como "inmovilización de nutrientes", especialmente nitrógeno. Estos nutrientes son captados por los microorganismos del suelo y llegan a formar parte de

su biomasa, por lo cual se dice que están sólo temporalmente inmovilizados, pues, luego serán reincorporados a los compuestos húmicos (LABRADOR, 1996).

Por otra parte, los compuestos orgánicos sencillos que no se mineralizan inmediatamente, son sometidos al proceso de humificación, proceso que por medio de complejas reacciones químicas y bioquímicas, de resíntesis y polimerización darán origen a macromoléculas con algún grado de condensación, conocidas como sustancias húmicas (LABRADOR, 1996).

En la humificación participan reacciones de tipo químicas (como oxidación, condensación y polimerización), procesos de tipo biológicos y procesos de síntesis microbiana (FLAIG, BEUTELSPACHER, RIETZ, 1975). En cuanto a la polimerización, ésta puede deberse tanto por la catálisis biológica, es decir, acción enzimática, como por catálisis química. Esto último es realizado por ciertas partículas del suelo como las arcillas. Estas moléculas recién formadas sufrirán reacciones internas de oxidación, así como también combinaciones con otras moléculas, por lo que estarían pasando por un proceso de maduración (TATE, 1987).

Al comienzo de la formación de sustancias húmicas, en la superficie de los tejidos vegetales existe la invasión de los organismos saprófitos, produciéndose paralelamente cambios bioquímicos en dichos tejidos, pues, ocurre una síntesis de enzimas, ruptura de membranas celulares, autooxidación y polimerización de compuestos de tipo fenólicos. Luego de todos estos procesos, las sustancias húmicas resultantes presentan una alta heterogeneidad entre ellas, esto debido a la complejidad de los compuestos de la materia orgánica prima, a la acción de los microorganismos, a las reacciones químicas que ocurren y a las distintas condiciones del medio como humedad, temperatura, aireación y pH (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Entre las características de estas sustancias húmicas, están la de no presentar características físicas ni químicas específicas, como un punto de fusión concreto o una composición química definida; son de color oscuro, presentan carga negativa, con propiedades coloidales, son de carácter ácido, dominantemente aromáticas, hidrofílicas, de elevado peso molecular, muy complejas en sus estructuras y son relativamente oxidados. Estos compuestos orgánicos presentan mayor estabilidad que la materia orgánica que se presentaba inicialmente en el suelo. Es decir, estos compuestos húmicos presentarán una mayor resistencia a la biodegradación (TATE, 1987) y posterior mineralización (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Según PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO (1993), bajo el término "humus" se incluye, además de las sustancias húmicas de estructuras no específicas; los productos de la destrucción mecánica y física de la biomasa vegetal, animal o microbiana (compuestos orgánicos complejos como proteínas y carbohidratos), como también a los materiales orgánicos sencillos como aminoácidos y glucosas. De esta manera, se indica que estas sustancias no húmicas pueden estar libres, formando parte de la materia orgánica no humificada, o pueden estar formando parte de la estructura de las sustancias húmicas. Sin embargo, otros autores sólo utilizan el término humus para referirse a las sustancias húmicas; por lo que sólo se incluye a los componentes orgánicos que han adquirido una forma estable hacia la biodegradación (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Los compuestos húmicos también sufrirán un proceso de mineralización, conocido como mineralización secundaria la cual, en general, es más lenta a causa de los complejos enlaces que poseen los componentes minerales de arcillas y óxidos (LABRADOR, 1996).

Si bien, los polisacáridos no son sustancias húmicas como tales, al presentar estructura química específica, representan una fracción importante del humus. Esto debido a que pueden representar entre un 10 a un 30% del humus, e intervienen en la formación de agregados del suelo, produciéndoles una mayor estabilidad; ya que son muy resistentes a la biodegradación (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Según PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO (1993), el proceso de humificación puede diferenciarse entre humificación directa, esto quiere decir de compuestos orgánicos sencillos, como unidades de azúcares o aminoácidos, a sustancias húmicas; y una humificación lenta, desde la biomasa microbiana (nutrientes inmovilizados) a sustancias húmicas. En ambos casos, se obtiene como producto las sustancias húmicas.

Estas sustancias húmicas son, como se ha mencionado, muy resistentes a la biodegradación por su mayor complejidad estructural, pero además esta resistencia es debida a la unión que contraen las sustancias

húmicas con la fracción mineral del suelo (LABRADOR, 1996).

Según LABRADOR (1996), la destrucción de las sustancias húmicas mediante técnicas analíticas, permite obtener cuatro fracciones operativas de sustancias húmicas: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, ácidos himatomelánicos y huminas. Estos distintos tipos de fracciones son el resultado de los métodos de extracción y separación; y cada fracción de sustancia húmica tendrán diferente reactividad en el suelo dadas a que poseen características heterogéneas en cuanto a grupos funcionales y tipos de uniones con diferentes núcleos.

Por lo tanto, existen técnicas disponibles que pueden ayudar al conocimiento de las estructuras de las sustancias húmicas, en cuanto a sus grupos funcionales, para tener una mejor comprensión de su comportamiento en el suelo (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

## Factores que influyen en la velocidad de descomposición de los rastrojos

La descomposición de los rastrojos va a depender de una serie de factores del ambiente edáfico, de factores inherentes al rastrojo y factores de manejo (MATURANA y ACEVEDO, 2003).

Dentro de los factores del medio edáfico están la temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes, microflora y fauna del suelo, entre otros.

### Temperatura

Según BORIE y RUBIO (1990), temperaturas más bien frías ocasionan un retardo en el proceso de mineralización de la materia orgánica, mientras que en períodos calurosos lo acelera. Esto es corroborado por FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), quienes indican que cada microorganismo transformador de la materia orgánica tiene una temperatura óptima; la mayoría de los hongos presentan un adecuado desarrollo entre los 20 a 25°C, en cuanto a las bacterias, éstas necesitan un rango de temperatura que va desde los 30 a los 50 °C.

### Humedad.

Los microorganismos del suelo necesitan del agua para su desarrollo, ésta puede provenir de los mismos rastrojos, o bien directamente del suelo (LABRADOR, 1996), por lo que condiciones cercanas a capacidad de campo son muy favorables para la formación de humus (BORIE y RUBIO, 1990). Según LABRADOR (1996), el contenido de humedad óptimo para la correcta dinámica de la transformación de la materia orgánica es de 60% de la humedad equivalente.

### Reacción ácida y alcalina (pH).

El proceso de humificación está directamente relacionado con este parámetro, ya que además de afectar el desarrollo de los microorganismos del suelo, determina la naturaleza de la población vegetal, es decir, el tipo de rastrojo que se estará descomponiendo. La mayor parte de la población microbiana no toleran un pH menor a 4.5 ni uno mayor a 8.5 (BORIE y RUBIO, 1990). Un pH demasiado ácido, disminuye la velocidad de transformación de la materia orgánica, por lo tanto el pH óptimo varía entre 6 y 7.2, esto debido a que la mayor parte de la población bacteriana se desarrollan de mejor manera con un pH neutro o levemente alcalino, mientras que los hongos pueden presentar un desarrollo favorable con rangos más amplios de pH (LABRADOR, 1996).

### Presencia de sustancias inhibidoras.

Niveles elevados de aluminio, magnesio, selenio, cloro, sales solubles y fitotoxinas pueden inhibir la descomposición de los rastrojos y la formación de humus (MATURANA y ACEVEDO, 2003). Además, algunos microorganismos del suelo pueden sintetizar ciertos metabolitos tóxicos, tal como algunos antibióticos, los que pueden afectar a otros miembros de la población microbiana. Por otra parte, los exudados radicales de ciertas plantas pueden inhibir o favorecer la acción de ciertos microorganismos; por ejemplo, la producción de taninos hidrosolubles elaborados por ciertos vegetales, bacterias nitrificantes y bacterias fijadoras de nitrógeno, pueden inhibir el proceso de humificación (LABRADOR, 1996).

### Tipos de microorganismos presentes en el suelo.

Según MATURANA y ACEVEDO (2003), las bacterias anaeróbicas son las menos eficientes en

descomponer los rastrojos, las bacterias aeróbicas presentan valores intermedios en descomposición y los hongos son los más eficientes en dicho proceso.

**Aireación.**

Los organismos de mayor importancia en la transformación de la materia orgánica son aeróbicos, por lo que necesitan del aire para su subsistencia y desarrollo. Es por esto que condiciones de pobre aireación del suelo, producto de la degradación de su estructura o saturación de agua, entre otras, atrasan la descomposición de los restos orgánicos, siendo muy lenta su transformación (FASSBENDER, 1972).

**Presencia de determinados nutrientes.**

Los requerimientos de macro y micro nutrientes son prácticamente los mismos en la población microbiana que en las plantas. El efecto del nitrógeno en la transformación de la materia orgánica es de gran relevancia, por lo que es frecuente que los materiales orgánicos se encuentren clasificados según la cantidad que presenten de este elemento (URBANO TERRÓN, 1988)

**Naturaleza de los rastrojos.**

Los restos orgánicos de los vegetales, como se ha visto, presentan diferentes composiciones químicas. Por lo anterior, la secuencia de degradación no es uniforme y, además, algunos componentes pueden ejercer acciones tanto positivas como negativas sobre aquellos microorganismos responsables de la humificación. Por ejemplo, un factor positivo para este proceso, es la cantidad de nitrógeno que presente la planta, esto es representado por la relación C/N y la cantidad de compuestos hidrosolubles (como los polisacáridos); también el contenido de sustancias activadoras pueden estimular a los microorganismos.

Entre los factores negativos se puede mencionar los compuestos de tipo fitotóxicos presentes en algunos restos orgánicos, tales como resinas, ceras, polifenoles, los cuales pueden hacer demorar la degradación de las proteínas; otro factor negativo es la elevada cantidad de lignina presente en los restos vegetales. Por lo tanto, es usual que, en el caso de restos forestales, se hable de "vegetación mejorante" cuando se trata de especies con una relación foliar C/N menor de 25, es decir, hojas no muy lignificadas y ricas en nitrógeno, como el olmo, el álamo, la encina, el aliso y el fresno; y de "vegetación acidificante" cuando se trata de especies con una relación C/N mayor a 50, con alto contenido de lignina y lípidos, como las especies resinosas y ericáceas, las que tienden a originar humus poco evolucionados (LABRADOR, 1996).

En general, la velocidad de descomposición disminuye de acuerdo al siguiente orden: azúcares y aminoácidos; proteínas; celulosas y, en último lugar, las ligninas (MATURANA y ACEVEDO, 2003).

**Clima.**

El clima determina el tipo de vegetación existente en un lugar, así como también el desarrollo de la misma. La vegetación climácica estará determinada tanto por la temperatura como por las precipitaciones imperantes de la zona y, a la vez, tendrán una directa relación con los procesos de edafogénesis y con los de formación de humus (LABRADOR, 1996).

## 4. IMPORTANCIA Y FUNCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS AGROECOSISTEMAS

En suelos agrícolas o de cultivos, es frecuente que no se valore de manera correcta el vital papel de la materia orgánica, por tener menor contenido de ésta y porque habitualmente se considera que los fertilizantes químicos pueden reemplazar su papel actuando con mayor rapidez (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Sin embargo, lo anterior no está del todo correcto, ya que la función de la materia orgánica sobre el medio edáfico va más allá que aportar nutrientes esenciales para la planta, en especial nitrógeno y, está relacionado con tener una visión más global del suelo, entendiéndolo como un ecosistema complejo (LABRADOR, 1996).

De esta manera el concepto "fertilidad de suelo"implica, además de aportar elementos nutritivos, el tener la capacidad de mantener de forma perdurable un nivel de producción alto, es decir, mantener una fertilidad del suelo a largo plazo, junto con establecer mecanismos complejos de interacciones bióticas y abióticas y conservar la estructura del suelo, todo en

función de un equilibrio dinámico (LABRADOR, 1996).

La materia orgánica, además de suministrar energía y nutrientes, interviene en la formación y estabilidad de agregados gracias a la acción de las sustancias húmicas, polisacáridos, células microbianas y micelios de hongos (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

Según PLASTER (2000), la fertilidad del suelo es la capacidad de éste para suministrar nutrientes a la planta, comportándose como un almacén de elementos nutritivos. Entonces, el concepto de fertilidad incluye además de la cantidad de nutrientes que posee el suelo, la protección que tienen éstos respecto a la lixiviación, su disponibilidad y con qué facilidad funcionan las raíces presentes en el medio edáfico.

La materia orgánica, tiene la importante misión de almacenar los elementos nutritivos y hacer que estén disponibles, mejorando la fertilidad del suelo.

En general, la materia orgánica determina la productividad del suelo debido a su influencia sobre las características físicas del mismo, sobre los procesos químicos y sobre las actividades biológicas que acontecen en él (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

## Sobre las propiedades físicas del suelo

### El color.

La tonalidad oscura del suelo se le atribuye normalmente a la cantidad de humus que éste posea y está en directa relación con la cantidad de calor absorbido o reflejado por el suelo. Según URBANO TERRÓN (1988), los suelos ricos en humus, pueden calentarse más y mantener un régimen térmico más estable, ya que se sabe que los suelos oscuros pueden absorber hasta un 80% de radiación solar. Las temperaturas que presente el suelo son importantes para los microorganismos que viven en él, de acuerdo al grado de tolerancia de los mismos. Al oscurecer el suelo de climas templados, fomenta su calentamiento y, por ende, promueve una mejor germinación y un aprovechamiento más fácil del agua (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

### La cohesión.

Esto se refiere a la resistencia de los agregados del suelo. Las sustancias húmicas actúan como cemento de unión entre los minerales haciendo más intensos los enlaces que unen a los constituyentes del suelo. Esto beneficia tanto a los suelos arcillosos como arenosos, ya que en el primer caso los hace más porosos existiendo una mejor aireación y drenaje, y en el segundo caso les da una mayor compactación y estabilidad de sus agregados (LABRADOR, 1996). Al mejorar la aireación de los suelos, se ayuda a un mejor crecimiento y funcionamiento de las raíces que aprovechan más eficazmente el agua (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

### La estabilidad estructural y prevención de la erosión.

La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura (e indirectamente actúa sobre todos los parámetros relacionados con ella, como la circulación de agua y aire, entre otros) y protege al suelo frente a acciones degradativas como erosión eólica e hídrica. Al tener una mayor cantidad de materia orgánica sobre el suelo, se evita que se escape superficialmente menos agua, pues ésta se infiltra más rápidamente (PLASTER, 2000). Al disminuir la mojabilidad de sus agregados se reduce la disgregación de las partículas del suelo e igualmente evita su encostramiento, facilitando las labores agrícolas. En esta formación de agregados hidroresistentes, también, participan las raíces de las plantas (por acción mecánica y por exudados), metabolitos procedentes de microorganismos y lombrices de tierra (LABRADOR, 1996). El aumento de la materia orgánica en un suelo de 1 a 3% puede reducir la erosión entre un tercio a un quinto, por lo que una cantidad igual de materia orgánica perdida, incrementaría la erosión (PLASTER, 2000).

### Sobre la permeabilidad y la capacidad de retención de agua.

La materia orgánica hace que el suelo tenga una mejor porosidad y aumenta la actividad de la fauna edáfica, manifestándose en grietas y galerías en el suelo. Lo anterior favorece la permeabilidad del suelo al agua y al aire. Además, los compuestos húmicos presentan una elevada hidrofilia, es decir, capacidad para retener agua (LABRADOR, 1996). Según URBANO TERRON (1988), esto último ayuda a reducir pérdidas

por evaporación en períodos cálidos y almacenar más agua en períodos más húmedos.

## Sobre las propiedades químicas del suelo

### Suministro de elementos nutritivos.

Los aportes de materia orgánica son de gran importancia para el mantenimiento de la fertilidad del suelo a largo plazo (PORTA, LÓPEZ-ACEVEDO y ROQUERO, 1993).

La materia orgánica provee grandes y diversas cantidades de elementos al suelo; sin embargo, se debe recordar que ésta es una forma intermedia de almacenaje ya que la liberación de los nutrientes dependen del proceso de descomposición de ella. Se dice que es una forma intermedia de almacenaje, ya que algunos elementos pueden liberarse de manera bastante rápida (como ocurre con aquellos provenientes de la materia orgánica fresca), mientras que otros se liberan de manera más lenta (como los provenientes del humus) (PLASTER, 2000).

La biomasa de origen vegetal puede proveer seis de los macronutrientes esenciales para la planta, ya que a excepción del potasio, estos elementos (el nitrógeno, el calcio, el magnesio, el fósforo y el azufre) forman parte de los materiales que conforman el volumen de un vegetal. De estos macronutrientes, es importante destacar el nitrógeno, ya que del 97 al 99% de este mineral del suelo se encuentra en la materia orgánica (PLASTER, 2000).

Las entradas al sistema de nitrógeno en el suelo, si se excluye la fertilización mineral, provienen únicamente de los residuos orgánicos de los cultivos o de la vegetación natural, los cuales son mineralizados por la biomasa de microorganismos presentes en el suelo, pudiendo entonces estar disponibles para las plantas bajo su forma inorgánica. La cantidad de este elemento suministrado por la naturaleza sin la ayuda humana, puede no satisfacer las necesidades de una cosecha, lo que hace que sea necesaria una fertilización nitrogenada para incrementar el pool de este elemento en el suelo. Sin embargo, según RODRÍGUEZ (1993), alrededor de un 15% del nitrógeno del fertilizante es inmovilizado en la biomasa microbiana.

Por lo anterior, se deduce que el balance del nitrógeno del suelo se equilibra más bien a largo plazo, y tiene directa relación con la dinámica del carbono en el suelo, ya que de éste dependerá si el nitrógeno estará disponible o será inmovilizado en los cuerpos de los microorganismos, o finalmente, formará parte de las sustancias húmicas (LABRADOR, 1996). Casi todos los microorganismos son heterótrofos con respecto al carbono para su sobrevivencia, por lo cual una alta proporción de lignina en un sustrato limita la cantidad de carbono para el microorganismo y, consecuentemente, se limita la mineralización (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

### Reacción ácida y alcalina (pH).

La materia orgánica humificada hace que se aumente el poder tampón del suelo, controlando los cambios bruscos de pH. Lo anterior influye directamente sobre la vida microbiana (influyendo indirectamente sobre la mineralización), la disponibilidad y toxicidad de los distintos tipos de nutrientes, sobre el desarrollo de las plantas, entre otros. (LABRADOR, 1996).

### La capacidad de intercambio catiónico.

Esta capacidad depende del complejo adsorbente que se trate, sea arcilla o sustancias húmicas. En cuanto a estas últimas, gracias a que presentan numerosos grupos funcionales (COOH, OH, etc.) tienen una alta capacidad de intercambio y, en consecuencia, de adsorción de nutrientes como calcio, magnesio, sodio, potasio, ión amonio, etc. (LABRADOR, 1996). Esta propiedad adquiere una mayor importancia para los suelos de textura arenosa o los muy antiguos que presentan arcillas con poca capacidad de intercambio y baja retención de cationes (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

### Disponibilidad de nutrientes mediante la formación de sustancias orgánicas.

La materia orgánica al descomponerse, libera ácidos orgánicos que pueden disolver minerales del suelo que no están disponibles para las plantas (PLASTER, 2000). Esto sucede con el fósforo, elemento que tiende a formar compuestos insolubles, por lo que no puede moverse ni ser absorbido por las plantas; entonces, para que el fósforo esté disponible los ácidos orgánicos actúan sobre ellos. Otros elementos también pueden formar compuestos insolubles cada vez que reaccionan con ciertas sustancias, este es el caso del hierro y el zinc. Ambos elementos pueden ser protegidos por moléculas del humus, pues éstas

pueden formar un anillo alrededor del átomo de metal, este proceso se conoce como "quelación" (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

## Sobre las propiedades biológicas del suelo.

### Asegura la producción de dióxido de carbono.

Según KONONOVA (1982), la manera más importante de reponer el dióxido de carbono en el suelo es regulando los procesos de descomposición de la materia orgánica fresca. El desprendimiento de este gas en el medio edáfico hace acidificar el suelo y favorece la solubilidad de ciertos compuestos minerales, con lo cual los hace más disponibles para las plantas (LABRADOR, 1996).

### Estimulación de la actividad biológica y el desarrollo vegetal.

Se ha demostrado que en suelos activos, es decir, suelos en donde existe una adecuada cantidad de restos orgánicos, se pueden encontrar una alta variedad de compuestos benéficos para las plantas, como vitaminas, fitohormonas y antibióticos, los cuales proceden tanto de la transformación de los restos vegetales como de la actividad microbiana. Las sustancias húmicas también ejercen acción sobre las raíces, activando el metabolismo vegetal y microbiano, ya que aumenta la permeabilidad de las membranas, eleva el contenido de clorofila e intensidad de respiración, produciendo un consumo más intenso de los nutrientes; según, GROS (1986), los efectos de la fertilización mineral pueden aumentar del 10 al 15% si existe, además, materia orgánica en el suelo (LABRADOR, 1996).

### Regulación del estado oxido-reductor del medio.

Los ácidos húmicos pueden facilitar la respiración radicular de las plantas cuando están bajo la forma de "humatos" (sales del ácido húmico) (LABRADOR, 1996). Además, indirectamente, la materia orgánica al mejorar las propiedades físicas del medio edáfico, está favoreciendo la respiración de las raíces y germinación de las semillas (URBANO TERRÓN, 1988).

### Mejoramiento del intercambio gaseoso.

Dentro de la ecología del suelo, dos son los gases que juegan un rol importante: el oxígeno, que condiciona la respiración de las raíces y organismos que habitan en él, y el dióxido de carbono, proveniente de la actividad respiratoria de las plantas y microorganismos, el cual es imperioso para que los organismos autótrofos puedan realizar sus síntesis orgánicas (DUCHAUFOUR, 1984). La materia orgánica humificada, como se ha mencionado, actúa positivamente sobre los parámetros físicos del suelo, es decir, mantiene una estructura porosa sobre éste; lo que indirectamente, también favorece a la difusión gaseosa entre la solución del suelo, la atmósfera del suelo y la atmósfera exterior. Además, se beneficia a la población aerobia que habita en el medio edáfico (LABRADOR, 1996).

### Almacenamiento de nutrientes y agua.

El humus, al ser una partícula extremadamente pequeña con carga negativa en su superficie, puede adsorver tanto a los nutrientes, como al agua. Además, la materia orgánica puede almacenar nutrientes como parte de su propia composición, siendo necesaria la acción de los microorganismos del suelo para descomponerla y liberar los elementos inorgánicos presentes en ella. Como ya se ha mencionado, de estos elementos se destaca el nitrógeno, pues, la mayoría de éste se encuentra almacenado en la materia orgánica. En cuanto al almacenamiento de agua, tanto la materia orgánica fresca como el humus pueden absorber hasta seis veces su propio peso en agua (PLASTER, 2000).

## Efectos no deseados

Cuando ocurre la descomposición de la materia orgánica en el suelo puede provocar dos efectos negativos. El nitrógeno proveniente de los rastrojos puede ser inmovilizado por los organismos del suelo, por lo tanto, lo deja no disponible para las plantas. Otro efecto es que ciertas plantas durante su descomposición pueden liberar sustancias tóxicas que pueden dañar a otras plantas (PLASTER, 2000).

## 5. INSERCIÓN DEL RASTROJO AL SUELO

Según INTEC (1998), excluyendo su uso como fuente de alimento para el ganado, existen dos maneras de tratar estos compuestos orgánicos transformados en residuos: el proceso biológico y el tratamiento térmico. En el primer caso, de manera general, existen dos grandes alternativas, que son aquellos procesos para la producción de biogas (tratamiento microbiológico anaeróbico), y el compostaje (tratamiento microbiológico aeróbico para la producción de fertilizantes orgánicos); en cuanto al tratamiento térmico, el principal es la incineración para la producción de energía eléctrica o calor para calefacción. Se menciona también que los residuos orgánicos deben ser reaprovechados predilectamente en su forma elemental (reinsertarlos en los ciclos biológicos), y sólo los residuos que no se puedan aprovechar, deben ser adecuadamente sometidos a tratamientos térmicos adecuados (HIRCSH-REINSHAGEN y GRONAUER, 2002).

Actualmente, en Chile, se emplea masivamente y casi exclusivamente los fertilizantes químicos sintéticos para las producciones agrícolas; además, todavía existen malas prácticas en este sector, como lo son la quema de rastrojo. Lo anterior ha conllevado a una pérdida importante de la fracción orgánica en el medio edáfico, traduciéndose en una pérdida de sus características físicas, químicas y biológicas. Tanto el depósito de estos residuos orgánicos en basureros, como su incineración, además de producir mayores riesgos para el medio ambiente, malgastan el contenido de nutrientes presentes en la materia orgánica (INTEC, 1998).

Teniendo en cuenta el concepto más amplio de lo que anteriormente se describió como fertilización, y sabiendo que muchos de los desechos de naturaleza orgánica y rastrojos producidos por la misma agricultura, se pierden al tirarlos e inclusive al quemarlos, se hace imperativo tomar en cuenta que estos compuestos de naturaleza orgánica pueden ser reincorporados al sistema utilizándolos como fertilizantes naturales.

La reducción o eliminación de fertilizantes y pesticidas químicos debe ir acompañada con el desarrollo de nuevas técnicas que permitan la permanencia de forma sustentable del sistema en el tiempo, aportando adecuados niveles de nutrientes y disminuyendo la presencia de plagas, enfermedades y malezas en suelos de cultivo.

Existen variadas alternativas para reincorporar los compuestos de origen vegetal dentro del sistema agrícola. Según LABRADOR (1996), para determinar la forma de mantener los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo, se debe estudiar una serie de variables, como lo son: el comportamiento y las características de los suelos, las condiciones climáticas y ambientales imperantes, las posibles rotaciones de cultivos (en la que los aportes excedentarios de unos pueden compensar el déficit de otros), la facilidad para conseguir aportes orgánicos, la posibilidad de mantener sistemas mixtos "agroganaderos", la situación socioeconómica del agricultor, entre otras.

### Compost.

La técnica de compostaje representa, una de las alternativas más eficientes de utilización de residuos orgánicos, pues permite, además de reducir la contaminación con residuos, aplicar importantes volúmenes de materia orgánica al suelo comportándose, por tanto, como mejorador de éste (CÉSPEDES, 2004).

La fabricación del compost es una técnica milenaria y ha sido un aporte complementario económico, de alta calidad y de fácil disposición de suplementos orgánicos. El proceso de compostaje, en épocas anteriores, era un proceso lento y, en algunas ocasiones, su calidad no era la adecuada. En el presente esta práctica ha sido recuperada y perfeccionada por los actuales productores orgánicos; sin embargo cada vez son menos los agricultores que realizan esta actividad en sus fincas, aumentando, por otro lado, el compostaje a nivel industrial de residuos sólidos urbanos (INTEC, 1998).

El compostaje no hace otra cosa que imitar las transformaciones que ocurre con la materia orgánica en el suelo de un bosque. "Compost" es un término que incluye el producto que resulta del proceso de compostaje, y es el resultado de una fermentación aerobia de los residuos orgánicos; este término, se define según INTEC (1998), como "la descomposición biológica aeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas". Esto ocurre dentro de un ambiente en donde intervienen la microfauna y microflora del suelo, presentándose a su vez, condiciones específicas de temperatura, aireación, humedad, pH y nutrientes. El producto resultante está compuesto principalmente de materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, está libre de patógenos y de semillas de plantas (INTEC, 1998).

Para este proceso se puede incluir una gran variedad de sustratos orgánicos de diversa procedencia y muy heterogéneos en su composición, eso si, similares en tamaño. Toda clase de residuos orgánicos pueden servir para la fabricación del compost: residuos agrícolas, forestales, ganaderos, urbanos sólidos y líquidos, restos de alimentos, de agroindustrias entre otros. La materia que no se puede, o mejor dicho, que no debe ser sometida a procesos de compostaje, son los restos de plantas enfermas, residuos de carne, así como también cualquier desecho que posea una alta cantidad de grasa (INTEC, 1998).

El compostaje ejecutado en el medio rural se realiza desde hace años, utilizando los restos vegetales y desechos animales (estiércol); sin embargo, ha representado una buena alternativa para el manejo de la basura domiciliaria, ya que 50% de ésta la constituye la fracción orgánica, fracción que puede ser utilizada, de manera controlada, en instalaciones industriales (INTEC, 1998).

Diversos trabajos han demostrado que el compost o los abonos orgánicos pueden producir acciones positivas sobre los suelos de cultivo y pueden llegar a ser una alternativa como controlador de plagas y enfermedades de las plantas, al beneficiar a los organismos que actúan como controladores biológicos, reduciendo de esta manera el riesgo que envuelve el uso de los plaguicidas. El compost de buena calidad además, es un buen reemplazante de la "tierra de hoja", lo que puede, de alguna u otra manera, ser una alternativa de socorro para el daño causado por el proceso erosivo producto de la extracción de la tierra de hoja (INTEC, 1998).

Las ventajas del compost son:

- Tiene alta capacidad de retención de agua.
- Es mejorador del crecimiento de plantas y puede utilizarse en jardines o terrenos de cultivos, pudiendo ser un excelente reemplazante de la tierra de hoja.
- Puede agregar elementos esenciales al suelo como los fertilizantes químicos sintéticos, pero a diferencia de ellos, no nitrifica ni acidifica el suelo.
- Mejora la textura, estructura y aireación del suelo; en suelos arcillosos aumenta su porosidad, dejándolos más livianos y en suelos arenosos aumentan su capacidad de retención de agua.
- Se genera un aumento en el arraigamiento de las plantas.
- Permite controlar la erosión.
- Ayuda a contribuir materia orgánica al suelo y a su recuperación.
- Ayuda a reducir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, ya que a parte de ellos les ofrece un destino útil.
- Al aprovechar los residuos existentes en cada zona, optimiza los recursos existentes en cada una de ellas.
- Representa una alternativa para aportar materia orgánica a los suelos del sector agrícola y comercial que necesitan de dicho material.

**Proceso de compostaje.**

El compostaje se caracteriza por ser un proceso biooxidativo, es decir, existe una fermentación aerobia y debe haber un condicionante biológico. Es un proceso biológico termofílico en donde la materia orgánica sufre una descomposición debido a la acción de microorganismos aerobios como ciertas bacterias, protozoos, hongos, ácaros, entre otros, los cuales pueden encontrase tanto en el suelo (CÉSPEDES, 2004) como en desechos. Por lo tanto, para que este proceso funcione hace falta que ciertas condiciones ambientales sean cumplidas para iniciar su actividad de descomposición.

De manera general, durante el proceso de compostaje, el medio debe ser húmedo, temperado y aireado.

Según CÉSPEDES (2004), es indispensable que exista control de ciertos parámetros para que exista un ambiente que favorezca el desarrollo de los microorganismos aeróbicos deseados. Estos son los llamados "factores críticos" del proceso; a continuación se procederá a explicar cada uno de ellos.

***Humedad.***

Este es un factor que influye de manera importante en la población microbiana, y su valor ideal debe fluctuar entre los 40 y 60% (INTEC, 1998).De modo que si se trata de desechos de baja humedad, debe realizarse un riego inicial con el objeto de obtener el valor óptimo de este parámetro (CÉSPEDES, 2004) También, la mezcla inicial de los materiales a compostar, es de gran ayuda para aumentar o disminuir el nivel de humedad inicial hasta un nivel adecuado (INTEC, 1998).

***Aireación.***

Este factor condiciona el proceso de fermentación de los residuos, ya que si el compost deja de tener aire, se pasa de una fermentación aeróbica a anaeróbica, actuando un grupo diferente de microorganismos dentro del medio. Bajo estas condiciones anaeróbicas se generan otros productos, como lo son ciertos ácidos orgánicos, metano, que pueden producir olores desagradables (INTEC, 1998). Para que se forme un medio aeróbico, se debe manejar el tamaño de las partículas del material que será comportado para que se formen los espacios adecuados para la circulación del aire; por otro lado si la aireación es excesiva, se perderá calor del material, produciéndose una baja de la temperatura del medio (CÉSPEDES, 2004).

***Temperatura.***

Ésta es manejada por los microorganismos del proceso, pues la energía que se produce en el compostaje no sólo es utilizada para que ellos puedan desarrollarse, también esa energía puede liberarse como calor, mejorando de esta manera las características del medio. Entonces, a medida que se desarrolla el metabolismo de los microorganismos, se aumenta el calor del medio, por lo que la temperatura se transforma en un buen indicador de la evolución del proceso. La temperatura aumenta entre los 35°C hasta los 70°C; más allá se esta temperatura los microorganismos mueren e incluso en la medida que el medio se esteriliza, puede generar malos olores. Por lo tanto las altas temperaturas pueden ejercer un proceso de sanitización con los organismos patógenos, además pueden destruir semillas de malezas, esporas de hongos y algunas fitotoxinas. Más allá de los 70°C de temperatura, gran parte de los microorganismos mueren, incluso aquellos que son beneficiosos para la compostación; además, en la medida que el medio se esteriliza, puede generar malos olores. Para evitar lo anterior se recomienda realizar lecturas frecuentes de la temperatura, pues si sobrepasa los 70°C, el compost debe ser volteado (INTEC, 1998).

***Relación carbono/nitrógeno.***

Se refiere a la cantidad relativa de estos dos elementos en el suelo. Los organismos del suelo durante su crecimiento utilizarán el carbono, el nitrógeno y otros nutrientes disponibles en los residuos. Si la relación C/N de un compuesto orgánico es elevada, va a dominar, en primer lugar, el proceso de inmovilización, debido al desarrollo de la población microbiana muy activa que consume, además de C, el N, pudiendo producirse lo que se conoce como "hambre de N" (HONORATO, 2000). Esta relación C/N es determinante para que ocurra el proceso de descomposición de los materiales, ya que para que los microorganismos puedan lograr aprovechar la energía encerrada en forma de carbono en los tejidos a descomponer, requieren de un nivel de nitrógeno que les pueda permitir sintetizar sus propias proteínas y formar su citoplasma. Cuando existe menos carbono (es decir, una baja relación C/N), el nitrógeno puede perderse como amoníaco y producirá malos olores, ya que los microorganismos no tienen suficiente carbono para utilizar todo el nitrógeno disponible. Por otro lado, si el carbono está disponible en mayores cantidades, se requerirá más tiempo para completar el proceso, haciéndolo de esta manera, ineficiente. Por lo tanto, la relación C/N es un indicador de la velocidad del proceso y de la evolución del humus formado. La mezcla de materias primas idealmente debería tener una relación C/N entre 25 y 35 (CÉSPEDES, 2004). Sin embargo otros autores proponen distintos rangos de valores, según sala, la relación más adecuada está entre 15:1 a 30:1.

Para tener una adecuada mezcla de materiales se debe tener en cuenta los materiales que conformaran la materia prima del compost. El carbono es generalmente aportado por aquellos residuos no muy lignificados, como las hojas secas, la paja, la hierba seca, y también restos leñosos como los residuos de poda, de serrerías, entre otros. Además, la mezcla debe ser rica en partes jóvenes de la planta que aporten carbohidratos, como residuos de hortalizas, hierbas verdes, orujos de frutas, etc.; tiene que contener materiales rico en nitrógeno que sean fácilmente asimilables como lo son los restos de leguminosas, residuos de origen animal, entre otros.

***Acidez de la materia en el proceso (pH).***

Al igual que la temperatura, el pH es un parámetro que varía dentro del proceso de compostaje. El pH inicial es de cinco a siete, sin embargo durante los primeros días de compostaje, éste cae a cinco o menos, debido a los ácidos orgánicos simples; por el contrario, la temperatura sube debido a la actividad de los organismos mesófilos. Luego de tres días aproximadamente, se llega a la fase termófila y el pH sube de 8 a 8.5.

Para que se realice un compost de buena calidad se debe tener en cuenta ciertas indicaciones; primero, se debe favorecer la descomposición aerobia de los residuos orgánicos sólidos, para esto debe existir una adecuada aireación; posteriormente se debe realizar una buena mezcla de los materiales a comportar, esto con el fin de que los agentes de descomposición (bacterias, hongos y actomicetes), puedan disponer de una adecuada fuente de alimentos (INTEC, 1998).

De manera general, el compostaje puede realizarse por dos vías diferentes. La primera se conoce como el "método natural" y puede durar entre tres a cuatro meses para que concluya el proceso. En este proceso, los residuos son dispuestos en pilas, las cuales pueden tener variadas formas y la aireación ocurre gracias al volteo que se realiza periódicamente a través de equipos especiales o manualmente. El siguiente método es el "método acelerado", el cual puede durar de dos a tres meses ya que la aireación ocurre a través de tuberías perforadas y sobre ellas se coloca las pilas del material orgánico; también la aireación puede producirse a través de reactores rotatorios, y dentro de ellos se introducen los residuos orgánicos los que avanzarán en contra la corriente de aire (INTEC, 1998).

Existen variadas técnicas de compostaje, las cuales difieren en su manejo, aunque el rendimiento del producto es prácticamente el mismo. Estas técnicas varían en relación a la condición de aireación, el período de volteo y la calidad deseada en el producto final. Para seleccionar cuál técnica se adecua más para un determinado caso, se deberá tener en cuenta ciertos criterios, los que se basan en la inversión, el funcionamiento, la disponibilidad de terreno, la complejidad operacional y el potencial para la generación de problemas medioambientales (INTEC, 1998).

En el proceso de compostaje ocurren dos fenómenos principales. En primer lugar, ocurre una fermentación aerobia intensa de la materia orgánica fresca, descomponiéndola hasta el estado de compost "fresco"; este proceso ocurre a altas temperaturas (50-70°C). Posteriormente, ocurre una fermentación menos sostenida, conocida como la etapa de maduración, en donde el compost fresco se transforma en un compost "maduro", rico en humus, es decir, se conduce, a menor temperatura (35-45°C) a la biosíntesis de los compuestos húmicos gracias a los microorganismos. (ONU, 1997).

El proceso de compostaje está conformado por diferentes etapas o fases, las cuales están en directa relación con la variación de temperatura del montón.

**Fase mesófila.**

Los microorganismos mesófilos son los que inician el proceso de compostaje. Estos microorganismos se desarrollan mejor en un rango de temperatura que va desde los 10 y los 45°C, y producen la descomposición de los materiales más fácilmente utilizables por ellos. En esta fase ocurre una intensa actividad microbiana, ya que por medio de su metabolismo se libera energía y la temperatura del medio aumenta velozmente (CÉSPEDES, 2004).

**Fase termófila:**

Como vimos, la actividad microbiana comienza a temperatura ambiental, pero a medida que aumenta la actividad de los microorganismos la temperatura también se incrementa. Es por esto que los microorganismos mesófilos son reemplazados por los termófilos, los cuales actúan sobre los 45°C de temperatura. En esta fase también se genera calor debido a la mineralización del carbono orgánico, pudiendo llegar incluso a los 70°C. Con las altas temperaturas es posible destruir a los organismos patógenos y a las semillas de malezas que pudieran provenir de lo residuos. Además, se descomponen los polímeros de celulosa y lignina, y los compuestos fitotóxicos. Las temperaturas altas se mantienen hasta que disminuye el oxígeno para los microorganismos; es por esto que se debe airear el material mediante volteos, ya sea con equipos desarrollados para este efecto ó, manualmente con una pala si los volúmenes son pequeños (CÉSPEDES, 2004).

**Fase de enfriamiento.**

Durante esta fase las temperaturas bajan gradualmente hasta aproximadamente los 40°C, pese a los volteos. Por lo anterior, la tasa de descomposición decrece (CÉSPEDES, 2004).

**Fase de maduración.**

Los microorganismos mesófilos colonizan nuevamente el material. El compost entra a la etapa de maduración y es posible ver cierta fauna edáfica en él, como las lombrices de tierra. La descomposición de los materiales orgánicos continúa hasta que se forman las sustancias biológicamente estables, como los son las sustancias húmicas (CÉSPEDES, 2004).

**Características de un compost de calidad**

Al término del proceso, el compost maduro deberá cumplir con ciertas condiciones de carácter químico, físico y biológico (INTEC, 1998).

***Características químicas*:**
El producto terminado debe estar libre de toxinas (fitotoxinas, pesticidas, herbicidas y fungicidas), además, no debe poseer metales pesados o bien, con valores traza; su pH final debe ser neutro o levemente alcalino. El cuanto a los nutrientes, nitrógeno, fósforo y potasio, éstos deben estar en forma disponible para la planta, al igual que los micronutrientes como calcio, cobre etc.

***Características físicas:***
El compost final debe estar libre de cuerpos extraños tales como metales, papeles, plásticos y vidrios. Su temperatura no debe variar, bordeando los 35°C; su textura debe ser granulosa, de color café oscuro similar a la tierra de hoja, y con una humedad sin saturación.

***Características biológicas:***
El producto final debe estar libre de patógenos, sanitizado, pero con la presencia de aquellos microorganismos benéficos que le darán vida al suelo, una vez que sea incorporado.

En términos generales, un compost de calidad debe cumplir con estas características:

- Su aroma debe ser agradable
- En el producto final no es posible reconocer los materiales con los que se inició el compostaje (existiendo, entonces, una completa degradación de la materia orgánica)
- Su apariencia final es semejante a un suelo oscuro, granuloso y rico en minerales.

**Estudio de caso**

***Antecedentes generales.***
A continuación, se procederá a describir algunos experimentos de compostaje hechas con variados tipos de rastrojos, dentro de los cuales destacan aquellos provenientes de la poda de árboles nativos y frutales, realizadas en el predio "Forestal San Lucas", sector de San Francisco de Pelumpén, comuna de Olmué (32° 59′ L.S. – 71° 16′ L.O.), ubicada en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Según VALENZUELA (1995-1996), dentro de la comuna se Olmué, existen sectores bien localizados en donde se manifiestan actividades de subsistencia, como la extracción de tierra de hoja.

El bosque esclerófilo de la Provincia Templada Secoestival Nubosa, está siendo profundamente degradado debido a diferentes causas, dentro de las cuales destaca la extracción de tierra de hoja con fines comerciales (JORQUERA, 1998). Esta cosecha se realiza en función a la facilidad de acceso a las áreas de acumulación de este recurso natural, según FLORES y KRÖGH (1994), generalmente, donde más se acumula este recurso, es bajo el dosel del bosque en sectores de mayores pendientes y alejados de los caminos. Estos mismos autores también señala que las zonas más erosionadas de Chile y, por ende, de mayor fragilidad, se encuentran en la Cordillera de la Costa y precordillera Andina, las que han sido afectadas de la tala de su vegetación nativa y de la extracción de su horizonte orgánico, debido al consecuente efecto disgregador de la lluvia sobre el suelo desnudo, sin protección del bosque; además de los efectos de la quema, pastoreo de animales y extracción de tierra de hoja, sin control.

Bajo el supuesto de que el compost de árboles nativos puede ser un excelente reemplazante de la tierra de hoja, se analizó químicamente una muestra procedente de dicho compost para compararlo, posteriormente, con algunos parámetros químicos de una muestra de tierra de hoja comercial, realizada por JORQUERA (1998).



FIGURA 5a. Disposición de pilas de compostaje de diferentes fuentes, en Olmué. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)

***Materiales y Método.***

Las pilas de compostaje se realizaron con diversos materiales provenientes del mismo predio, de la poda de los limoneros (ramas, hojas y frutos) (Figura 5c), de los cercos o encierras de *Acacia capense* (Figura 5d) y de la poda del cortafuegos realizado hace algunos años, proveniente de los árboles del boque nativo hallado en el predio, destacándose el Boldo *(Peumus boldus)*, Peumo *(Criptocaria alba)*, Litre *(Lithareae caustica)*, Quillay (*Quillaja saponaria*), entre otros (Figura 5b). En estas pilas, la primera capa se conformó por el material más grueso (como las ramas de mayor densidad), con un grosor de 30 cm, la segunda capa se formó con 10 cm de guano y la tercera capa estuvo compuesta de material de poda con 20 cm de grosor; posteriormente se siguieron alternando las capas entre 20 y 10 cm hasta que se llegó a 1 m de altura, aproximadamente, finalmente las pilas se sellaron con un plástico por encima de ellas más una capa de tierra. En el caso de la pila de árboles nativos, por ejemplo, la primera capa (de 30cm) se formó con los restos de bosque de ramas más gruesas (material chipeado), luego se colocó una capa de guano (de alrededor 10 cm de grosor) y así se siguió sucesivamente alternando las capas, entre 20 cm, de material proveniente de la poda de los árboles nativos, y 10 cm de guano, hasta llegar a la altura de 1 m; con un largo de 30 m, aproximadamente y un ancho entre 90 cm y 1,5 metros (Figura 5a).

Para determinar la calidad final de compost de bosque nativo, se tomó una muestra proveniente de una pila de compostaje, de hace aproximadamente un año de edad, con el producto final ya estabilizado, y se procedió a determinar a través del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.



FIGURA 5b. Compostaje de poda de árboles nativos, en Olmué. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

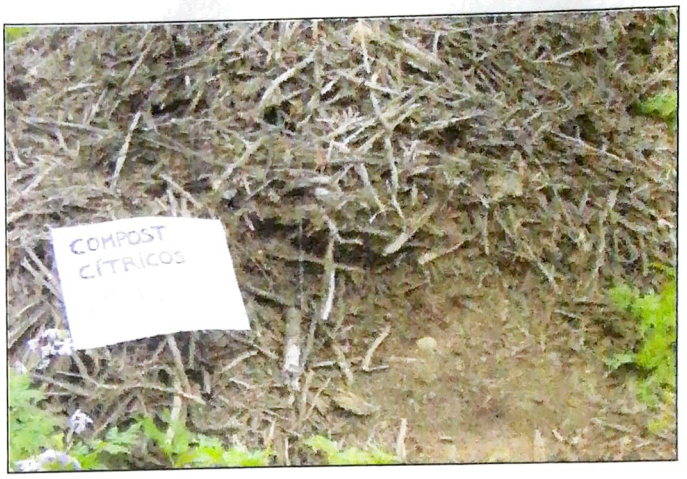



FIGURA 5c. Compostaje de poda de cítricos, en Olmué. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)




FIGURA 5d. Compostaje de *Acacia capense,* en Olmué. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)

FIGURA 5. Pilas de compostaje.

***Resultado y Discusión***

De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de compost de árboles nativos presentó un 33% de materia orgánica, si bien no superó a lo hallado con la tierra de hoja comercial (41,46%) (JORQUERA, 1998), es un valor bastante elevado; además, presentó un pH de 7,95, valor que se encuentra dentro del rango normal para un compost que se destine a ser comercializado, el cual puede fluctuar entre 6-9, según la O.M.S (1985). Finalmente, se destaca la presencia de su capacidad de intercambio catiónico (39,6 cmol/kg), además de gran disponibilidad de nutrientes, destacándose entre ellos el potasio (2.673 mg/kg).

Por lo tanto, se puede concluir que el compost realizado con los materiales de la poda de árboles nativos puede ser una buena alternativa para

reemplazar a la tierra de hoja, ya que aportan un porcentaje considerable de materia orgánica a las plantas, pudiéndose obtener todos los beneficios que ello implica, es decir, se aportan elementos nutritivos que necesitan, así como también mejora las propiedades del suelo en que se sustentan, todo lo cual conllevará a un mejor crecimiento de ellas.

## Abonos verdes

Se define como "abono verde" aquel en que se utilizan cultivos de rápido crecimiento, con el objeto de ser cortados y enterrados en el mismo sitio en donde fueron sembrados. Esta práctica se realiza para mejorar las propiedades del suelo, ya que se enriquecerá con un humus joven de rápida evolución, con sustancias nutritivas y sustancias fisiológicamente activas, así como también ayudará a la mantención de los microorganismos del suelo (LABRADOR, 1996).

Según FASSBENDER y BORNEMISZA (1987), con los abonos verdes se mejora el ciclo de la materia orgánica y de los elementos químicos del medio edáfico; se favorecen las propiedades físicas del mismo, es decir, la aireación, absorción, retención de agua, entre otras. Estimulan la actividad biológica del suelo, mejorando la estructura del mismo, al existir la acción mecánica de las raíces, los exudados radicales, la formación de sustancias pre-húmicas por la descomposición de estos abonos, y la acción directa de los microorganismos, como micelios de los hongos (LABRADOR, 1996).

Además con los abonos verdes pueden producir los siguientes efectos:

- Se limita el desarrollo de malezas o malas hierbas, a causa directa de la cubierta vegetal y de manera indirecta, ciertos abonos tienen el poder desherbante, como es el caso de el alforfón (*Fagapyrum esculentum*) y la facelia (*Phacelia tanacetifolia*).
- Se protege al suelo contra la erosión y desecamiento o encostramiento, mejora la circulación del agua, durante el desarrollo vegetativo.
- Con la mantención del medio más húmedo, se asegura una mejor descomposición de las pajas de cereales, se mantiene una relación C/N más óptima y, se activa los microorganismos del suelo.
- Durante la descomposición de los abonos, se libera o se sintetizan sustancias orgánicas fisiológicamente activas, que tienen una acción favorable sobre el crecimiento de los vegetales, además les otorga más resistencia al parasitismo.
- El uso de abonos verdes provenientes de la familia *Leguminoseae* enriquecen al suelo con nitrógeno, dada la capacidad que tienen estas plantas de fijar este elemento. Además, se impide en buena medida, su lixiviación, como también la de otros elementos (LABRADOR, 1996).
- Pueden ser utilizadas asociadas a frutales, controlando el crecimiento de malezas y de ciertas enfermedades (*Rhizoctonia sp.)* por exceso de humedad y manchas por tierra en frutos de cítricos (*) (Figura 6).



FIGURA 6. Cultivo de *Citrus cinensis* sin cobertura vegetal, fruta sucia post-lluvia, posible pudrición, en Quillota, Estación Experimental La Palma. (Fotografía: Fernando Cosio).

**(*) CAUTÍN, R. Ingeniero Agrónomo. 1997. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.**

El valor como fertilizante del abonado verde va a ser variado, pero, en general, por cada tonelada de abono verde que se entierra, se aporta en promedio unos 40 kg de humus al suelo. En cuanto a las plantas leguminosas, éstas, como se mencionó anteriormente, aportarán N al medio edáfico, dentro de un rango que varía en promedio entre 40 a 80 kg de N/ha, dependiendo del tipo de suelo, la intensidad de inoculación con las bacterias, si se trata de la especie adecuada etc. (URBANO TERRÓN, 1988). Según LABRADOR (1996), son tres familias de plantas que se utilizan mayormente para los abonos verdes: las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas.

Al ocupar leguminosas para la realización de abono verde, se estará incorporando una gran cantidad de materia orgánica y de nitrógeno en el suelo. Las más usadas en América Latina, son la alfalfa (*Medicago sativa*), el trébol rosado (*Trifolium pratense*), el melilotus (*Melilotus sp.*).Además, se pueden utilizar el lupino (*Lupinus sp.*), las habas (*Vicia faba*), entre otras. Estas plantas, según el mismo autor, son frecuentes que puedan ser cultivadas en mezclas con cereales u otras gramíneas (LABRADOR, 1996).

En cuanto a las plantas de la familia *Gramineae*, como se ha mencionado, éstas se siembran la mayoría de las veces, en asociación con leguminosas. La razón, es que se puede obtener una mayor masa vegetativa, en contraste si se sembraran las leguminosas solas, por lo que se ocupará de una manera más óptima el terreno. Según LABRADOR (1996), entre las especies gramíneas que se utilizan se destacan: el centeno (*Secale cereale*), la cebada (*Hordeum vulg*are), ballica italiana (*Lolium multiflorum*) y pasto Sudán (*Sorghum vulgare var. sudanensis*).

Finalmente, las crucíferas son altamente utilizadas como fuente de abono verde, debido tanto a su rápido desarrollo, lo cual facilita las labores cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos; además, presentan un desarrollo radical muy profundo, por lo cual pueden obtener de mejor manera los minerales del suelo y hacer que éstos estén mayormente acumulados en las partes aéreas de las plantas, las que serán nuevamente devueltas al suelo. Las especies más utilizadas está el nabo forrajero (*Brassica napus*), el rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*), entre otras (LABRADOR, 1996).




FIGURA 7a. Cultivo de corta duración de *Brassica napus L.* (Fotografía: Thomas Schöpke)



FIGURA 7b. Cultivo de larga duración, pastura de rotación de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*). (Fotografía Carol Wijnant).



FIGURA 7c. Cultivo de cítricos intercalado con avena (*Avena sativa*), en Quillota, Estación Experimental La Palma. (Fotografía: Fernando Cosio)

A la hora de elegir qué especie usar como abono verde, se debe tener en cuenta ciertas características de la planta, como su velocidad de crecimiento, la cantidad de residuos que produce, sus requerimientos nutritivos, sus requerimientos de suelo (textura y pH), su rusticidad, su capacidad desherbante, su grado de compatibilidad con el cultivo anterior o posterior en una rotación, entre otros. (LABRADOR, 1996).

Habiendo escogido la o las especies a utilizar como abono verde, es necesario tener en cuenta ciertos manejos a la hora del establecimiento de éstas, entre otras cosas, se debe saber que la densidad de siembra para el abono verde es mayor que para el cultivo (50 a 60% más), además, se debe incorporar al suelo cuando haya alcanzado un estado avanzado de madurez, preferiblemente en la floración y debe ser incorporado superficialmente luego de tres a cuatro días después de su corte (dependiendo del clima y del tipo de residuo).

Para el corte del abono verde puede utilizarse una máquina picadora de restos de cosecha ó también un arado de discos, este último, además de picar la vegetación producirá un pequeño volteo a la tierra. Finalmente, cuando los restos alcancen un estado de mayor descomposición, son mezclados en los primeros 10 a 15 cm. del suelo con la ayuda de un cultivador (LABRADOR, 1996).

Se pueden adoptar diferentes prácticas de siembra y establecimiento si se desea establecer la técnica del abonado verde dentro de un sistema productivo. A continuación se hará referencia a algunas de ellas.

- El cultivo de corta duración. Se establece el abono verde entre cultivos que han dejado prematuramente libre el suelo. Se siembra en cortos períodos de tiempo, por lo que se debe escoger especies que presenten rápido crecimiento (generalmente pertenecientes a la familia de las crucíferas), además hay que tener en cuenta que se debe mantener una alta sincronización en la rotación de los cultivos (LABRADOR, 1996) (Figura 7a).



FIGURA 7d. Cultivo de cítricos intercalado con leguminosas *(Trifolium alexandrinum)*, en Quillota, Estación Experimental La Palma. (Fotografía: Fernando Cosio)



FIGURA 7e. Cultivo de cítricos intercalado con pradera natural, en Quillota, Estación Experimental La Palma. (Fotografía: Fernando Cosio)



FIGURA 7f. Cultivo de cítricos intercalado con gramíneas *(Dactylis glomerata)*, en Quillota, Estación Experimental La Palma. (Fotografía: Fernando Cosio)



FIGURA 7g. Cultivo de manzanos (*Malus pumila*) intercalado con *Bromus sp.*, en Quillota, Estación Experimental La Palma. (Fotografía: Fernando Cosio)

- El cultivo de larga duración. Dentro de este sistema, el abono verde se trabaja como un cultivo más que forma parte de una rotación, o puede también servir de intercalado entre cultivos de larga duración, como por ejemplo, entre frutales (Figuras 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g). En esto último, generalmente, se utilizan mezclas de diferentes plantas, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y edáficas que imperan en el medio para la selección de las especies. En el caso de utilizar el abonado como un cultivo de la rotación, en general, se suele sembrar leguminosas o mezclas de plantas leguminosas con crucíferas (LABRADOR, 1996).

- La siembra intercalada o "sobresiembra" (Figuras 7h, 7i, 7j, 7k). Esta práctica consiste en sembrar una o más especies de plantas, generalmente de baja estatura como tréboles, entre líneas de cultivos de cereales ya crecidos. Al realizar esto, se está protegiendo el suelo, se controla las malezas y, además, luego de la cosecha, se fertiliza con los restos de abono verde que han sido triturados más el rastrojo de la cosecha y suelo. Las especies utilizadas para este abono verde deben presentar ciertas características, como lo son: tener una rápida germinación, un gran desarrollo radical, ser de bajo tamaño (que no superen los 30 cm. de estatura), no presentar un crecimiento muy abundante de masa verde y, finalmente, presentar un normal desarrollo en mezcla con las otras especies (LABRADOR, 1996; COSIO, 1999).



FIGURA 7i. Siembra intercalada de trigo con trébol subterráneo *(Trifolium subterraneum)* más falaris *(Phalaris aquatica)*, en Estación Experimental Hidango, INIA, Rapel. (Fotografía: Fernando Cosio)



FIGURA 7j. Siembra intercalada de trigo con trébol subterráneo *(Trifolium subterraneum)* más falaris *(Phalaris aquatica)* en Estación Experimental Hidango, INIA, Rapel. (Fotografía: Fernando Cosio)

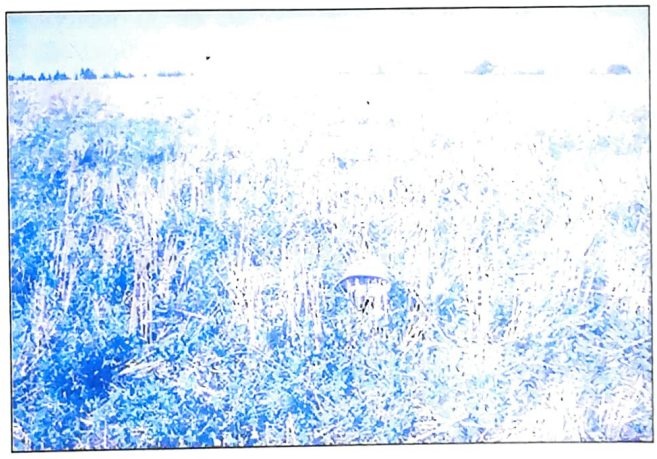


FIGURA 7k. Siembra intercalada de trigo con alfalfa *(Medicago sativa)*, al voleo, en Curicó (Fotografía: Fernando Cosio)

FIGURA 7. Tipología de Abonos verdes

## Acolchado

El acolchado (también conocido como "mulching") es una técnica que consiste en cubrir el suelo o hilera de plantación, con material predominantemente orgánico, para proteger y fertilizar el medio edáfico. (LABRADOR, 1996).

La práctica del acolchado puede ser utilizada tanto para horticultura y arboricultura como también en sistemas cerealistas, en estos últimos se utiliza el rastrojo propio como acolchado. El acolchado debe realizarse cuando la tierra tenga una temperatura más bien caliente, a partir de la primavera, y debe renovarse a lo largo del período estival en función a la velocidad de descomposición que presente (LABRADOR, 1996).

Según ELLENA y ROMBOLA (2000), esta técnica agrícola ha sido poco difundida en nuestro país, pese a los beneficios que le confiere a los árboles y a la vegetación en general.

Entre las ventajas del acolchado se pueden mencionar: (ELLENA y ROMBOLA, 2000)

- Disminuye las pérdidas por evaporación, favoreciendo la conservación de la humedad, beneficiando en especial a los cultivos de secano.
- Se aumenta la cantidad de materia orgánica sobre el suelo si se utiliza un acolchado de origen orgánico.
- Aumenta la actividad de los microorganismos del suelo, mejora la mineralización de la materia orgánica y existe un control más eficaz de malezas, todo gracias al aumento de temperatura del suelo. En cuanto al control de malas hierbas, éste puede deberse al efecto "mulching" en sí (cobertura del suelo) o, por un efecto alelopático, que ejercerían ciertas plantas de cobertura. (TEASDALE, 1991).
- Puede actuar sobre determinados fitopatógenos, por si mismo o indirectamente por el aumento de enemigos naturales (CATIOZONE y MERIGGI, 1994).
- Favorece la condición de la estructura del suelo, además de mejorar sus condiciones térmicas e hídricas, todo lo cual se traduce en una mejor actividad de la microflora y, en consecuencia, en una mayor disponibilidad de nutrientes en el estrato superior del suelo.

Además, con la cobertura vegetal se favorece la protección del terreno contra la erosión, tanto eólica e hídrica, pues como se mencionó, se mejora la estructura del suelo estabilizando los agregados superficiales tanto por la acción mecánica y exudado de las raíces, como por un aumento en la presencia de organismos del suelo, todo gracias al aporte orgánico en sí de la cobertura. Una mejor estructura puede también favorecer la infiltración del agua, disipa la energía de impacto de las gotas de lluvia en el suelo y reduce la evaporación del agua en el mismo (SMITH, FRYE y VARCO, 1987).

En cuanto a los nutrientes, el acolchado vegetal, puede aportar nitrógeno orgánico, ya sea por el propio residuo que deja, o por fijación atmosférica, o impidiendo su lixiviación en períodos de lluvia. También impide indirectamente la pérdida por erosión del fósforo fijado en la fracción coloidal; puede y, además, al aumentar la actividad microbiana del suelo, puede favorecer el desarrollo de micorrizas, hongos que forman una relación simbiótica con las raíces de las plantas, quedando éstas mejor preparadas para la absorción de fósforo (CATIOZONE y MERIGGI, 1994; PLASTER, 2000).

El acolchado de naturaleza orgánica puede estar constituido de paja de cereales, aserrín, acículas de coníferas (ELLENA y ROMBOLA, 2000), heno, helechos, hierba joven, matas y hojas de hortalizas, restos de cosecha, en general, compost de textura gruesa, piedras, gravas y papeles (LABRADOR, 1996). Al usar material orgánico, se debe tener en cuenta que deben ser periódicamente reintegrados para garantizar su eficacia (ELLENA y ROMBOLA, 2000).

Su espesor puede variar en función al material de la cobertura que se trate y al tipo de suelo que deberá cubrir. Es de vital importancia, según LABRADOR (1996), que el acolchado de tipo orgánico, en especial heno, no aporte semillas de malezas y no se compacte, es decir, que permita pasar el aire y agua al medio edáfico (Figuras 8a, 8b).

Finalmente, se puede señalar que también existe una técnica de acolchado conocida como "mulch vivo", en la cual se utiliza como cobertura vegetal, especies ya implantadas en el terreno tales como leguminosas o mezclas. Esta práctica ha sido utilizada principalmente para frutales y cultivos hortícolas, sembrándolos intercaladamente sobre el "mulch vivo". Esta siembra intercalada también puede realizarse protegiendo las franjas en que están sembradas las especies hortícolas

con una capa de material orgánico, que puede provenir del "mulch vivo", de un abono verde, de paja, etc. (LABRADOR, 1996).

Cabe destacar que el uso de acolchado puede presentar ciertos inconvenientes, como lo son la aplicación reiterada de cobertura de naturaleza orgánica y, la dificultad que puede significar el realizar intervenciones localizadas de riego y fertilización, si es que no se cuenta con fertirrigación (ELLENA y ROMBOLA, 2000).



FIGURA 8a. Acolchado alrededor de plantas de tomate. (Fotografía: Lyn Phillips)



FIGURA 8b. Cultivo de trigo en mulch de heno de alfalfa. (Fotografía: Matthew Wiens)

FIGURA 8. Tipologías de Acolchado.

**Cero labranza**

Esta práctica representa una alternativa en el manejo agronómico de los suelos, cuando los rastrojos que generan las cosechas son bien utilizados en el mismo lugar en que se originan (CROVETTO, 2002).

Según CROVETTO (2002), ha sido un fenómeno a lo largo de nuestra historia nacional, el rechazar los rastrojos para facilitar las labores de siembra, traduciéndose entonces en quemas "legales" producidas a fines de verano y principios de otoño. Lo anterior no sólo conduce a una pérdida irremediable de la materia orgánica, sino también, significa el peligro de perder el control del fuego. Este mismo autor también destaca que en el país se incentiva más la quema de rastrojos que el uso racional de ellos, legislando el uso del fuego, pero que irían en desmedro de la tierra, el paisaje y el suelo, además de favorecer la mayor dependencia del uso de fertilizantes.

Tradicionalmente, los agricultores han quemado los rastrojos en sus tierras entre otras razones, por la dificultad que implica el enterrar las pajas que quedan luego de la cosecha, o la dificultad de mezclarlas con el suelo. Esto se hace evidente sobretodo con las pajas de los cereales menores, ya que además de su abundancia, su manejo se dificulta debido a sus efectos alelopáticos y a su reducida relación carbono-nitrógeno (CROVETTO, 2002).

Con estas prácticas de quemas de rastrojos, se elimina una protección natural del suelo, dejándolo desnudo y susceptible a los procesos erosivos, como lo son los impactos de gotas de lluvia sobre una superficie descubierta. Al tener suelos gravemente erosionados, se disminuye la productividad de los mismos, sin contar con que, paralelamente, al realizar la quema de los residuos de los cultivos se está aumentando paulatinamente la tasa de contaminación ambiental, por desprendimiento de dióxido de carbono.

La actividad denominada "cero labranza" es una de las variadas técnicas que surgen de la llamada "labranza conservacionista" y consiste en preservar el recurso suelo a través de la mínima o nula intervención en éste durante la preparación de la cama de semillas y manejo de malezas (MATURANA y ACEVEDO, 2003). Es decir, constantemente se siembra de forma directa sobre los rastrojos del cultivo anterior, sin remover el suelo con el uso de arados ni rastras (Figuras 9a, 9b, 9c).

Esta técnica surge como respuesta a la alarmante pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica producida con la labranza tradicional, la que se ha convertido en una práctica extractiva poco racional del medio edáfico. En ella, el arado corta e invierte los primeros centímetros de suelo con el fin de remover el medio edáfico e incorporar los rastrojos del cultivo anterior (SIERRA, 1990). Esta labranza tradicional disminuye, entonces, la productividad de los suelos de cultivo de nuestro país. Según BELLIDO (2003), en la zona de secano de la Cordillera de la Costa, entre la V y la VII región, existe actualmente cerca de un 63% de superficie (2 millones de ha) profundamente afectada por la erosión.

Es por esto, que actualmente en el mundo existen alrededor de 64 millones de hectáreas, aproximadamente, que están bajo la técnica de cero labranza (DERPSCH, FLORENTIN y MORIYA, 2000). En nuestro país, la superficie con este tipo de manejo correspondía en 1994 a alrededor de 95.000 ha, distribuyéndose entre la VIII, IX y X región (ROUANET, 1994). En el 2003, según ACEVEDO y SILVA (2003), se estima que corresponde a 200.000 hectáreas.

Inicialmente, la disponibilidad de nutrientes en el suelo es menor en el caso de la cero labranza que en la labranza tradicional, pero ésta, a medida que pasa el tiempo, va disminuyendo su disponibilidad, por lo que se puede decir que en la cero labranza existe una mayor disponibilidad total de nutrientes que la labranza tradicional (MATURANA y ACEVEDO, 2003). Al reducir los efectos ambientales provocados con las quemas, se compensa de manera significativa este bajo rendimiento inicial del sistema de labranza conservacionista, ya que se producirá la recuperación de los suelos, lo que a futuro se traducirá en mejores y más permanentes productividades (BELLIDO, 2003).

Al permitir que el rastrojo quede sobre el suelo, sin mayor intervención alguna sobre éste, se favorece una serie de ventajas: (MATURANA y ACEVEDO, 2003)

- Aumenta el contenido de materia orgánica en la superficie del suelo, acrecentando su contenido de nutrientes.
- Disminuye la erosión, sea hídrica o eólica, permitiendo mejorar la estructura del suelo y densidad aparente.
- Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo, aumentando la infiltración sobre éste por lo que se disminuye su escurrimiento superficial y pérdidas por evaporación; se disminuye el escurrimiento de agua creador de cárcavas y surcos (BELLIDO, 2003).
- Acrecienta la actividad de microorganismos en la zona radical.

Además, con este se producen otros beneficios extras, como disminución del tiempo de operación en el campo y de maquinaria, la siembra oportuna, mayor almacenamiento de agua y disminución de los costos por la reducción del uso de fertilizantes sin perjudicar el rendimiento (BELLIDO, 2003).

Esta práctica es recomendable para todo tipo de agricultor, sin embargo, es imperativo que se desarrolle concretamente en aquellas zonas donde existe una mayor susceptibilidad a la erosión de suelos, como aquellos del secano interior de la VII y VIII región, como también en secano de la Costa, en donde existe mucha pendiente, un escaso contenido de la materia orgánica (1.5 a 2.5 %) y, debido principalmente a sus bajos contenidos de nitrógeno y fósforo (BELLIDO, 2003).

Por último, cabe decir que nuestro país, debido a sus condiciones climáticas mediterráneas, existen bajas o nulas precipitaciones estivales que dificulta la descomposición de los rastrojos sobre el suelo. Además, los rastrojos pueden producir ciertos inconvenientes en las rotaciones de cultivo, como una mayor dificultad en el establecimiento de los cultivos, en el control de malezas y en el aumento de fitopatologías, como manchas foliares, todo lo cual estimula a que los agricultores quemen sus rastrojos (BELLIDO, 2003).



FIGURA 9a. Labranza de conservación, cultivo de soya creciendo entre rastrojo del cultivo anterior. (Fotografía: Natural Resources Conservation Service)



FIGURA 9b. Labranza de conservación, cultivo de maíz creciendo entre rastrojo del cultivo de la soya. (Fotografía: Iowa State University Agronomy Extension)



FIGURA 9c. Labranza de conservación, cultivo de soya creciendo entre rastrojo del cultivo de maíz. (Fotografía: Iowa State University Agronomy Extension)

## LOS RASTROJOS COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE GANADO

La ganadería rastrojera nace en la búsqueda de utilizar de forma eficiente y sustentable los residuos orgánicos generados por distintas actividades, para reinsertarlos en el sistema ganadero realizando un manejo integrado de las diferentes áreas.

Tradicionalmente, las rastrojeras han servido como una fuente valiosa en la alimentación del ganado, ya que han sido usadas para alimentar a los animales en las épocas más desfavorables, siendo un recurso de bajo costo, pero valioso, debido a las circunstancias estacionales del suministro. Con esto, además, se realiza la labor de recolección de los rastrojos y reincorporación de ellos en los ciclos biogeoquímicos del ecosistema; esto ocurre, especialmente, en los sistemas mixtos de producción, en donde existe un constante intercambio entre los cultivos y la ganadería, en un sistema de rotación de larga o corta duración.

A nivel zonal como predial, se generan una gran cantidad de recursos provenientes tanto de los cultivos anuales y hortícolas, de la chacarería, de las agroindustrias y de la industria forestal, que son desechados, pero que por su contenido en materia orgánica y minerales presentan cierto valor nutritivo, por lo que pueden servir como fuente alimenticia para el ganado, en especial para rumiantes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

De esta manera, se pueden obtener ciertos beneficios, como lo son: disminuir los costos ambientales, al evitar la quema de los rastrojos en el campo, abaratar los costos de producción del sistema alimenticio, disminuir la interdependencia con los pastizales (los que presentan períodos críticos de producción), así como también disminuir la interdependencia con los insumos tradicionalmente utilizados, (los cuales pueden presentar variabilidad de precio en el mercado y elevado costo en el transporte). El buscar otro recurso en la alimentación para rumiantes, también está en relación con la necesidad de una población que ha ido aumentando cada vez más a nivel mundial, exigiendo una mayor demanda por alimentos (granos) y, además, con el empleo de estos alimentos concentrados en sistemas energéticamente más eficientes, como los monogástricos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El uso de los rastrojos, puede ser utilizado de manera directa por parte del ganado presente dentro del potrero, o bien, se pueden recoger y alimentar con ellos a los animales en otro sector del predio o de la zona. El primer caso tiene como ventaja el ser de bajo costo, pero por la misma presencia del ganado existe grandes pérdidas y la suplemetación en este sistema se hace más difícil, aun cuando es posible suplementar en el potrero. En el segundo caso, a pesar de ser de mayor costo, permite un uso más eficiente del rastrojo ya que éste puede ser picado y mezclado con otros nutrientes para poder proporcionar a los animales una ración más balanceada, además, este sistema permite dejar limpio el campo para trabajarlo inmediatamente (CASTILLO, 1986) (Figuras 10a,10b,10c,10d).



FIGURA 10a. Rastrojera de trigo (*Triticum aestivum*) utilizada para bovinos, en "El Turco", cerca de San Antonio. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)

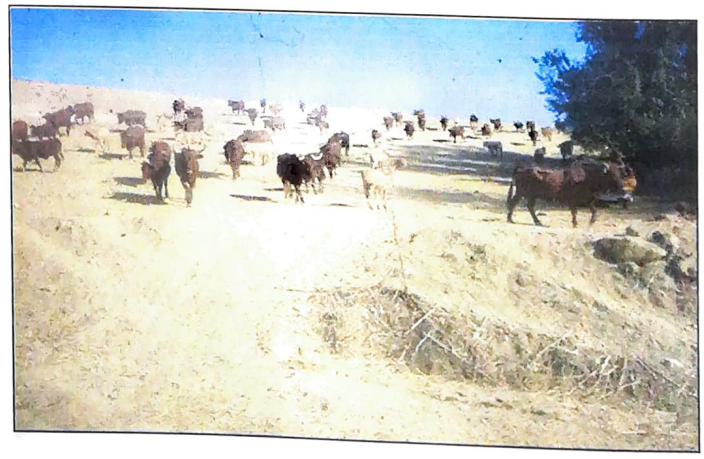


FIGURA 10b. Pastoreo de rastrojo de cereal en Almodóvar del Río; Córdoba, España. (Fotografía: Fernando Cosio)



FIGURA 10c. Pastoreo de rastrojo de cereales utilizados por bovinos Retinto; Córdoba, España. (Fotografía: Fernando Cosio)



FIGURA 10d. Rastrojo de *Zea mays* pastoreado por bovinos de leche en Limache (Fotografía: Pietro Canessa)

FIGURA 10. Uso del rastrojo en pastoreo.

## 1. RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE CULTIVOS ANUALES

**Residuos de la cosecha de los cultivos.**

La composición de los residuos de los cultivos de cereales, legumbres, chacarería e industriales, está básicamente conformada por tallos, pajas o cañas, hojas, envolturas de grano, tubérculos y raíces.

**Rastrojos de cereales y leguminosas de grano**

Los cultivos de cereales y leguminosas de grano van a generar como residuo una cantidad variable de paja; este volumen va a depender de la especie y variedad que se trate, así como también del tipo de cultivo (de riego o secano), del nivel de fertilización, entre otros factores. Sin embargo, según KOSSILA (1984), existe una cierta relación entre la cantidad de grano cosechado y la paja producida permitiendo, de esta manera, calcular el monto total de la paja generada en una determinada superficie (Cuadro 3).

CUADRO 3. Cuociente entre la producción de forraje cosechable y la producción de producto útil.

| Cultivo | Cuociente |
|---|---|
| Trigo | 0,60 |
| Cebada | 0,72 |
| Avena | 0,78 |
| Centeno | 1,20 |
| Sorgo | 2,40 |

(Fuente: KOSSILA, 1984).

De acuerdo a esto, en el año 1997 la paja proveniente de los cultivos de cereales y legumbres alcanzaba un monto de 3.000.000 de ton de MS, de las cuales un poco más de la mitad estaban disponibles para su uso en la producción animal. De este volumen, la mayor parte corresponde a la paja de trigo *(Triticum aestivum* L.*)*, representando un 66% del total (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Estos volúmenes de rastrojo equivaldrían a una producción anual de 225.000 ha de MS de pradera, con rendimientos de 8 ton de MS anual por ha. Sin embargo, este tipo de forraje está limitado en cuanto a su composición nutritiva y aceptación por el ganado. Además, se debe recordar que estas cifras son aproximativas, ya que existe gran diferencia entre estos recursos (KLEE, 1992).

Según CREMPIEN (1999), los rastrojos de trigo, constituidos por pajas y otros componentes como granos y otras plantas o malezas, constituyen un recurso de alta disponibilidad de materia seca, llegando desde cuatro hasta 7 ton/ha.

Desde tiempos remotos las pajas y cañas de cereales han constituido un recurso para la alimentación de animales, sin embargo en estos últimos años, su uso se ha ido restringiendo por diversas razones. Entre ellas, está la mayor tecnificación desarrollada en la producción animal, optando por razas de mayor exigencia y, por otra parte, la mayor separación espacial que existe hoy en día entre los sectores de cultivo y aquellos dedicados a la ganadería, traduciéndose en mayores costos en transporte de estos productos que son muy voluminosos y que, además, presentan bajas cantidades de elementos nutritivos. Sin embargo, a nivel de pequeño y mediano productor de ganado, las pajas siguen siendo un recurso importante para la alimentación de sus animales, sobretodo en períodos de alteraciones climáticas, como las sequías estivales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999; COSIO, 1999).

Hay que recordar que el aprovechamiento de estos rastrojos dentro del sistema de alimentación animal, va a estar condicionado por ciertos factores, como lo son la ubicación geográfica del predio, la topografía de éste y, en gran medida, el costo que significa el recoger y trasladar estos restos de cosecha (CASTILLO, 1986).

La ubicación geográfica del predio es importante ya que si éste se presenta en zonas áridas, en donde la disponibilidad de los rastrojos es baja, se hace antieconómico el proceso de recolección y posterior traslado para su uso, por lo que el uso directo en el potrero se hace más conveniente; por ejemplo, en Estados Unidos, se recomienda recoger y trasladar el residuo del potrero sólo cuando éste supere más de 1,5 ton de MS por ha, ya que al ser voluminosos se encarece el sistema por el costo de su transporte; por esta razón, muchas veces se hace conveniente aumentar la densidad de las pajas, en fardo o pellets (CASTILLO, 1986) (Figura 11).

La topografía del potrero también condiciona el uso de los rastrojos, ya que en aquellas áreas en donde existen quebradas y con pendientes se hace necesario dejar un remanente en el campo a fin de proteger el suelo de la posible erosión. Por otra parte, el traslado del rastrojo puede significar hacer un recorrido muy largo aumentando los costos (CASTILLO, 1986).

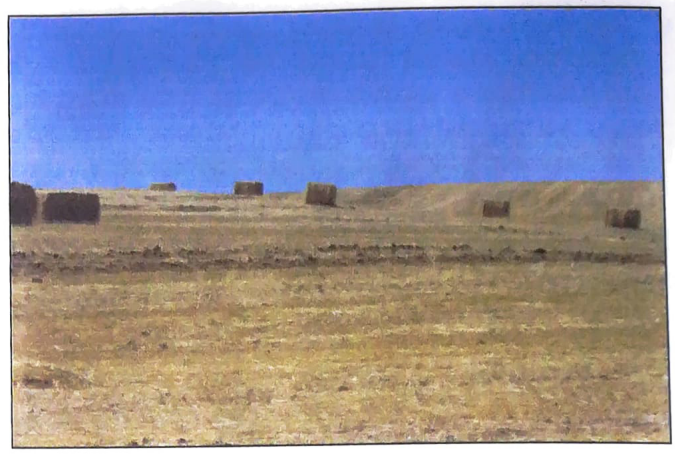


FIGURA 11. Fardos de Paja de trigo (*Triticum aestivum*) para la elaboración de humus para champiñones, en Santo Domingo. (Fotografía: Fabiola Aránguiz)

En el cultivo de maíz *(Zea mays L.),* se genera un gran volumen de biomasa aérea, del cual el hombre cosecha únicamente el 50% en forma de grano, quedando la otra mitad como residuo, compuesto de diversas estructuras como caña, hojas, limbos, entre otras. La cantidad de biomasa residual, a su vez, va a depender de si se produce maíz de grano o maíz de choclo, en el primer caso, se genera, de 20 a 35 ton/ha entre cañas, hojas, chalas y corontas, en el caso del maíz de choclo el residuo está compuesto por cañas y hojas, las que generan entre 16 a 25 ton/ha, existiendo finalmente, una disponibilidad potencial total entre 2 a 3.5 millones de toneladas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La producción y proporción de estos distintos componentes de residuo del cultivo de maíz van a depender de ciertos factores como de la variedad que se trate, el nivel de fertilización, el tipo de cultivar, entre otros (Cuadro 4).

CUADRO 4. Proporción de los diferentes componentes de una planta de maíz.

| Estructura de la planta | %del peso seco del maíz |
|---|---|
| Limbos o panoja | 12.0 |
| Tallos | 17.6 |
| Pedúnculos y chalas | 8.9 |
| Total caña | 38.5 |
| Coronta | 11.8 |
| Grano | 49.7 |
| Total espiga | 61.5 |

(Fuente: ALIBES, 1978).

**Valor bromatológico**

La paja que generan los cultivos, sobretodo aquellos provenientes de los cereales, presentan bajo valor nutritivo, pues poseen un bajo contenido de proteína y, además, presentan una pared celular muy lignificada, son muy fibrosos, actuando negativamente sobre la disponibilidad y aprovechamiento de los nutrientes por parte de los microorganismos ruminales (Cuadro 5). Las pajas son poco apetecidas y consumidas por los animales, sin embargo, este tipo de rastrojo puede constituir un recurso para situaciones de emergencia, más aún si se utilizan técnicas de tipo física, químicas o de adición de algún nutriente limitante para mejorar su digestibilidad y aprovechamiento. Además, las pajas pueden servir como un aporte de fibra, muy importante para la dieta, aunque debe recordarse que si la alimentación está sólo basada en este tipo de recurso, el animal, perderá peso (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

CUADRO 5. Composición química y digestibilidad de la materia seca de pajas de cereales (%).

| Tipo de paja | MS | PB | EE | FC | FDN | CEN | DMS | Ligni-na |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Paja de trigo** | | | | | | | | |
| Valor máximo | 94,00 | 4,50 | 0,9 | 44,6 | 84,40 | 8,0 | 52,70 | 11,7 |
| Valor mínimo | 85,00 | 3,20 | 0,5 | 37,0 | 44,10 | 6,8 | 38,58 | 8,5 |
| **Paja de cebada** | | | | | | | | |
| Valor máximo | 90,00 | 4,40 | --- | 45,2 | --- | 8,5 | 50,00 | --- |
| Valor mínimo | 85,00 | 4,00 | --- | 40,2 | --- | 4,4 | 45,40 | --- |
| **Paja de avena** | | | | | | | | |
| Valor máximo | 90,00 | 4,90 | --- | 41,4 | 46,90 | 6,0 | 49,00 | --- |
| Valor mínimo | 85,00 | 3,70 | --- | 37,1 | --- | 5,8 | --- | --- |
| **Paja de centeno** | | | | | | | | |
| Valor máximo | 85,00 | 3,80 | --- | 44,0 | --- | 3,6 | 44,00 | --- |
| Valor mínimo | 85,50 | 3,30 | --- | 35,2 | --- | --- | --- | --- |
| **Paja de arroz** | | | | | | | | |
| Valor máximo | ----- | 11,01 | --- | --- | 76,68 | --- | 42,33 | 9,2 |
| Valor mínimo | ----- | 3,00 | --- | --- | 72,98 | --- | 34,50 | 4,3 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Estos bajos niveles proteicos tienen relación con los componentes de las paredes celulares de los rastrojos, la lignina, celulosa y hemicelulosa, siendo bajos en degradabilidad y digestibilidad. Esto último también es favorecido por el elevado contenido de fenoles, los cuales se adhieren a los microorganismos del rúmen, disminuyendo así, su capacidad celulolítica, o sea su capacidad para desdoblar la fibra (ANTOGIOVANNI y SARGENTINI, 1991).

En cuanto a los niveles de energía metabolizable que aportan las pajas, estos son bajos debido al alto contenido de cenizas y porcentaje de pared celular que presentan, lo que promueve también su baja digestibilidad. Ninguna de estas pajas puede aportar por sí sola la energía suficiente para cubrir los requerimientos de mantención de un animal, siendo sus valores de reemplazo muy bajos si se comparan con henos y con granos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Sin embargo, el uso de forrajes toscos en la alimentación de rumiantes, como lo son las pajas de cereales y leguminosas, así como también la caña de maíz, puede servir como un aporte de fibra en la dieta. La fibra, o cantidad de pared celular en un alimento, tiene efectos importantes sobre su valor nutritivo, siendo muy necesaria en las raciones para estimular la ruminación (esencial para mantener la digestión y la salud del animal) y para evitar la depresión en porcentaje de grasa en la leche, especialmente cuando las vacas reciben elevadas cantidades de concentrados.

Estos recursos fibrosos, además, pueden servir para evitar problemas en vacas que pastorean, ya que al alimentar una vaca con este tipo de rastrojo antes de que salga a la pradera, de por ejemplo alfalfa (*Medicago sativa),* puede evitar el problema de meteorismo.

Tanto la paja como la caña de maíz, al ser pastoreadas directamente en el potrero, se permite que haya una mejor selección, por parte del animal, de las estructuras de mejor valor nutritivo; al mismo tiempo este sistema resulta más económico ya que no existen costos de transporte ni de cosecha, además se aporta materia orgánica al potrero a través de las heces y orina de los animales y, finalmente, se disminuye la biomasa seca que luego puede ser quemada o enterrada. Sin embargo, este sistema también puede producir pérdidas por pisoteos, factores climáticos y contaminación con estiércol, orina y tierra (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El clima es un factor que también afecta la calidad de las pajas, ya que en climas templados las pajas presentan menor proporción de pared celular y lignina, por lo que son de mejor calidad si se compara con aquellas provenientes de climas tropicales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Otro factor que afecta la calidad nutritiva de las pajas, es el grado de enmalezamiento al momento de la cosecha, ya que las malezas, sobretodo las hierbas verdes, pueden sobreestimar el valor nutritivo total de la mezcla cosechada, obteniendo un mayor contenido proteico y digestibilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Es sabido que las proporciones de los nutrientes presentes en las plantas cambian en función a la madurez de ésta, desde la fase vegetativa, pasando por la fase reproductiva hasta la producción de semillas. A medida que la planta madura, su contenido en proteína cruda disminuye, la fibra aumenta y la digestibilidad de la MS se hace cada vez menor. Según VAN SOEST (1967), la pared celular de los vegetales, la cual está conformada esencialmente por hemicelulosa, celulosa y lignina, aumenta de manera constante durante el período de crecimiento de la planta. La lignina y la celulosa forman normalmente un compuesto químico complejo de elevado peso molecular (CRAMPTON y MAYNARD, 1938), donde la lignina se caracteriza por ser totalmente indigestible. Estos contenidos de lignina son relativamente altos en las pajas, sobretodo de cereales, y responden a cambios que ocurren en la proporción de las partes de la planta y el aumento dentro de los órganos de la planta (SOSULSKI, PATTERSON y LAW, 1960).

Además, al madurar los cultivos, algunos de sus nutrientes más digestibles son traslocados desde los tallos y las hojas hacia las semillas, quedando luego de la cosecha únicamente el material estructural más fibroso en el potrero (CASTILLO, 1986). Estos bajos niveles proteicos y elevada conformación de pared celular y lignina, tienen implicaciones importantes en el consumo y digestibilidad por parte de los animales. De esta manera, en forrajes donde los constituyentes de la pared celular sobrepasan el 50% del total de la MS de un recurso, se disminuye la ingesta voluntaria (VAN SOEST, 1965); esto es debido al mayor período de degradación que deben sufrir este tipo de forraje, ya que su digestibilidad es baja, por lo que la velocidad de pasaje es menor dentro del rumen, disminuyendo en consecuencia el consumo.

Finalmente, hay que tener en cuenta el tiempo de permanencia de las pajas a la intemperie, ya que esto también puede afectar su valor nutritivo. Una sobre exposición a la radiación solar y al viento puede disminuir el contenido de nutrientes, además de la mayor probabilidad de infestación por hongos. Una permanencia de un mes en el potrero de estos rastrojos, hace disminuir su contenido de materia orgánica digestible, esto sin contar las pérdidas de hojas secas y posible contaminación con hongos, por lo cual resulta de extrema importancia recolectar la paja inmediatamente después de la cosecha de los granos de cultivo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El valor nutricional de una paja, va a depender de la especie, de la variedad cultivada, así como el método de cultivo y condiciones climáticas; aunque, en general, la cantidad de proteína bruta tiende a ser similar entre los distintos tipos de pajas, siendo la digestibilidad el parámetro que presenta mayor variabilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Según CAÑAS (1995), el valor nutritivo de una paja va a depender de los siguientes factores:

***La especie***:
Existen algunas especies que presentan pajas de mejor digestibilidad (la paja de avena, de cebada, caña de sorgo y de maíz tienen mejor digestibilidad que la del trigo y arroz).

Esta elección debe realizarse tomando en cuenta la aceptabilidad de los residuos o pajas como alimento del ganado, maximizando su uso; las pajas de trigos sin barba son consumidos primero, cebadas sin barba le siguen, mientras que las pajas de trigos y cebadas barbadas son los menos aceptados, siendo los de menor preferencia por parte de los animales (CASTILLO, 1986).

***La variedad***:
La existencia de ciertos compuestos en los residuos, como los taninos, tienen efectos sobre la digestibilidad de la paja, y la cantidad de éstos va a depender de la variedad que se está cultivando. Por otra parte, ha habido avances en los programas de mejoramiento genético de algunos cultivos, como es el caso del arroz, obteniendo variedades de mayor resistencia a la tendidura y porte más bajo con mayor rendimiento de grano; sin embargo, son variedades de menor digestibilidad.

***El momento de la recolección:***
Este factor está en relación con la edad fisiológica del cultivo cuando es cosechado. Mientras menor sea la edad fisiológica de la planta, más joven, mayor será el valor nutritivo del residuo ya que en cuanto el cultivo crece, el contenido de proteína disminuye por dilución en los carbohidratos acumulados, se incrementa además la cantidad de pared celular, lo que está asociado a un aumento de la lignina, disminuyendo en consecuencia, la digestibilidad y valor nutritivo del residuo.

***Tiempo de almacenaje*:**
Esto tiene relación con las condiciones en que el cultivo es producido; en un clima lluvioso para mantener la calidad inicial del residuo, éste se debe almacenar bajo techo, con el consecuente costo adicional que eso implica; por el contrario, si el cultivo es producido bajo condiciones favorables, el residuo puede ser almacenado en el campo.

***Composición del residuo*:**
Si el residuo presenta una relación hoja/tallo elevada, significa que contiene un mayor valor nutritivo, puesto que son las hojas las que presentan una mayor calidad.

***Manejo del cultivo y calidad del suelo*:**
Estos factores sobre el suelo en donde se obtiene la cosecha, afectan la calidad del residuo que se obtiene de ésta. Esto se aprecia al considerar que un suelo fertilizado tendrá mayores nutrientes almacenados y, en consecuencia, mayor valor nutritivo del residuo.

***Riego*:**
Por ejemplo, la paja de trigo de un cultivo regado presenta una digestibilidad *in vitro* de 41%, mientras que la paja del cultivo no regado, o de secano, es de 34%.

***Enfermedades*:**
Aquellos agentes patógenos que han afectado al cultivo pueden perturbar el valor nutritivo de sus residuos, y, por consiguiente, la salud de los animales que lo consumen.

***Intervalo de tiempo entre cosecha y uso*:**
El período que transcurre entre la separación del grano y la recolección y uso del residuo puede afectar la calidad de éste; por ejemplo, dependiendo de su forma de almacenaje y de su manipulación, pueden existir pérdidas de las partes más nutritivas del residuo, como las hojas.

Para aumentar el consumo voluntario de un residuo fibroso, se les pueden realizar distintos tipos de procesamientos, como lo es picar más finamente el residuo, tratarlo con algún químico (como hidróxido de sodio) para elevar su digestibilidad, o bien, mezclarlo con algún tipo de suplemento proteico y/o mineral. Pero, aunque estos manejos puedan aumentar el consumo, el efecto de cada uno de estos factores en forma separada no es suficiente para satisfacer los requerimientos en proteínas y energía de los animales.

En el primer caso, al realizar el proceso de picado, se reduce el tamaño de la partícula, por tanto, su permanencia en el rúmen es menor, permitiendo su paso al omaso, además, el consumo voluntario de energía digestible aumenta entre 25-30% (CASTILLO, 1986); al respecto CAMPLING y FREER (1966), demostraron que la ingesta voluntaria de la paja de avena que estaba molida y peletizada en vacas, era 26% mayor que en la paja de avena sin moler; BURT (1966), por su parte, encontró que cuando 2,5 kg de paja sin picar era sustituida por un poco menos de paja peletizada, la ganancia de peso aumentaba en un 80%, debido al menor tiempo para el consumo, al aumento de la densidad del alimento y al menor gasto de energía en masticación y rumia. Sin embargo, se observó que la digestibilidad de la paja molida era menor que la de la paja larga, esto debido a que al disminuir el tamaño de la partícula, se aumenta la velocidad de pasaje (CASTILLO, 1986). Según SMITH Y BALCH (1984), picar a un tamaño menor a los 7 mm, no representa ninguna ventaja sobre el consumo, por el contrario, se reduce el consumo, esto provocado por la ausencia de una estructura física en el rumen, reduciendo la motilidad del mismo, existiendo incluso problemas de timpanismo.

En cuanto a los tratamientos químicos hacia los residuos de tipo fibrosos, éstos tienen como objetivo provocar la ruptura de ciertos enlaces del complejo químico lignina-celulosa (en especial los puentes de hidrógeno), para permitir que las enzimas de los microorganismos del rumen puedan atacar la celulosa. Estos tratamientos no reducen la cantidad de lignina presente en los residuos (CASTILLO, 1986).

Finalmente, se puede aumentar el consumo del residuo fibroso con una suplementación con proteína y/o minerales. Esta suplementación está en directa relación con la actividad microbiana del rumen y, en consecuencia, con la degradación de la fibra. Las pajas se caracterizan por tener bajos niveles de nitrógeno, ya que no satisfacen los requerimientos de crecimiento de los microorganismos presentes en el rumen (BURROUGHS *et al.*, 1950); por lo tanto una

suplementación proteica tiene efectos positivos sobre el consumo y digestibilidad del alimento. Por otro lado, según COOMBE y TRIBE (1960 y 1963), la urea puede aumentar la digestibilidad de la paja de avena y reducir el tiempo de retención, habiendo un aumento en el consumo. En cuanto a la suplementación mineral, ésta puede mejorar la digestibilidad de la paja (BURROUGHS *et al.*, 1950); la digestibilidad *in vitro* de la celulosa y la utilización de la urea es mayor cuando se agrega azufre (HUNT *et al.*, 1954), es decir, la suplementación con urea y azufre aumenta el consumo de la materia seca en un 115%, a causa de la mayor actividad microbiana (FAICHNEY 1968).

**Pajas de cereales**

Dependiendo, en buena medida, de las condiciones de crecimiento y variedad, los distintos tipos de pajas de cereales van a variar levemente en relación a sus cantidades de celulosa, hemicelulosa, lignina y minerales. En general, estas pajas son bajas en proteína cruda, fósforo y marginal en calcio (CASTILLO, 1986).

**Paja de trigo (*Triticum aestivum* L.):**

Este es uno de los recursos menos apreciados en la alimentación animal debido a sus toscas estructuras, presentando una digestibilidad de alrededor 40% y con un 4% máximo de proteína. Otros autores indican que el rango de proteína cruda varía entre los 2.4 a 5.4% (REID, ORSKOV y KAY, 1988). Esta calidad nutritiva va a cambiar de acuerdo a la variedad que se trate; los trigos de invierno producen pajas más altas, cañas más duras y más lignificadas y, en consecuencia de menor valor nutritivo que las variedades de primavera. Además, su calidad nutritiva va a depender del nivel de fertilización que obtenga el cultivo; los fertilizantes nitrogenados afectarán el nivel de proteína, mientras que los fertilizantes fosforados afectarán la digestibilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 6) (Figuras 12a, 12b).



FIGURA 12a. Paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) posterior al paso de la cosechadora automotriz, en Santo Domingo. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).



FIGURA 12b. Paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) con abundante pérdida de semillas en Santo Domingo. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

FIGURA 12. Rastrojo de trigo (*Triticum aestivum* L).

CUADRO 6. Composición de la paja de trigo y comparación con otro forraje.

| Parámetro | Paja de trigo | Falaris |
|---|---|---|
| Materia seca % | 88,60 | 90,70 |
| Proteína cruda % | 4,10 | 3,60 |
| Extracto etéreo % | 2,10 | 1,70 |
| Extracto no Nitrogenado % | 40,70 | 44,40 |
| Paredes celulares % | 85,60 | 78,40 |
| Lignocelulosa % | 50,70 | 51,90 |
| Hemicelulosa % | 34,90 | 26,50 |
| Lignina % | 7,60 | 9,30 |
| Celulosa % | 37,80 | 37,70 |
| Calcio % | 0,35 | 0,33 |
| Fósforo % | 0,04 | 0,06 |
| Energía digestible, Mcal/kg | 2,11 | 2,15 |

(Fuente: CREMPIEN, 1999)

**Paja de cebada *(Hordeum vulgare L.)*:**
La paja de cebada presenta mayor valor nutritivo que la paja de trigo, siendo menos rechazada por los animales. Su digestibilidad puede fluctuar entre 45-50%, siendo su estructura menos tosca que la paja de trigo; en cuanto a su nivel de proteína, ésta puede variar entre 4 a 6% en cultivares con alto nivel de fertilización nitrogenada (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Paja de arroz (*Oriza sativa L.*):**
Este rastrojo se diferencia de los anteriores en presentar una menor cantidad de lignina (6 a 7%); sin embargo contiene mucha sílice, la que puede llegar a formar hasta un 16% de la materia seca, provocando que la estructura de la paja sea muy dura e incluso pudiendo llegar a producir daños en la mucosa del tracto digestivo del animal. Este elevado contenido de cenizas, reduce el valor alimenticio total de la paja. Su contenido proteico es más elevado que el de las otras pajas (hasta 11%). En cuanto a su digestibilidad, ésta fluctúa entre 45-48%. La dureza de esta paja de arroz hace que no sea muy aceptado por los animales, a menos que se les proporcione trozadas o que se sometan a algún tratamiento químico; finalmente, no se recomienda su inclusión en la dieta más allá del 30%, pudiendo llegar al 100% sólo en casos de emergencia (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Paja de avena *(Avena sativa L.)*:**
De este cultivo se utiliza tanto el grano como la paja para la alimentación del ganado. Según REID, ORSKOV y KAY (1988), ésta tiene una mayor aceptación por el ganado que la paja de trigo, presentando un rango de proteína cruda que va desde los 3.6 a los 4.4%. Según MANTEROLA, CERDA y MIRA (1999), ésta es la mejor paja de cereales, desde el punto de vista nutricional, esto debido a su mayor digestibilidad (50%), así como también por la presencia de estructuras más suaves y la inexistencia de barbas en la envoltura de los granos, lo que la hace más apetecible (Figura 13).

**Rastrojos del maíz (*Zea mays L.*):**
Los distintos tipos de componentes de una planta de maíz van a presentar características físico químicas propias, dependiendo si se trata de maíz para consumo fresco (choclo) o maíz de grano, por lo que sus características nutricionales no serán las mismas.



FIGURA 13. Paja de Avena (*Avena saliva* L.) posterior al paso de la cosechadora automotriz con hilerado. (Fotografía: Peter Maclean)

La calidad nutritiva va a depender si se trata de maíz de consumo fresco (choclo) o maíz de grano, y del método de cosecha y almacenaje; por ejemplo, los rastrojos que quedan luego de la cosecha del maíz de consumo fresco, van a tener un mayor contenido proteico y digestibilidad, pero son deficientes en energía, pues se le han retirado las mazorcas por venta de choclos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El rastrojo de maíz es deficiente en materias nitrogenadas, teniendo como promedio un 4.5% de proteína bruta, siendo el tallo el que menos posee este nutriente, al estar mayormente lignificado, a diferencia de las hojas; por otra parte, su pared celular contiene un mayor porcentaje de hemicelulosa que celulosa. Sin embargo, su porcentaje de lignina es relativamente bajo, siendo más digestible que las pajas de cereales, poseyendo, además, una mayor cantidad de azúcares solubles (DEMARQUILLY y PETIT, 1976; MANTEROLA *et. al.*, 1993a); por lo que presentan, en consecuencia, un mayor valor energético que los rastrojos de cereales, fluctuando entre 1.69 y 2.1 Mcal/kg de MS. Finalmente, se destaca que la degradación de la MS del rastrojo de maíz a nivel ruminal, va a ser lenta y baja, aproximándose al 22%, por lo que afecta también el consumo, siendo éste no superior a los 1.2 a 1.5 kg/100 kg 0.75 para bovinos (BERANGER, 1974) (Cuadros 7, 8 y 9).

CUADRO 7. Composición química y valor nutritivo de los componentes del rastrojo de maíz. (Fuente: MANTEROLA *et al.* 1993a).

| Estructura | MO % | PB % | FDN % | FDA % | CEL % | HCEL % | LIGN % | DMS % | ED Mcal /kg | EM Mcal /kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hojas | 85,4 | 4,5 | 80,4 | 46,8 | 34,1 | 33,6 | 4,0 | 55,6 | 2,01 | 1,69 |
| Tallos | 90,6 | 3,1 | 70,0 | 39,7 | 32,8 | 30,2 | 6,1 | 59,7 | 2,6 | 2,1 |
| Chalas | 94,9 | 4,7 | 79,3 | 36,5 | 31,8 | 42,8 | 3,9 | 69,1 | 2,4 | 2,0 |
| Corontas | 95,3 | 4,7 | 82,4 | 37,9 | 31,0 | 44,5 | 4,7 | 58,0 | 2,6 | 2,1 |

CUADRO 8. Composición química y valor nutritivo de los componentes del rastrojo de maíz.

| Estructura | MS % | PC % | EE % | FC % | Cenizas % |
|---|---|---|---|---|---|
| Corontas de maíz molidas | 90,0 | 2,8 | 0,4 | 35,0 | 1,8 |

(Fuente: SILVA, 1985).

CUADRO 9. Caracterización química de hojas y despuntes de maíz.

| | MS % | PC % | EE % | FC % | Cenizas % |
|---|---|---|---|---|---|
| Hojas y despuntes de maíz | 23,0 | 8,8 | 2,7 | 22,0 | 5,9 |
| Ensilaje de hojas y despuntes de maíz | 29,0 | 8,8 | 2,7 | 27,0 | 5,9 |

(Fuente: BATH *et al.* 1982.)

Al igual que las pajas de cereales y leguminosas, las corontas de maíz presentan un elevado contenido de fibra cruda, por lo que en la alimentación se emplea mezcladas con las tusas (SILVA, 1985).

**Pajas de leguminosas secas de grano**

Estos cultivos de leguminosas generan un menor volumen de residuo luego de cada cosecha de sus granos, sin embargo, los rastrojos presentan un mayor valor nutritivo que el de los cereales, en su contenido proteico y energía digestible. Por lo anterior, estas pajas pueden, a diferencia de las pajas de cereales, cubrir los requerimientos de mantención e inclusos ciertos requerimientos de producción, del ganado mayor y menor (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Paja de lenteja (*Lens culinaris)*:**

El cultivo de la lenteja se cosecha cuando la planta recién ha iniciado su estado de senescencia, presentando, entonces, una mayor digestibilidad y contenido de nutrientes que las otras pajas; su contenido de proteína varía entre 8 a 17% y su digestibilidad entre 50-60%. Por lo tanto, este rastrojo es muy apetecido por los rumiantes debido a sus tallos relativamente delgados y a su suave estructura, siendo utilizado, preferentemente, en período invernal mezclado con las pajas de cereales, lo que hace aumentar el valor nutritivo, y en consecuencia, el consumo de este último (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 10).

CUADRO 10. Composición química y digestibilidad de la materia seca de pajas de leguminosas (%).

| Tipo de paja | MO | PC | EE | FC | FDN | CEN | DMS | LIGN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Paja de lenteja** | | | | | | | | |
| Valor máximo | 95,50 | 16,6 | 2,1 | 40,6 | 68,00 | 8,2 | 59,0 | 11,0 |
| Valor mínimo | 85,50 | 8,06 | --- | 31,0 | 51,65 | 5,0 | 50,0 | 10,0 |
| **Paja de frejol** | | | | | | | | |
| Valor máximo | 94,50 | 14,00 | 1,4 | 44,4 | 63,00 | 12,2 | 70,2 | 9,0 |
| Valor mínimo | 86,30 | 6,80 | --- | 29,0 | 42,90 | 5,0 | 61,0 | 7,8 |
| **Paja de garbanzo** | 92,40 | 7,40 | --- | 23,2 | 65,00 | --- | 60,0 | --- |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Paja de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.)*:**

Este rastrojo presenta un contenido de proteína entre 7-14%, de lignina entre 7-9% y una digestibilidad de 60 a 70%. Su utilización por parte del ganado es menor que la paja de lenteja, esto debido a la mayor dureza de su estructura; sus tallos principales son más gruesos y sus vainas presentan un elevado contenido de sílice. Igualmente que el cultivo anterior, la paja puede servir como un recurso forrajero invernal y, combinado con pajas de cereales, puede mejorar el consumo de éstas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 10).

También existe un desecho de frejol, que corresponde a aquel de consumo fresco (verde y granado) y

presenta un mayor valor nutritivo que la paja seca, pues posee un mayor valor proteico por sus hojas verdes.

**Paja de garbanzos (*Cicer arietinum L.*):**
Su valor nutritivo es inferior al de las pajas de fréjol, presentando un contenido proteico entre 7 a 8% y una digestibilidad de 60%. Presenta tallos principales duros y gruesos, mientras que sus tallos secundarios son delgados y suaves con pocas hojas; además, debido a que la cosecha es realizada a mano, en la estructura de este cultivo también se presenta parte de la raíz, lo que le disminuye su valor nutritivo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 10).

## Rastrojo de la remolacha

**Residuo del cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris L.*):**
El cultivo de remolacha genera una biomasa residual compuesta de hojas y coronas, las cuales quedan en poder del productor luego de la cosecha al separarlas mecánicamente de la raíz o tubérculo que se destina hacia la planta industrial. La remolacha produce una gran cantidad de residuo, por cada ha de este cultivo se puede generar entre 12 hasta 30 ton de material residual, el cual en términos de MS varía entre 13 a 22%. El volumen residual de la remolacha va a depender de una serie de factores, entre los que se destacan la variedad, la densidad de cultivo, la fertilización del cultivo, entre otros, pero, en general, se produce entre 60 a 90% de residuo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 14).

## Valor bromatológico

El rastrojo de la remolacha es altamente nutritivo y muy palatable, por lo que representan un importante recurso alimenticio, además su cosecha se realiza a fines de otoño, coincidiendo con el período más crítico de las praderas y pasturas. Es por esto que este recurso es frecuentemente usado como alimento principal para bovinos.

En cuanto su valor nutritivo, se considera que este es un alimento bien balanceado siendo, además, bajo en fibra (10-14%); pero este rastrojo puede presentar una alta contaminación por tierra, por lo que puede tener un alto contenido de cenizas, afectando su contenido de energía metabolizable (Cuadro 11). Además, esta contaminación por tierra puede afectar el contenido de materia seca, pudiendo variar en ella entre 10-30%. Su contenido mineral está conformado por niveles medianos a altos de Ca (0.6-0.8%) y bajos en P (0.2-0.3%) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

CUADRO 11. Composición nutritiva del residuo de cultivo de remolacha (%).

| | MS % | MO % | PB % | FC % | TND % | EE % | CEN % | ED Mcal /kg | EM Mcal/ kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valor mínimo | 15 | 82 | 12,5 | 10 | 74 | 1,31 | 10,3 | 2,4 | 2,2 |
| Valor máximo | 20 | 78 | 13,7 | 14 | 77 | 4,0 | 22,8 | 3,26 | 2,7 |

(Fuente: ANRIQUE, 1988. ; KLEE, 1992).

Su contenido en proteína es intermedio (12-14%), concentrándose en las hojas y tallos, mientras que su energía es alta debido a la cantidad de azúcares que posee (10-12%). En cuanto a su digestibilidad, ésta es muy alta, llegando hasta 75%, por lo que resulta un recurso muy aprovechable por rumiantes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999), en especial de leche, pues es altamente galactógeno.

Con el residuo de remolacha también es posible realizar ensilaje, siendo, incluso, comparable con el ensilaje de maíz, pues 1 kg de este ensilaje equivale a 1.75 kg de ensilaje de coronas y hojas de remolacha. Si se compara con heno de alfalfa, 1 kg de este heno equivalen a 3.5 kg de este residuo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).



FIGURA 14. Rastrojo de remolacha (*Beta vulgaris L*) posterior al paso de la cosechadora automotriz.

## Rastrojo de la papa

**Residuo del cultivo de la papa *(Solanum tuberosum.)*:**

La papa es un tubérculo muy usado en la alimentación humana, por lo que su uso en la alimentación animal está limitado por su disponibilidad y precio, es decir, para la producción animal corresponde la parte que no se comercializa: los desechos y los excedentes de producción. La papa de desecho corresponde al 10 a 15% de la producción total de un cultivo; porcentaje que aumenta en períodos en que se dificulta la comercialización, especialmente en la X región de Chile, donde se produce la mayor cantidad de papa de desecho (15% del total de la producción) (CAÑAS, 1995).

### Valor bromatológico

La papa es considerada como un alimento suculento, debido a que posee bajo porcentaje de materia seca (18-22%). Presenta entre 6-12% de proteína total, la cual el 50% se encuentra como nitrógeno no proteico. En cuanto al contenido de minerales, la papa presenta deficiencia en calcio, es abundante en fósforo, ya que este es un elemento que se encuentra formando parte de la molécula de almidón, aunque el 20% se encuentre como fitatos; pero el mineral más abundante es el potasio, teniendo que suplementar con sales minerales si se incluye en la ración. Además, la papa es deficiente en vitamina A y D (CAÑAS, 1995) (Cuadro 12). En general, es corriente utilizarlo para bovinos de engorda.

CUADRO 12. Composición química de la papa.

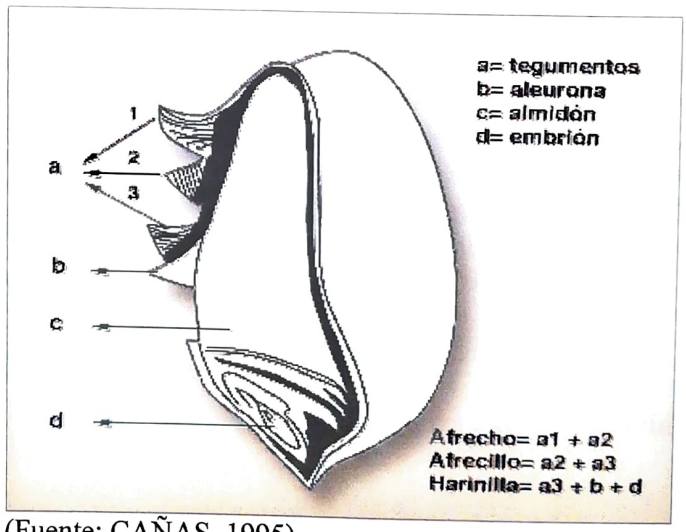
| Componente | % (en base a 100% MS) |
|---|---|
| MS | 18-22 |
| Almidón | 60-80 |
| Otros azúcares | 0,5-1,8 |
| Ácido cítrico | 0,5-0,7 |
| Proteína total | 6-12 |
| Grasa | 0,1-1 |
| Fibra | 1-10 |
| Cenizas | 4-6 |
| Digestinilidad | 79 |
| ED (Mcal/kg) | 3,6 |
| EM (Mcal/kg) | 3,0 |

(Fuente: CAÑAS, 1995).

## Subproductos de la industria molinera del trigo

La industria molinera es, en general, una de las principales abastecedoras de alimento para animales. En nuestro país, se generan aproximadamente 350.000 ton de estos subproductos al año, incluyendo tanto a la industria molinera de harina de pan y la industria molinera de masas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Dentro de los subproductos del grano del trigo, aquellos obtenidos de la industria molinera son los subproductos más usados en la alimentación animal; los que, ordenados de manera decreciente en contenido de fibra, son: el afrecho, el afrechillo, la harinilla y la granza (CAÑAS, 1995) (Figura 15).




(Fuente: CAÑAS, 1995)

FIGURA 15. Esquema de los componentes del grano de trigo.

El afrecho, es lo que se consigue en la extracción de la capa más externa del tegumento, de las impurezas y de residuos del primer tamizado, correspondiendo aproximadamente al 50% del residuo. El afrechillo, por otra parte, representa el 45% del residuo y es lo que proviene de las capas más internas del tegumento; la harinilla corresponde a la capa más interna del tegumento, a la aleurona y al embrión, representando en total entre el 1 al 5% del total del residuo generado de la industrialización del grano del trigo. Finalmente,

las granzas son el residuo que se genera luego de la limpieza del grano y se compone de granos partidos, chupados o inmaduros, semillas de malezas e impurezas como trozos de paja, espiga, etc. (CAÑAS, 1995).

**Valor bromatológico** (Cuadro 14)

***Afrecho de trigo.***

Es el residuo que presenta mayor contenido de fibra (entre 9-10%), pero además presenta mayor parte de las proteínas (15-17%) y vitaminas del grano del trigo. Su energía metabolizable fluctúa entre 1,8-2,7 Mcal/kg. Este residuo, si bien resulta muy palatable por parte de los animales, presenta un bajo valor bromatológico debido a mayor proporción fibrosa y menor concentración energética, pudiendo ser útil usarla en dietas en donde se debe bajar la densidad energética (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Afrechillo de trigo.***

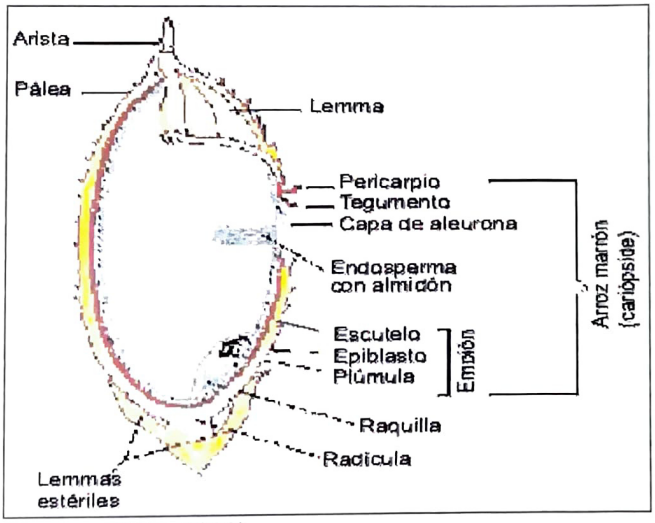
Su contenido de proteína bruta es levemente inferior al afrecho (13-16%); su fibra cruda fluctúa entre 9 y 11%, presentando por tanto, mayor valor bromatológico que el afrecho. Su contenido de energía metabolizable varía entre 2,5-3 Mcal/kg (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

***Harinilla de trigo.***

Es el residuo que presenta el mayor valor bromatológico; presenta el mayor contenido de proteína bruta, la que fluctúa entre 13,6-17%, mientras que su energía metabolizable varía entre 2,8-3,1 Mcal/kg. Su contenido en fibra es relativamente bajo variando entre 4,3-8% (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Subproductos de la industria molinera del arroz

De la industria arrocera, se pueden obtener los siguientes subproductos: afrecho de arroz, harinilla, pulido y puntas. El afrecho de arroz comprende parte interna de la cascarilla o gluma y restos del endocarpio; la harinilla también está compuesta por restos de endocarpio, pero la mayor parte por endosperma y partículas del grano. El pulido del grano de arroz es el residuo que queda luego del pulido del grano y está compuesto por el endocarpio y una pequeña porción de harina; por último las puntas, son fracciones o pedazos del grano de arroz propiamente tal (CAÑAS, 1995). Según MANTEROLA, CERDA y MIRA (1999), se obtiene además la cáscara de arroz, la que no se utiliza en la alimentación animal por su elevado contenido de sílice y por sus aristas aguzadas. Sin embargo, de todos estos subproductos obtenidos, de la industria arrocera nacional se usan sólo dos para el consumo animal: la harinilla y las puntas (CAÑAS, 1995) (Figura 16).




(Fuente: ONU, 2003).

FIGURA 16. Esquema de los componentes del grano de arroz.

**Valor bromatológico** (Cuadro 13 y Cuadro 14).

***Afrecho de arroz.***

Presenta un contenido de proteína bruta que fluctúa entre 10-13%, su fibra varía entre 10-15%, su extracto etéreo entre 8-15% y posee un contenido de energía metabolizable que comprende entre 2,6-2,8 Mcal/kg (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Harinilla de arroz.***

Contiene entre 15 a 20% de aceites de buena calidad (CAÑAS, 1995); este contenido elevado de extracto etéreo lo hace susceptible a la rancidez. Presenta similar valor bromatológico al del afrecho de arroz, aunque contiene menos fibra bruta (7%); es por esto que su cantidad de energía metabolizable es mayor, fluctuando entre 2,9-3,1 Mcal/kg. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Pulidos y puntas.***

Al generarse pequeñas cantidades, ambos residuos muchas veces son incluidos dentro de la harinilla. Los pulidos corresponden al residuo que queda luego de la limpieza del grano, presenta bajo nivel de fibra cruda (3%) y elevada cantidad de energía metabolizable (3,2 Mcal/kg) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Finalmente, de la industria molinera de arroz, se obtiene un residuo conocido como la "cáscara de arroz". El arroz tipo Paddy es un arroz vestido que por procesos mecánicos se descascara, originándose la cáscara de arroz, la cual se caracteriza por ser bastante voluminosa, rica en sílice (20%), lo que la hace impalatable para el ganado, no teniendo prácticamente valor alguno como alimento, debiéndose usar sólo como material para camas de animales. Esta cáscara de arroz constituye aproximadamente un 20% del grano (KENT, 1971). Caracterización química de la cáscara de arroz.

CUADRO 13. Caracterización química de la cáscara de arroz.

| Constituyente | % |
|---|---|
| Humedad | 2,4-11,3 |
| Proteínas | 1,7-7,2 |
| Grasa | 0,4-2,9 |
| Hidratos de Carbono (excluída la fibra) | 24,7-38,8 |
| Fibras | 31,7-49,9 |
| Cenizas | 13,2-29,0 |

(Fuente: BARBER, 1972).

CUADRO 14. Composición química y valor nutritivo de subproductos de molinería.

| Subproducto | MS % | PB % | EE % | FC % | CEN % | EM Mcal/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Afrecho de trigo | 88,1 | --- | 4,8 | 11,4 | 5,3 | 2,9 |
| Afrechillo de trigo | 88,6 | 16,0 | 4,8 | 9,6 | 5,3 | 3,0 |
| Harinilla de trigo | 88,4 | 16,3 | 4,1 | 7,0 | 3,9 | 3,1 |
| Afrecho de arroz | 89,3 | 12,4 | 7,4 | 15,8 | 12,5 | 2,7 |
| Harinilla de arroz | 88,7 | 14,0 | 14,3 | 7,3 | 8,7 | 3,5 |
| Pulido de arroz | 87,7 | 12,6 | 4,1 | 16,7 | 20,0 | 3,4 |
| Puntas de arroz | 86,7 | 8,1 | 2,2 | 2,8 | 1,8 | 3,5 |

(Fuente: Tabla 1 alimentos puros, concentrados, y forrajes. Ministerio de Agricultura-FIA, Universidad Católica de Chile, 1992).

**Subproductos de la industria cervecera**

En nuestro país estos recursos son variables en cuanto a oferta y precio; la mayor parte de la cebada cultivada, se destina al procesamiento de las plantas cerveceras para la obtención de cerveza generándose, durante este proceso, diversos residuos que pueden ser utilizados en la alimentación animal: la cebada falla, el brote de malta, el orujo de cebada y la levadura de cerveza. Todos estos residuos son de tipo energéticos y, a excepción de la cebada falla, son altamente proteicos (CAÑAS, 1995).

El primer paso en el proceso de la elaboración de la cerveza, es la selección de los granos, desechando a aquellos que no tengan el calibre mínimo de 2,2 mm, es decir, ser granos chupados, granos partidos, entre otros, los que constituyen en conjunto lo que se conoce como "cebada falla". La cebada seleccionada se humedece, se estila y germina; el grano germinado se seca y, posteriormente, se le extrae el germen, este germen se le llama "brote de malta". El resto de grano que queda luego de la extracción del germen, recibe el nombre de "malta", la cual nuevamente es humedecida y mantenida a temperatura de fermentación, para que el almidón se transforme en maltosa y luego a glucosa. Posteriormente, se separa la parte líquida que contiene la glucosa de la parte sólida que se conoce como "orujo de cebada". Luego, la parte líquida es sometida a un proceso de fermentación con levadura para obtener el alcohol; proceso durante el cual se forma una espuma sobre el líquido, la cual es rica en levadura, por lo que se retira y se seca, constituyendo la "levadura de cerveza" (CAÑAS, 1995).

Según CAÑAS (1995), el residuo que más se genera en las empresas productoras de cerveza, es el orujo de cebada, pero como presenta un 70% de humedad, se iguala a la cebada falla en términos de materia seca. Sin embargo, el más utilizado en la alimentación de ganado es el orujo de cebada (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

***Brote de malta.***

Este residuo presenta entre 92-93% de MS, un alto porcentaje de proteína bruta (25-27%) aunque únicamente el 50% corresponde a proteína verdadera; baja cantidad de fibra bruta (14-17%) y una elevada digestibilidad de la MS (cercana a 80%). Todas estas características hacen que éste sea un recurso de gran valor nutritivo, sin embargo, presenta un sabor amargo

que lo hace ser rechazado por los animales cuando se incluye este residuo en altos porcentajes en la ración; existiendo un período de acostumbramiento de 4 a 5 días, aproximadamente, período luego del cual el consumo es normal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Levadura de cerveza.***

Este es un residuo de buen valor nutritivo, presenta un elevado porcentaje de proteína, 47-49%, la cual es de muy alta digestibilidad y calidad; tiene bajo nivel de fibra cruda (2-3%), un 90% de MS y un 3,0 Mcal/kg de energía metabolizable. La principal limitante de la levadura de cerveza es su alto costo, siendo pocas veces justificable su uso en la alimentación de rumiantes (CAÑAS, 1995).

***Orujo de cerveza.***

Presenta un elevado valor bromatológico, mostrando gran preferencia por parte de los animales la inclusión del orujo en sus dietas. La MS puede variar entre 23 y 26%, dependiendo del tiempo de prensado y almacenamiento; este alto contenido de humedad es la principal limitante de este residuo, ya que limita su transporte, encareciéndolo, siendo preferible que sea usado por productores que estén cercanos a las plantas cerveceras; además, el agua lo hace más susceptible a fermentaciones indeseadas y a pudriciones. Presenta un alto contenido de proteína bruta (19-28%), dependiendo de la cantidad de almidón que no haya sido fermentado en el proceso. Además, es una proteína de baja solubilidad y degradabilidad, por lo que su uso es muy adecuado en dietas con porcentajes considerables de proteína soluble o urea. En cuanto al porcentaje de fibra cruda, ésta puede variar entre 14-24% y es altamente digestible por tratarse de tejidos vegetales nuevos, esta digestibilidad fluctúa entre 64-70%. Su extracto etéreo puede llegar a 9%, por lo que su energía metabolizable es elevada, fluctuando entre 2,5-3,1 Mcal/kg (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). (Cuadro 15).

CUADRO 15. Composición química y valor nutritivo del orujo de cerveza.

| | MS % | PB % | FB % | FDN % | FDA % | EE % | EM Mcal/kg | CEN % | DMS % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rango de valores | 23,0 a 25,0 | 19,3 a 28,0 | 14,0 a 24,5 | 51,0 | 22,0 a 23,0 | 6,9 a 9,0 | 2,5 a 3,1 | 4,0 a 4,4 | 64,4 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Subproductos de la industria molinera del maíz**

El maíz es procesado industrialmente para la obtención de almidón y aceite; de este procesamiento se generan diversos subproductos que se comercializan mezclados o separados, estos son: la cáscara, el afrecho de maíz, la harina de gluten, el gluten de maíz y la harina de germen.

El grano de maíz está formado básicamente por tres partes, ordenados desde la parte más externa a la más interna: la cubierta (tegumento) de tipo fibroso; el endosperma, que forma más de las tres cuartas partes del grano y está formado por almidón de tipo córneo y harinoso y, finalmente, el embrión o germen. Los tegumentos están compuestos, principalmente, de hidratos de carbono, presentando un menor porcentaje de almidón y, aproximadamente, 15% de fibra. Inmediatamente debajo del tegumento, junto con el almidón, se encuentra la capa córnea de gluten, la cual contiene alrededor de 25% de proteínas y constituye una reserva nutritiva que el embrión utiliza durante su desarrollo. El endosperma está constituido principalmente de almidón y menos del 10% de proteína y muy poca grasa y minerales. El germen, por otra parte, contiene aproximadamente 25% de proteína y 35% de aceite (CAÑAS, 1995).

El proceso contempla la separación del germen y la posterior molienda y centrifugado del grano húmedo, para la obtención del almidón, generando como residuos del molino la cáscara y el afrecho de maíz y como residuo de las centrifugas, la harina de gluten. El germen es lavado, secado y procesado con diferentes solventes (extractores de aceite) para la obtención del aceite de maíz y la harina de germen. Finalmente, el gluten de maíz se logra del procesado del afrecho de maíz como de la harina de germen (CAÑAS, 1995).
A nivel nacional, las empresas industrializadoras del maíz entregan como subproducto principal el gluten de maíz, representando el 30% del maíz procesado (CAÑAS, 1995).

**Valor bromatológico**

A excepción del afrecho, los subproductos de la industria molinera del maíz presentan elevados niveles de proteína, siendo ésta de elevada calidad (similar a la de la soya); bajos niveles de fibra y elevada energía (BOUCQUÉ y FIEMS, 1988). En cuanto al gluten de maíz, su valor nutritivo va a depender de los porcentajes de cada subproducto que lo componga, por lo que su composición química va a ser variable

(MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999), aunque por su alto contenido de proteína cruda el gluten es usado como alimento proteico (CAÑAS, 1995) (Cuadro 16).

CUADRO 16. Valor nutritivo de los constituyentes del grano de maíz.

| | MS% | EM Mcal/kg | PC% | FC% |
|---|---|---|---|---|
| Grano | 89,6 | 3,1 | 10,8 | 2,0 |
| Afrecho, tegumento (Gluten feed) | 0,0 | 2,4 | 12,0 | 10,0 |
| Afrecho, gluten (Gluten feed) | 90,0 | 2,6 | 25,2 | 8,0 |
| Harina, gluten (Gluten meal) | 91,0 | 2,7 | 42,0 | 4,0 |

(Fuente: CAÑAS, 1995).

**Subproductos de la industria para la obtención de alcohol del maíz**

Algunos de los sustratos utilizados por las industrias productoras de alcohol son los cereales, destacando dentro de este grupo el maíz.

El grano de maíz es sometido a una fermentación y destilación para obtener como producto el alcohol fino; durante este proceso se obtienen los subproductos de destilería: uno de tipo soluble y, en mayor proporción, los granos de destilería. Ambos, muchas veces, se hallan mezclados (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

Los subproductos del destilado de maíz se caracterizan por ser excelentes material alimenticio para el ganado, debido a sus elevadas proporciones de proteína bruta y de energía metabolizable (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Subproducto de la industria para la obtención de alcohol de la papa.**

La papa es utilizada en las industrias agrícolas para la obtención de almidón y de alcohol, generándose dos subproductos: uno proveniente de la cáscara de la papa y el llamado destilado de papa. En una primera parte la papa es pelada para obtener el almidón, generando la cáscara como residuo, luego, este almidón es sometido a una fermentación y destilación para producir el alcohol, generándose en el proceso el destilado de papa. Por cada 100 kg de papa, aproximadamente 5 kg es cáscara y se sacan 132 lt de destilado (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

El destilado de papa contiene aproximadamente 6% de MS (BOUCQUÉ y FIEMS, 1988); por lo que no se emplea mayormente en la alimentación animal. En cuanto a la cáscara de papa, ésta puede emplearse en la alimentación de rumiantes, ya que su materia seca fluctúa entre 11-25%, (dependiendo del tiempo que pasa luego del procesado), presenta, además, entre 7-14% de proteína bruta, pues su cantidad de fécula adosada a la cáscara va a ser relativo; y un bajo contenido de extracto etéreo (2,5-4%). Además, presenta un porcentaje importante de polisacárido de reserva (almidón) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Subproductos de la industria del raps, de la maravilla, de la soya.**

Estos subproductos se obtienen durante el proceso de extracción del aceite de las semillas oleaginosas. Las semillas de raps, maravilla y soya se caracterizan por poseer elevadas concentraciones de aceite en su endosperma o en su mesocarpio, por lo que sirven de materia prima para la obtención de este producto.

El valor nutricional de estos subproductos, según CAÑAS (1995), va a depender, por una parte, del proceso de extracción del aceite en la semilla, el cual puede realizarse, fundamentalmente, por tres procesos: la extracción por presión, la extracción con presión y posteriormente con solventes y, finalmente la extracción sólo con solventes. En la extracción por presión, la semilla es triturada, luego sometida a una cocción para finalmente ser prensada; durante este proceso la semilla es sometida a elevadas temperaturas, las cuales ayudan a eliminar algunos tóxicos termolabiles y reducir el valor biológico de los subproductos. La extracción por solventes utiliza compuestos químicos como el hexano, proceso conducido a bajas temperaturas; este método es el más efectivo. Con el proceso de extracción aplicando presión, sólo se extrae una parte del aceite contenido en las semillas, obteniendo un afrecho de mayor valor energético, pero de menor tenor proteico; en la actualidad en aquellas semillas que posean sobre un 40% de aceite, son prensadas y posteriormente sometidas al solvente; por lo tanto, el afrecho

resultante va a ser muy variable en cuanto a calidad nutritiva, dependiendo del proceso extractivo que se le aplique y de la presencia o ausencia de la envoltura (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Los subproductos obtenidos de las semillas, luego de la extracción de su aceite, se denomina torta o afrecho, éstos se caracterizan por poseer un buen nivel proteico, generalmente de buena calidad y concentraciones variables de energía, dependiendo del proceso de extracción, y todos ellos pueden ser utilizados en la alimentación animal. En nuestro país, son producidos a nivel comercial el afrecho de maravilla y de raps; debiendo importar cantidades importantes de afrecho de soya. Estos tres afrechos, junto con la harina de pescado, son el suplemento proteico más utilizado, a nivel nacional, como suplementos proteicos para la alimentación animal. La mayoría de estas tortas presentan bajos niveles de metionina, cistina y, a excepción de la soya, el contenido de lisina es generalmente bajo (CAÑAS, 1995).

**Valor bromatológico**

***Afrecho de soya.***

Este es el suplemento proteico animal más importante a nivel de mercado mundial, aunque en Chile no se cultive el frejol de soya, por lo que se importa de países latinoamericanos como Bolivia, Uruguay, Argentina y Paraguay (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Este afrecho se prefiere por su contenido de proteína, considerándolo como una fuente de proteína de referencia, presentando un alto valor biológico por su composición aminoacídica. Esta proteína puede llegar al 49%, dependiendo del tipo del proceso de preparación a que se somete, por ejemplo la torta de soya con cáscara tiene un porcentaje proteico de 30%, pero cuando se ha quitado la cáscara y la extracción se ha efectuado con solvente, la proteína es de 50%. Al ser muy soluble, la proteína es de alta degradabilidad en el rumen (hasta 80%), siendo necesario someterse a ciertos procesos para disminuir su degradabilidad cuando se requiera como proteína *by-pass* (CERDA *et al.*, 1996). Además, presenta contenidos altos de lisina, aminoácido que generalmente se encuentra en bajos porcentajes entre los afrechos (CAÑAS, 1995) y presenta un contenido medio de metionina y cisteina. En cuanto a su contenido en fibra cruda, el afrecho sin cáscara presenta una baja proporción (3 a 5%), siendo, en consecuencia, alta su digestibilidad (cercana al 90%) (BATH *et al.*, 1995); convirtiéndolo en el afrecho de mayor valor energético para la alimentación animal, ya que presenta una energía metabolizable que varía entre 2,7 y 3,2 Mcal/kg (CAÑAS, 1995; BATH *et al.*, 1995) (Cuadro 17).

CUADRO 17. Composición química y valor nutritivo de oleaginosas.

| Tipo de Afrecho | MS% | PB% | EE% | FDN% | CEN% | EM Mcal/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Afrecho de soya | 90,2 | 52,0 | 1,6 | 19,3 | 3,0 | 2,8 |
| Afrecho de raps | 93,8 | 37,0 | 1,7 | 42,0 | 4,0 | 2,6 |
| Afrecho de maravilla | 90,4 | 33,6 | 0,8 | 37,0 | 3,0 | 2,0 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Afrecho de raps.***

Este subproducto es producido en el país, sin embargo, experimenta drásticos cambios de disponibilidad a través de los años (CAÑAS, 1995). Presenta un contenido de proteína bruta que varía entre 35-39%, de la cual un 26% corresponde a proteína *by-pass,* siendo degradada un alto porcentaje de proteína en el rumen (70-85%) y, aunque la disponibilidad de sus aminoácidos es menor que la torta de soya, tiene buena disponibilidad de lisina y metionina. En cuanto a su contenido de fibra, ésta es mayor que la que presenta la torta de soya, por lo que incide en su energía metabólica, la que fluctúa entre 2,4-2,6 Mcal/kg (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Afrecho de maravilla.***

Este afrecho no presenta ningún tipo de restricción en su uso, siendo ampliamente utilizado a nivel mundial como suplemento proteico, dado los elevados niveles de nutriente que presenta, aunque no supera los hallados en la torta de soya (CAÑAS, 1995). Este contenido proteico puede variar desde 26% cuando está con cáscara, hasta 44% en las semillas sin cáscaras, en cuanto a su contenido en aminoácidos el afrecho de maravilla sin cáscara presenta menos lisina que el de soya, pero presenta contenidos de arginina y metionina superiores. Su nivel de fibra también va a depender si se trata de semilla con o sin cáscara, en el primer caso el contenido de fibra aumenta a 33%, mientras que sin cáscara el afrecho presenta un 9% de fibra, lo que influye a su vez, en el nivel de energía metabolizable, la cual alcanza 2,04 Mcal/kg en afrechos con cáscara y 2,82 Mcal/kg en afrechos sin cáscara.

## 2. RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE HORTALIZAS

**Residuos de la cosecha de los cultivos.**

Los desechos de los cultivos hortícolas están compuestos, por la planta entera o por parte de ella, dependiendo de qué cultivo se trate, como también del objetivo de su producción. Estos residuos están conformados por distintas proporciones de hojas, tallos, inflorescencias, frutos y tubérculos, lo que hace que varíe su valor nutritivo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La mayoría de estos residuos exhiben excelentes características nutritivas, pudiéndolo comparar con cualquier forraje de buena calidad; eso sí, presentan un alto porcentaje de agua en su biomasa, la cual puede encarecer el transporte y el costo de almacenamiento (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En general, los residuos de cultivos hortícolas presentan una elevada cantidad de nutrientes, esto debido a que la cosecha de estos cultivos se realiza cuando la planta presenta un estado fenológico relativamente temprano. Este estado fenológico vegetativo se caracteriza por estructuras verdes, tiernas, con alta concentración de elementos nutritivos en hojas, tallos, frutos y flores y alta digestibilidad, debido a sus bajos porcentajes de pared celular (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Por lo tanto, el valor nutritivo de los residuos de hortalizas es muy superior a los rastrojos de los cultivos anuales, principalmente en cuanto a su contenido en proteína bruta, la que varía entre 15 a 30%. Además, estos residuos presentan una baja concentración de fibra bruta, entre 6-45%, traduciéndose en una elevada digestibilidad (más de 65%), por lo que se puede asemejar a un heno de alfalfa (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Los residuos de diferentes cultivos se caracterizan como sigue:

**Residuo del cultivo de acelga (*Beta vulgaris L. sp cycla).***

Dentro del cultivo de la acelga, del total del residuo generado por cosecha, un 63% son hojas, 14% son tallos y 13% son coronas. En cuanto a la biomasa total producidas en cada corte alcanza en promedio 4.6 ton MS/ha (especialmente a partir del segundo corte), de las cuales queda entre 0.6 a 0.8 ton de MS/ha de residuos por cosecha, disponiendo en el año de 2.4 a 3.2 ton MS/ha (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

Este residuo posee un elevado contenido de proteína bruta y cenizas por contaminación por tierra, su digestibilidad es más bien media (entre 63.9% y 64.9%). Presenta un nivel elevado de sales de oxalatos, pudiendo ocasionar problemas de absorción de calcio en vacas lecheras y problemas de cálculos renales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 18).

CUADRO 18. Valor nutritivo de los componentes del residuo de cultivo de acelga.

| | Tallos | Hojas | Coronas |
|---|---|---|---|
| **MS%** | 7,5 | 8,0 | 5,8 |
| **MO%** | 69,5 | 67,7 | 64,7 |
| **Cenizas%** | 26,6 | 30,1 | 31,0 |
| **PB%** | 20,0 | 24,6 | 20,6 |
| **DMS%** | 64,1 | 64,9 | 63,9 |

(Fuente: MANTEROLA y CERDA, 1990).

**Residuo del cultivo del apio (*Apium graveolens L. var. Dulce).***

La masa residual del apio se compone, básicamente, de los tallos basales con sus hojas y la corona, la cual corresponde al residuo que queda en el suelo luego de la cosecha. En el total del residuo producido las hojas conforman el 52%, los tallos el 36% y las coronas el 12%. La producción de biomasa total alcanza a 6.6 ton de MS/ha, quedando al finalizar la cosecha un desecho de 2.5 a 3.8 ton/MS/ha (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

Este residuo presenta un buen valor nutritivo, pues posee niveles medios de proteína bruta (entre 10%-15%), concentrándose más en las hojas; bajo contenido de pared celular y alta digestibilidad

(78.3%-84.6%). Pero este material presenta altos contenidos de agua y de cenizas, esto debido a su contaminación con tierra, lo que puede limitar el consumo de materia orgánica y energía. En general, presenta buenas características organolépticas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 19).

**Residuo del cultivo de la coliflor (*Brassica oleraceae L. var. Botrytis L.)***

En cuanto al residuo del cultivo de coliflor, se compone por 59% de hojas, 28% de inflorescencias y un 13% de tallos (MANTEROLA y CERDA, 1990). Previa a la cosecha, presenta una biomasa total de 190 a 200 ton/ha de materia verde, de las cuales 2.8 a 3.0 ton MS/ha es biomasa residual (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

CUADRO 19. Valor nutritivo de los componentes del residuo de cultivo de apio

| | Tallos | Hojas | Coronas |
|---|---|---|---|
| **MS%** | 10,5 | 9,0 | 12,0 |
| **MO%** | 56,7 | 63,2 | 56,6 |
| **Cenizas%** | 36,5 | 29,8 | 37,4 |
| **PB%** | 10,7 | 14,9 | 9,7 |
| **FDN%** | 30,0 | 25,1 | 30,0 |
| **DMS%** | 83,5 | 84,6 | 78,3 |

(Fuente: MANTEROLA *et al*, 1993a).

**Valor bromatológico**

El residuo de la coliflor presenta elevado contenido de proteína, sobretodo en las inflorescencias, y elevada digestibilidad (74.9%-87.5%). Pero debido a su contaminación con tierra de las hojas basales, posee altos contenidos de cenizas. Sin embargo, el principal problema de este residuo en la alimentación animal, es su aroma característico que se acentúa al cortarse y premarchitarse, y sabor; los que pueden transmitirse a la leche, otorgándoles características no deseables por el consumidor (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 20).

CUADRO 20. Valor nutritivo de los componentes del residuo de cultivo de coliflor.

| | Tallos | Hojas | Inflorescencia |
|---|---|---|---|
| **MS%** | 13,0 | 10,0 | 15,0 |
| **MO%** | 75,3 | 69,6 | --- |
| **Cenizas%** | 16,3 | 21,5 | --- |
| **PB%** | 15,9 | 15,5 | 21,4 |
| **DMS%** | 76,0 | 87,1 | -- |
| **DMO%** | 74,9 | 87,5 | -- |

(Fuente: MANTEROLA *et al.* 1993a).

**Residuo del cultivo del repollo *(Brassica oleraceae L. var. Capitata L.).***

La masa residual del cultivo del repollo fluctúa entre 1.6-1.7 ton MS/ha, siendo de este total el 82% hojas y el 18% restante tallos (Figura 17).



FIGURA 17. Rastrojo de repollo en Chincolco, Petorca. (Fotografía: Shirley Alfaro).

**Valor bromatológico**

El residuo del repollo presenta elevadas concentraciones de proteína y bajo porcentaje de fibra, representando, entonces, una buena fuente proteica para el ganado; además, su contenido de cenizas es intermedio, no constituyendo un factor limitante para el aporte de energía metabolizable. Su principal problema para usarlo como un recurso para la alimentación animal, es la transmisión de aromas y sabores no deseables a la leche, generando problemas organolépticos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 21).

CUADRO 21. Valor nutritivo de los componentes del residuo de cultivo de repollo.

| | Tallos | Hojas |
|---|---|---|
| **MS%** | 12,0 | 9,0 |
| **MO%** | 82,0 | 90,0 |
| **Cenizas%** | 12,0 | 10,0 |
| **PB%** | 27,0 | 21,0 |
| **EE%** | 2,0 | 3,0 |
| **FC%** | 24,0 | 10,0 |

(Fuente: CIUDAD *et al.*, 1982; MANTEROLA y CERDA, 1990).

**Residuos del cultivo del tomate *(Lycopersicum sculentum).***

Las características del residuo de cultivo de tomate, en cuanto a su biomasa residual, porcentaje de cada componente y valor nutritivo, van a estar en función del cultivar que se trate. Así, existen diferentes tipos de cultivares, los destinados a concentrados o pulpas y, otros destinados a consumo; éstos pueden ser cultivados de forma tradicional o bajo invernadero. Este cultivo bajo invernadero genera tres veces más de residuo que los cultivos tradicionales, esto debido al ambiente controlado y al tipo de poda que se desarrolla en el invernadero (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figuras 18a y 18b).

Según CRISTI (1994), en nuestro país se cultiva tomate prácticamente durante todo el año, existiendo tres épocas de cultivo para tomates bajo invernadero, en el caso de la comuna de Quillota, además del cultivo al aire libre; generándose, entonces, residuos durante todo el año. Estos desechos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Los brotes*: desecho compuesto por los ápices de crecimiento axilar que se generan en estado verde durante todo el cultivo.
- *Las hojas*: se generan durante todo el cultivo, se componen, principalmente, de hojas verdes, también, de hojas cloróticas, secas y con problemas fitosanitarios.
- *Los tallos con raíz*: este residuo se genera al término del cultivo, en estado de materia seca.
- *Los frutos*: se desecha una gran cantidad de frutos, a nivel de embalaje, debido a su bajo calibre, al no tener valor comercial; además, se desechan los frutos con problemas fitosanitarios y con problemas fisiológicos, como lo son el tipo "rosca" (fruto que presenta su placenta a la vista) y el "florón" (fruto deforme multilobulado).



FIGURA 18a. Rastrojo de cultivo de tomate bajo invernadero, en Quillota (Fotografía: Fabiola Aránguiz).



FIGURA 18b. Rastrojo de frutos de tomate de bajo calibre (Fotografía: Fabiola Aránguiz)

FIGURA 18. Rastrojo de cultivo de tomate bajo invernadero en Quillota.

En general, las variedades de los tomates bajo plástico son de tipo indeterminado, es decir, de crecimiento ilimitado. Antes del primer racimo, estas plantas, generan de ocho a 12 hojas de tamaño reducido; luego, entre racimos, se generan tres hojas, las que se extirpan antes de la cosecha de cada racimo. Las plantas de otoño y primavera, se manejan,

aproximadamente, con cinco y siete racimos, respectivamente; pudiendo dejarse hasta 20 racimos, denominándose "cultivo de largo aliento", cuando las condiciones fisiológicas de la planta y las condiciones del mercado así lo permitan. El cultivo de tomate al aire libre, generalmente, corresponde a una planta de tipo determinado, es decir, puede crecer hasta alrededor de 80 cm, pudiendo cosecharse hasta siete racimos; en este tipo de cultivo, la planta completa y los frutos no cosechados quedan disponibles al término de la cosecha (Cuadro 22).

CUADRO 22. Ficha fenológica de la obtención de desechos.

| Labor | Estado Fenológico | Desecho generado |
|---|---|---|
| 1er desbrote | Cuando los brotes tienen app. 5 cm | Todos los brotes axilares |
| 2do desbrote y 1ra poda de hojas basales | Cuando el brote bajo el 2do racimo tiene 2 a 3 cm | Todos los brotes más hojas basales |
| 3er desbrote y poda de hoja que sombrean el racimo | Cuando los frutos tienen un diámetro de 1 cm aproximadamente. | Brotes y hojas |
| 4to desbrote y despeje del 2do racimo | Cuando los frutos del 2do racimo tienen un diámetro de 1 cm | Brotes y hojas |
| Poda de racimos | Una vez cuajados todas las flores hormoneadas | Fruto recién cuajado |
| Poda de hojas parásitas | Durante todo el cultivo | Hojas |
| Poda de hojas bajo el racimo | Una vez cosechado el racimo | Hojas |
| Poda de hojas dañadas | Durante todo el cultivo | Hojas amarillas, secas, necróticas y con problemas fitosanitarios |
| Despunte | Cuando se logra el número de racimos deseado | Crecimiento sobre el último racimo |
| Arranque de plantas | Al final del cultivo | Tallos con raíz |
| Barrido de las naves | Última labor de limpieza | Frutos con tierra y pajas. |

(Fuente: CRISTI, 1994).

El desbrote genera entre 4-6 ton MS/ha, el deshoje genera entre 6-8 ton MS/ha y, la planta entera, entre 10-12 ton MS/ha (CRISTI, 1994).

De las variedades de invernadero, la biomasa residual total varía entre 11-15 ton de MS/ha; los frutos de desechos o no cosechados son los que más aportan a este residuo total (38%), luego vienen las hojas y los tallos, con 37% y 25%, respectivamente. (MANTEROLA *et al.*, 1993a). Según CRISTI (1994), los valores de residuo del cultivo bajo invernadero alcanzan a 10 ton de MS/ha. En cuanto a las variedades cultivadas al aire libre, su biomasa residual puede fluctuar entre 3.6-4.3 ton de MS/ha, siendo las hojas son las que más aportan al porcentaje total de este residuo (46%), seguidas por los frutos (35%) y los tallos (20%). Finalmente, en las variedades destinadas a la producción de pulpa, los cultivares pueden producir entre 3.5-3.8 ton de MS/ha, generando de éste de 2.5-2.6 ton MS/ha de masa residual, la cual se compone de 57% de follaje (hojas y tallos) y 43% de frutos de desechos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

Las variedades de cultivo tradicional presentan un mayor valor nutritivo que aquellas bajo invernadero, pues en estas últimas existe un mayor desarrollo de forraje, están más gruesas, más lignificadas, son de menor digestibilidad y presentan menores contenidos en proteína. Los tallos de variedades bajo invernadero presentan mayor proporción de lignina ya que, al tener un crecimiento de tipo arbustivo, necesitan una mayor resistencia (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Los frutos de desecho presentan una mayor concentración de proteína y digestibilidad que el resto del residuo del cultivo de tomate; la proteína bruta en las variedades para pulpa y para el cultivo al aire libre se presenta en mayor cantidad en los frutos que en el follaje, sin embargo, en las variedades bajo invernadero presentan mayor concentración de este nutriente en las hojas. En cuanto a la cantidad de fibra (FDN) en los frutos de desecho, ésta se concentra más en las variedades para pulpa y para las de invernadero, debido a la mayor presencia de cáscara, alvéolos y envolturas de semillas; en tanto, las variedades para cultivo tradicional los frutos presentan menores concentraciones de FDN que en los tallos, debido a la menor cantidad de semillas que poseen estos frutos. Finalmente, la degradabilidad en el rumen de la materia seca de las diferentes fracciones es baja (máximo 40%), es decir, hay una mayor retención de la ingesta a nivel ruminal, por lo que el consumo disminuye (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 23 y 24).

CUADRO 23. Valor nutritivo de los componentes de los residuos de cultivo de variedad de tomate para pulpa.

| Variable | Var. para pulpa | |
|---|---|---|
| | Follaje | Frutos |
| MS % | 14,9 | 5,4 |
| MO % | 70,7 | 86,1 |
| PB % | 10,9 | 15,9 |
| FDN % | 34,0 | 48,6 |
| DMS % | 77,9 | 53,4 |
| DMO % | 77,0 | 54,7 |

(Fuente: MANTEROLA y CERDA, 1990; CERDA *et al.*, 1995).

CUADRO 24. Valor nutritivo de los componentes de los residuos de cultivo de variedad de tomate para consumo tradicional y de variedad para invernadero.

| Variable | Var. Consumo tradicional | | | Var. Consumo invernadero | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hojas | Tallos | Frutos | Hojas | Tallos | Frutos |
| MS % | 33,2 | 19,1 | 5,3 | 17,5 | 14,5 | 3,7 |
| MO % | 70,8 | 83,9 | 87,9 | 80,4 | 87,1 | 89,3 |
| PB % | 10,9 | 9,8 | 21,2 | 17,0 | 8,5 | 13,0 |
| FDN % | 32,5 | 52,1 | 45,9 | 43,4 | 59,5 | 66,2 |
| FDA % | 28,7 | 40,8 | 45,4 | 34,3 | 50,0 | 47,5 |
| DMS % | 79,9 | 68,6 | 58,4 | 74,0 | 64,8 | 50,7 |
| DMO % | 79,5 | 69,4 | 43,3 | 74,0 | 65,8 | 53,7 |
| CEL % | 16,6 | 29,5 | 2 4,5 | 23,5 | 36,4 | 37,7 |
| HCEL % | 3,8 | 11,3 | 0,5 | 9,1 | 9,6 | 18,6 |
| LIGN % | 8,9 | 10,8 | 8,9 | 9,5 | 13,3 | 9,5 |
| CEN % | 3,2 | 0,5 | 2,0 | 1,3 | 0,2 | 0,4 |
| ED (Mcal/kg) | 2,3 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 1,7 | 2,4 |
| EM (Mcal/kg) | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 1,4 | 1,9 |

(Fuente: MANTEROLA y CERDA, 1990; CERDA *et al.*, 1995).

De acuerdo a un estudio realizado por CRISTI (1994), obtenido en la variedad de cultivo de tomate FA 144, bajo invernadero y de largo aliento, el valor nutritivo del desbrote es alto, ya que posee entre 20-22% de proteína; el deshoje posee un 15-16% de proteína y el residuo de la planta entera, posee un 8% de proteína (Cuadro 25).

CUADRO 25. Análisis nutricional de las muestras obtenidas de la planta de tomate var. FA 144.

| Muestras | MS % | ED Mcal/kg | EM Mcal/kg | PC % |
|---|---|---|---|---|
| Raíz | 39,95 | 2,026 | 1,661 | 11,18 |
| Tallo | 34,54 | 2,074 | 1,701 | 8,44 |
| Fruto | 7,21 | 3,523 | 2,889 | 12,25 |
| Brotes | 10,46 | 3,521 | 2,887 | 21,68 |
| Hojas | 13,59 | 2,734 | 2,242 | 16,50 |

(Fuente: CRISTI, 1994).

**Residuo del cultivo de la lechuga *(Latuca sativa L.).***

En el cultivo de lechuga, se genera entre 500 a 600 kg de MS de residuo/ha por cosecha y, si se toma en cuenta que, en general, se realizan tres cultivos al año, daría un total acumulado de 1.500 a 1.800 kg de MS/ha/año. Sin embargo, estos volúmenes pueden ser muy fluctuantes, pues dependerán del precio que tenga la lechuga en el mercado. Esta biomasa residual se compone de lechugas pequeñas, lechugas de desecho y hojas que han sido eliminadas por tener algún daño (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). (Figuras 19a, 19b y 19c).



FIGURA 19a. Rastrojo de lechuga Escarola en Quillota (Fotografía: Fabiola Aránguiz).



FIGURA 19b. Rastrojo de lechuga Costina, en Lo Abarca, Provincia de San Antonio (Fotografía: Fabiola Aránguiz).



FIGURA 19c. Rastrojo de lechuga Costina utilizada por caballares, en Lo Abarca, Provincia de San Antonio (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

FIGURA 19. Rastrojo de cultivo de diferentes variedades de lechuga.

Además, la biomasa residual también va a estar en relación con la variedad de lechuga que se trate; por ejemplo, en la zona central se produce la variedad Milanesa, Escarola y la Costina, en la primera se genera bajo volumen de residuo, el que se conforma principalmente de hojas (81%), la Costina en cambio, produce tres veces más de residuo que la Milanesa, ya que es una variedad más alta y con un mayor número de hojas por planta, presentando un 64% de hojas y un 36% de tallos en total (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Finalmente, la lechuga Escarola produce un tercio de residuo.

**Valor bromatológico**

El valor nutritivo de los residuos de la lechuga va a estar en función de la variedad que se trate, siendo en general, este valor elevado. La variedad Milanesa presenta una alta concentración de nutrientes y una mayor digestibilidad que la variedad Costina; en cuanto al valor proteico, existen grandes diferencias, siendo la variedad Milanesa la que posee una mayor cantidad de proteína bruta (22%). En general, este residuo presenta una baja cantidad de fibra y alta digestibilidad (84%-82%), asegurando en consecuencia una elevada absorción de nutriente. Su contenido de cenizas es alto, concentrándose la mayor parte de las hojas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 26).

CUADRO 26. Composición y cantidad de residuo en el cultivo de dos variedades de lechuga

| Variedad | Componente | MV (ton/ha) | % MS | MS (ton/ha) |
|---|---|---|---|---|
| Milanesa | Hojas | 6,8 | 5,8 | 0,39 |
| | Tallos | 1,4 | 6,5 | 0,09 |
| | **Total** | 8,2 | --- | 0,48 |
| Costina | Hojas | 3,1 | 28,8 | 0,89 |
| | Tallos | 2,8 | 17,9 | 0,51 |
| | **Total** | 5,9 | --- | 1,40 |

(Fuente: MANTEROLA *et al*, 1993a).

**Residuo el cultivo del pepino de ensalada *(Cucumis sativus L.)*.**

A nivel nacional, la mayor parte del cultivo de pepino de ensalada se desarrolla al aire libre, siendo pocos los productores que cultivan bajo invernadero. Mediciones realizadas en el cultivo de pepino de ensalada, indican que en el cultivo bajo invernadero se genera un residuo de aproximadamente 15.8 ton de MS/ha, casi sextuplicando la producción de residuo que se genera al aire libre, el cual presenta 3 ton de MS/ha. La mayor parte de la biomasa residual la conforman las hojas y los tallos, con un 53-63% del total; también se desechan frutos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 27) (Figura 20).

CUADRO 27. Composición y producción de residuo en el cultivo de pepino de ensalada

| Tipo de cultivo | Componente | MV (ton/ha) | MS % | MS (ton/ha) |
|---|---|---|---|---|
| Invernadero | Hojas y Tallos | 12,4 | 72,2 | 8,9 |
| | Frutos | 62,9 | 10,8 | 6,8 |
| | **Total** | 75,3 | --- | 15,8 |
| Tradicional | Hojas y Tallos | 5,0 | 5,8 | 1,7 |
| | Frutos | 20,5 | 4,9 | 1,0 |
| | **Total** | 26,2 | --- | 2,7 |

(Fuente: CERDA *et al.*, 1995).

### Valor bromatológico

Este residuo se caracteriza por poseer un contenido intermedio de proteína bruta (10-12%), concentrándose la mayor parte de ésta en los frutos, pero la gran incidencia de follaje en la materia seca hace bajar este contenido a 11% y 13%. El contenido de proteína bruta puede llegar a 17%, lo que puede deberse a variedades y niveles de fertilización nitrogenada. En cuanto a su digestibilidad, ésta es elevada, en especial en los residuos de cultivo de tipo tradicional; el contenido de fibra es bajo tanto en hojas como en frutos. Sin embargo, el residuo del pepino de ensalada bajo invernadero tiene un elevado contenido de lignina, siendo 42% mayor que el cultivo tradicional, disminuyendo su valor de digestibilidad de la materia orgánica. El aporte de energía metabolizable es mediano a bajo, siendo recomendable que para su inclusión se agregue algún suplemento de tipo energético (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 28).



FIGURA 20. Rastrojo de pepino de ensalada y melón, en Chincolco. (Fotografía: Shirley Alfaro).

CUADRO 28. Composición y valor nutritivo del residuo de cultivo del pepino de ensalada.

| Cultivo | Invernadero | | | Aire libre | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Variable | Follaje | Frutos | Prom. | Follaje | Frutos | Prom. |
| MO% | 75,0 | 88,5 | 80,8 | 63,7 | 87,0 | 72,0 |
| PB% | 10,7 | 15,5 | 12,7 | 8,6 | 16,3 | 11,5 |
| FDN% | 46,3 | 41,1 | 44,2 | 36,0 | 26,7 | 32,6 |
| FDA% | 38.8 | 38,7 | 38,7 | 36,4 | 24,1 | 31,8 |
| DMS% | 77,9 | 64,1 | 71,2 | 79,6 | 86,2 | 82,0 |
| DMO% | 76,1 | 65,4 | 71,5 | 79,8 | 86,2 | 82,1 |
| CELU% | 23,5 | 25,1 | 24,2 | 10,4 | 16,7 | 12,7 |
| HCEL% | 7,5 | 2,7 | 5,5 | 0,4 | 2,7 | 1,25 |
| Lignina% | 12,0 | 13,5 | 12,7 | 10,4 | 5,4 | 8,5 |
| Ceniza% | 3,2 | 0,1 | 1,9 | 10,0 | 1,9 | 7,0 |
| EB (Mcal7kg) | 3,1 | 4,5 | 3,7 | 2,5 | 4,3 | 3,1 |
| ED (Mcal7kg) | 2,4 | 2,9 | 2,6 | 2,0 | 3,7 | 2,6 |
| EM (Mcal7kg) | 2,0 | 2,4 | 2,1 | 1,6 | 3,0 | 2,1 |

(Fuente: MANTEROLA *et al.*, 1993a).

**Residuo del cultivo del melón *(Cucurbita melo L.)*.**
La biomasa residual del melón está compuesta por tallos, hojas y frutos, todos con un alto porcentaje de agua. En cuanto al volumen, la variedad produce más residuo que la variedad Tuna, especialmente en frutos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 20).

### Valor bromatológico

Su valor nutricional es adecuado, ya que tiene un porcentaje intermedio de proteína bruta, elevada digestibilidad y buen aporte de energía metabólica; pero, en general, este valor nutritivo va a depender de la cantidad de frutos que se dejen sin cosechar, ya que son los frutos los que concentran mayor cantidad de azúcar soluble y proteína (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 29).

CUADRO 29. Composición y valor nutritivo de cultivo de dos variedades de melón.

| Variedad | Cantaloupe | | | Tuna | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Variable | Hojas | Tallos | Frutos | Hojas | Tallos | Frutos |
| MO% | 62,7 | 79,6 | 88,6 | 70,7 | 86,9 | 86,9 |
| PB% | 15,3 | 11,3 | 16,3 | 13,7 | 7,7 | 16,0 |
| FDN% | 27,7 | 45,0 | 37,4 | 29,0 | 49,7 | 80,8 |
| FDA% | 24,7 | 38,2 | 34,3 | 23,8 | 36,2 | 32,5 |
| DMS% | 84,4 | 79,7 | 68,5 | 83,0 | 74,1 | 68,1 |
| DMO% | 80,3 | 77,8 | 69,4 | 79,8 | 75,4 | 69,0 |
| CELU% | 11,9 | 29,2 | 21,7 | 11,5 | 24,8 | 21,8 |
| HCEL% | 2,9 | 6,2 | 3,1 | 5,2 | 13,4 | 48,3 |
| Lignina% | 8,8 | 9,2 | 12,3 | 9,4 | 11,2 | 9,8 |
| Ceniza% | 4,0 | 0,5 | 0,3 | 2,9 | 0,2 | 0,9 |
| EB (Mcal7kg) | 2,9 | 3,4 | 4,6 | 3,0 | 4,0 | 4,9 |
| ED (Mcal7kg) | 2,5 | 2,7 | 3,1 | 2,5 | 3,0 | 3,3 |
| EM (Mcal7kg) | 2,0 | 2,2 | 2,6 | 2,1 | 2,5 | 2,7 |

(Fuente: MANTEROLA *et al.*, 1993a).

**Residuo del cultivo del frejol verde** ***(Phaseolus vulgaris).***

La biomasa residual de este cultivo potencialmente aprovechable es de 3.6 ton de MS/ha (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 21).

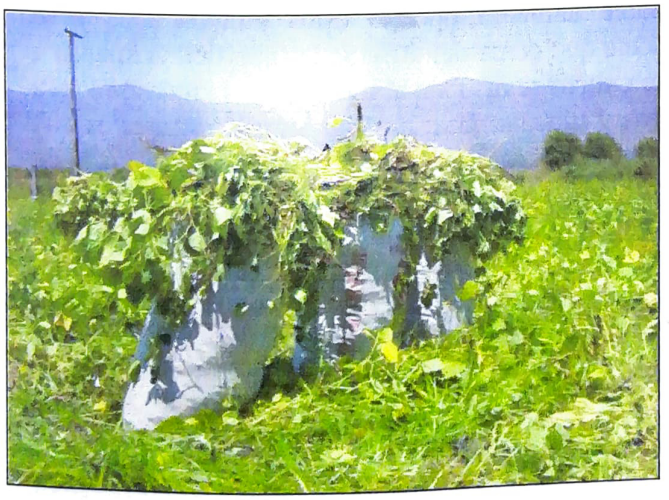


FIGURA 21. Rastrojo de *Phaseolus vulgaris* en Quillota. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

**Valor bromatológico**

El valor nutritivo de este residuo es superior que la paja de fréjol, esto debido a que la cosecha se realiza cuando se están formando los frutos, en un estado vegetativo todavía verde. Es por esto que este residuo posee un adecuado nivel de proteína bruta, la que se concentra mayoritariamente en los granos y vainas; presenta un bajo porcentaje de fibra y alta digestibilidad, siendo entonces una excelente opción para la alimentación de rumiantes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 30).

CUADRO 30. Composición nutritiva del residuo de cultivo de frejol en verde.

| Compo-nente | MS % | PB % | FDN % | DMS % | EE % | CEN % | ED (Mcal /kg) | EM (Mcal /kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parte aérea | 33,0 | 14,0 | 34,0 | 70,0 | 2,0 | 6,0 | 2,55 | 2,15 |
| Grano+ vaina | 10,0 | 24,0 | --- | --- | 3,0 | 8,0 | 3,1 | 2,6 |

(Fuente: MANTEROLA *et al.*, 1993a).

**Residuo del cultivo de haba** ***(Vicia faba).***

El residuo de este cultivo se compone de hojas, tallos y vainas no cosechadas, generando en total una biomasa residual que varía entre 11 a 12 ton de MS/ha. Las variedades de haba cultivadas en invierno producen más residuo que las variedades de verano, debido a que presentan una mayor estatura vegetal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

Este residuo se caracteriza por tener una elevada concentración de proteína bruta, digestibilidad y un nivel de fibra intermedio, por lo que se asemeja mucho al heno de alfalfa; característica que la hace ser una posible fuente alimenticia para bovinos de carne y de leche, usándola en forma directa o como ensilaje (MANTEROLA, CEDCA y MIRA, 1999) (Cuadro 31).

CUADRO 31. Valor nutritivo de los componentes del residuo de cultivo de haba.

| Variable | Planta entera | Granos |
|---|---|---|
| MS% | 22,3 | 25,5 |
| MO% | 89,7 | 94,5 |
| CEN% | 10,3 | 5,5 |
| PB% | 18,8 | 44,7 |
| FDN% | 39,1 | --- |
| DMS% | 67,8 | --- |

(Fuente: MANTEROLA y CERDA, 1990).

**Residuo del cultivo de alcachofa *(Cynara scolymus L.)*.**

El residuo del cultivo de alcachofa está integrado por las hojas y tallos que resultan de la recolección de las inflorescencias destinadas para el consumo humano, además de algunas inflorescencias no cosechadas. Según WERNLI y TAMES (1989), de este cultivo se calcula un rendimiento de 11.105 kg/ha de forraje verde.

**Valor bromatológico**

Según EGAÑA y WERNLI (1982), el desecho de alcachofa tiene un elevado contenido de carbohidratos fermentables, siendo su follaje fácilmente ensilable, aunque es deficiente en su contenido de proteína cruda (6,7%).

De acuerdo al estudio realizado por HIDALGO (1982), se tiene la composición química del forraje remanente del cultivo de alcachofa chilena; su contenido de MS resulta elevado, lo que se explica por el estado maduro en que se hallaban las plantas al momento del corte. Además, este material estaba acompañado de un 28,7% de malezas, en base a peso seco (Cuadro 32).

CUADRO 32. Composición bromatológica del forraje remanente del cultivo de alcachofa chilena.

| Parámetro | % |
|---|---|
| Materia seca | 31,5 |
| Proteína cruda | 6,8 |
| Extracto etéreo | 2,1 |
| Carbohidratos no estructurales totales (CNT) | 14,0 |
| Paredes celulares totales (FDN) | 54,9 |
| Fósforo | 0,08 |
| Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica | 70,7 |

(Fuente: HIDALGO, 1982).

**Destríos de la industria hortícola: pomasa de tomate**

Estos comprenden a los residuos provenientes del procesamiento de las frutas para la obtención de pulpas y jugos concentrados obteniendo, dentro de las hortalizas, la pomasa de tomate (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Luego de la extracción del jugo del tomate, quedan los hollejos, semillas y algo de jugo, los que luego de sometidos a una deshidratación, se tiene un producto seco utilizable para la alimentación animal (SILVA, 1985).

Las pomasas de clasifican de acuerdo a su fruta de origen y, en general, corresponden al residuo que resulta luego de la extracción del jugo de la fruta, es decir, queda compuesto por el mesocarpio exprimido, proporciones variables de semillas, cáscara y pedúnculos. También, en algunas ocasiones, la industria puede separar las semillas del residuo para extraer de ellas aceite, quedando un nuevo residuo: la torta o afrecho. Las pomasas son residuos con un elevado contenido de agua y con buenas cantidades de energía, siendo muy aceptadas por los animales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La producción de tomate en nuestro país ha ido en notable aumento durante estos últimos años y se calcula que cerca del 50% de la superficie destinada a este cultivo se dispone al tomate de uso industrial para jugos y concentrados, es decir, se genera cerca de 800 a 900 mil ton de tomate a procesamiento para agroindustrias, las que se encuentran localizadas entre las regiones V, VII y región Metropolitana. Por último, cabe destacar que por cada ton de tomate que entra a procesamiento se genera entre 8-11% de pomasa (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

El valor bromatológico de este residuo va a estar en función de sus componentes, ya que la cantidad de nutrientes va a variar de acuerdo de la cantidad de piel,

semilla y pulpa que la pomasa contenga. Su elevado porcentaje de agua hace que este recurso sea utilizado sólo en predios cercanos, no más distantes que 50 km del lugar producido, ya que, de lo contrario, el costo del flete sería mayor que el utilizar otro tipo de alimentos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Su contenido en materia seca puede fluctuar entre 15 a 34% valor que dependerá del tiempo transcurrido desde la salida del residuo de la planta y el volumen de agua que se le agregue para facilitar su transporte por los ductos de salida. Este bajo contenido de materia seca puede limitar en mayor grado el consumo, por lo que este residuo debe ser incluido parcialmente en las dietas de rumiantes y proporcionarlo en mayor cantidad a aquellos animales de menores requerimientos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En general, la pomasa de tomate tiene un elevado valor bromatológico, comparable incluso con el heno de alfalfa de alta calidad, ya que al igual que éste, presenta una elevada proporción de proteína bruta, la que fluctúa entre 18-24%. Esta proteína se concentra principalmente en las semillas, pudiendo alcanzar hasta 25%; parte importante se comporta como proteína by-pass, estando protegida por el tegumento de las semillas y por las grasas dentro de las mismas semillas. Por su contenido en lisina, esta proteína es superior en calidad a la de la proteína de maíz y la de afrecho de soya, sin embargo es algo deficiente en aminoácidos sulfurados, como lo son metionina y cisteína (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La pomasa de tomate presenta, además, un elevado contenido en extracto etéreo, es decir, gran capacidad de aportar energía, la que fluctúa entre 4,6-5,9 Mcal/kg de energía bruta (Cuadro 33). Además, tanto la energía digestible como metabolizable son también muy elevadas con valores entre 3,6-4,1 Mcal/kg y entre 3,1-3,5 Mcal/kg, respectivamente. Esta fracción lipídica varía entre 9-16%, encontrándose la mayor parte de ella, en las semillas, por lo que el aporte energético dependerá de la presencia de ellas (Cuadro 34). Además, al ser semillas de pequeño tamaño y con un tegumento resistente pueden pasar directamente al tracto digestivo posterior, constituyendo un valioso aporte de ácidos grasos esenciales insaturados (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En cuanto al contenido de fibra, la pomasa de tomate presenta una proporción de fibra bruta que va desde los 20 a 42%, dependiendo de la variedad que se trate, ya que puede variar el grosor y porcentaje de piel y pulpa (BARBIERI, 1993). La pared celular de este residuo (FDN), representa entre 53-63% del total, lo que la asemeja a un heno de alfalfa de buena calidad, por otra parte la FDA (celulosa, lignina y sílice) es relativamente baja, fluctuando entre 6-14%. Sin embargo, toda esta fibra es corta, por lo que se si se incluye en porcentajes importantes en la dieta de un rumiante debe adicionarse además un heno o paja picada (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Según BEN-GERA (1969), este orujo de tomate, además de sus propiedades nutritivas, presenta un efecto antidiarreico en animales.

CUADRO 33. Composición química y valor nutritivo de la pomasa de tomate.

| Variable | Rango de valores |
|---|---|
| **MS%** | 14,7 – 34,0 |
| **PB%** | 18,0 – 23,5 |
| **FB%** | 11,2 – 40,9 |
| **FDN%** | 55,0 – 58,1 |
| **FDA%** | 50,0 – 49,0 |
| **EE%** | 10,6 – 11,6 |
| **EB (Mcal/kg)** | 5,9 |
| **EM Mcal/kg)** | 2,4 – 3,2 |
| **Ceniza%** | 6,0 – 4,6 |
| **DMS%** | 64,0 – 67,6 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

CUADRO 34. Composición química proximal de las fracciones componentes de la pomasa de tomate.

| Variable | PB% | FB% | EE% | CEN% | Ca (Mgr/ 100gr) | P (Mgr/ 100gr) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Semillas | 24,5 | 19,1 | 28,1 | 5,4 | 160 | 690 |
| Piel | 10,0 | 55,9 | 3,6 | 2,7 | 210 | 130 |

(Fuente: TSATSARONIS y BOSKOU, 1975).

**Destríos del procesado de hortalizas.**

Estos residuos provienen de aquellas agroindustrias que congelan, secan o envasan al vacío a las hortalizas para el consumo humano, utilizando frutos, tallos, hojas, tubérculos, trozos de inflorescencias, entre otros. Además, se generan residuos en la etapa de selección de la materia prima, descartando aquellas hortalizas no aptas para su procesamiento ya sea por daños, estados de madurez no adecuados, contaminación etc.; siendo residuos que presentan un elevado contenido de humedad, por ende, muy susceptibles a una rápida descomposición y son estructuras vegetales jóvenes con elevada concentración de nutrientes y palatabilidad. Las especies más importantes que se procesan para congelado, secado y enlatado son: el brócoli, el repollo de Bruselas, las betarragas, las zanahorias, los espárragos, los frejoles verdes, las habas, las arvejas verdes y los tomates (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

**Descartes de cebollas (*Allium cepa L.*):**
Estos descartes se componen de envolturas, tallos y trozos de bulbos.

Su valor bromatológico se caracteriza por tener un 90% de MS, 10-12% de proteína bruta y 57-62% de digestibilidad (BATH, 1981). Presenta además, alcaloides, pudiendo provocar anemia y toxicidad a los bovinos, equinos y ovinos (éstos últimos en menor proporción) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Descartes de coliflor:**
De la coliflor que va a procesamiento, se descarta la mayor parte del tallo y un porcentaje variable de inflorescencia que presenta daños.
El descarte de la coliflor presenta un valor bromatológico que se caracteriza por ser elevado, tener 7-8% de materia seca, 29-30% de proteína bruta y 70-75% de digestibilidad (MANTEROLA y CERDA, 1991; BATH *et al.*, 1995).

**Descartes de espárragos (*Asparagus officinalis L.*):**
Los espárragos pueden someterse en un proceso de enlatado o congelado; descartándose en ambos casos aquellos espárragos con daño apical, por forma o diámetro inadecuado y el despunte o corte de la parte basal de los tallos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El descarte de espárrago posee un buen valor bromatológico, presentando 18-25% de materia seca, 15-17% de proteína bruta y 50-55% de digestibilidad (MANTEROLA y CERDA, 1995; BATH *et al.*, 1995).

**Descartes de repollo de Bruselas *(Brassica oleracea var. Gemnifera):***
Este descarte proviene de la planta de procesado que desecha los brotes dañados por plagas o enfermedades y, además, trozos de brotes, tallos y hojas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La composición bromatológica de este residuo se caracteriza por tener entre 10 y 15% de materia seca, 29-33% de proteína bruta y 73-76% de digestibilidad (BATH *et al.*, 1995).

**Descartes de zanahorias (*Daucus carota*):**
Estos descartes se componen de zanahorias de pequeño tamaño, zanahorias dañadas por insectos o enfermedades y los ápices y coronas que son eliminados antes del procesamiento (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 22).

Su valor bromatológico se caracteriza por presentar un 10-12% de materia seca, un 10-13% de proteína bruta y 74-84% de digestibilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).



FIGURA 22. Rastrojo de *Daucus carota,* en Santo Domingo (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

**Descarte de brócoli (*Brassica oleraceae var.italica)*:** Este descarte se compone de inflorescencias, tallos y hojas. Su valor bromatológico se compone de 9-12% de materia seca, 33% de proteína bruta y 70% de digestibilidad (CIUDAD *et al.*, 1982).

## 3. RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE FRUTALES

En zonas frutícolas el ramón constituye un valioso alimento para el ganado. En zonas, muy tecnificadas y especializadas en fruticultura, a menudo no se encuentra ganado para que se haga uso de este alimento, por lo cual debe ser triturado y enterrado o bien quemado. En igual forma, los residuos hortofrutícolas frescos, especialmente follaje, no consumidos por el hombre constituyen un rastrojo valioso para el ganado.

**Residuos provenientes de la poda.**

El más importante residuo de las plantaciones frutales, lo conforman aquellos provenientes de la poda, compuestos por hojas, ramas y frutos de variables grosor y calibre. El uso de estos residuos es local, en fresco bajo el mismo árbol, o bien, desecados al sol en otro sector. Sin embargo, el costo que implica el uso de mano de obra y transporte, limita su uso en pequeñas explotaciones; por lo que el empleo de este recurso en la alimentación animal es escaso, siendo la mayor parte quemada *in situ* (MORENO Y OCIO, 1988).

Las ramas de poda y sarmientos constituyen los principales residuos del sector frutícola, siendo su utilización muy reducida, quedando un gran volumen de remanente que no es usado de manera ventajosa. En cuanto a su aprovechamiento, en general, una pequeña cantidad es utilizada como leña por los propios inquilinos, dejando el resto para la acumulación y la quema (SILVA, 1985).

Los residuos de poda de huertos se componen de hojas verdes o en estado senescente, y de tallos de dos años y de la temporada (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 23).

La poda es una operación a través de la cual se desechan parte de la madera del árbol, siguiente determinados objetivos como: dar una forma y estructura adecuada con la finalidad que el árbol pueda producir fruta de calidad, promover la renovación anual de la madera para mantener la producción de forma perdurable, controla la altura y disposición de las ramas de estructura y, finalmente, mantener la iluminación en el interior del follaje para que se desarrollen los frutos en la zona baja del árbol y se faciliten las labores de manejo y cosecha (GAMALIER *et al.*, 2005).

Las especies frutales de hoja caduca exigen una poda permanente año a año, como las pomáceas, viñas, patronales, berries, etc., la cual se practica generalmente en invierno, generando un volumen importante de desechos. Los frutales de hoja persistentes, en cambio, no son sometidos a una poda, sino más bien a despunte de sus ramillas cada cierto período (3 a 4 años), por lo que generan un volumen de residuos de poda no muy significativo (CALDERÓN, 2002).

De acuerdo a lo anterior, las especies que producen de forma permanente los desechos de poda son: el ciruelo europeo, el ciruelo japonés, el damasco, el duraznero y el cerezo (CALDERÓN, 2002).



FIGURA 23. Desecho de *Vitis vinifera* en forma de hoja. (Fotografía: Gustavo Achurra)

En el sarmiento de la vid (*Vitis vinífera*), por ejemplo, sus residuos son los brotes que se han secado y caído sus hojas, es decir, pueden ser como las ramas del año. Actualmente, la poda es cada vez más utilizada, sobretodo para las variedades de uva de mesa.

La necesidad de podar los frutales de hoja persistente, ha sido uno de los aspectos más discutidos en el manejo de estos cultivos; ya que al eliminar el follaje, se elimina también los fotosintatos y la madera que

aún es productiva. Es por esto que esta técnica es aún reciente en los productores de cultivos de frutales de hoja persistente (GAMALIER *et al.*, 2005).

Ejemplo de lo anterior es el palto (*Persea americana Mill.*). Este es un árbol de hoja persistente que, dado a los problemas de excesivo follaje y sombreamiento de los huertos, se comenzó a introducir la técnica de poda (GAMALIER *et al.*, 2005). Actualmente, la poda en huertos de palto es una necesidad, considerando que las producciones modernas realizan muy densas plantaciones y que cada vez más el negocio de este rubro pasa por producir grandes volúmenes de fruta de adecuado calibre y de manera constante en el tiempo.

Al cuantificar el potencial de generación de los residuos de ramas y sarmientos, se ha estimado que en los huertos frutales de hoja caduca se pueden generar en promedio 4 ton de poda/ha. En cuanto al cultivo de la vid para vinificación en condiciones bajo riego, la cantidad de poda generada también es de 4 ton/ha, mientras que en viñedos de secano, producen aproximadamente 2 ton/ha. En los cultivos de vides de mesa, al desarrollarse en sistemas de patronales, produce un mayor volumen de residuo de poda, llegando a un valor de 6 ton/ha (SILVA, 1985).

**Valor bromatológico**

En cuanto al valor bromatológico de los residuos de poda, éstos presentan una mayor concentración de nutrientes en las hojas, siendo las especies de hojas persistentes las que mantienen de manera más relativamente constante su valor nutritivo de sus hojas. En las especies de hojas caduca, en cambio, los nutrientes son traslocados a los sitios de reserva, por lo que queda un material de bajo valor nutritivo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Según FUENTES da FONSECA (1995), no es aconsejable el uso de las hojas y chapodas en verde en la alimentación de rumiantes, que provienen de la poda o raleo de los huertos frutales, ya que representan un recurso forrajero de muy variable disponibilidad y de bajo volumen en fitomasa.

**Sarmiento de vid (*Vitis vinífera*):**
El sarmiento presenta un 6,7% de proteína bruta, 51,7% de contenido de pared celular y 42,7% de digestibilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999); asemejándolo mucho a lo que es el valor nutritivo de una paja.

**Hojas de palto (*Persea americana Mill.*):**
En relación a la calidad bromatológica de los residuos generados en este cultivo, se cuenta con la información sobre la composición nutricional de las hojas de palto Hass, obtenida por CRISTI (1994); presentando como resultado un 14,02% en cuanto a materia seca, 10,19% de proteína cruda, 2659,1 Kcal/kg de energía digestible y 2180,1 Kcal/kg de energía metabolizable.

Según la información obtenida de FUENTES da FONSECA (1995), se indica que las hojas de palto var. Edranol, presentan un 39,51% de materia seca; 1,34% de energía metabolizable (Mcal/kg); 9,75% de proteína cruda; 36,20% de digestibilidad aparente de la materia seca y 35,10% de digestibilidad aparente de la materia orgánica. Los elevados valores obtenidos en materia seca, pueden deberse, según el autor, a la avanzada edad de los árboles en donde fueron recolectadas (10 años aproximadamente), además se extrajeron las hojas ubicadas en la parte inferior del árbol y, por lo tanto de varios años de edad; lo que explicaría esta aparente anomalía. Por otra parte, presentan un bajo tenor de energía metabolizable, lo que sumado a su baja digestibilidad de la materia seca, hace que estas hojas sean un magro recurso alimenticio. A pesar de presentar un contenido proteico relativamente elevado, presentan una baja digestibilidad, por lo que la eficiencia de asimilación de la proteína es escasa y deficiente, no constituyendo un recurso importante de nitrógeno en la dieta.

**Hojas de cítricos:**
De acuerdo a un estudio desarrollado por CRISTI (1994), las hojas de cítricos presentan el siguiente análisis nutricional: 12,45% de materia seca, 2936,7 Kcal/kg de energía digestible, 2408,1 Kcal/kg de energía metabolizable y un 11,93% de proteína cruda.

FUENTES da FONSECA (1995), obtiene valores nutricionales de hojas de mandarino (*Citrus reticulata*) var. Satsuma, hojas de limonero (*Citrus limon*, L) var. Eureka y hojas de naranjo (*Citrus sinensis)* var. Valenciana 1 (Cuadro 35). Por su parte, HERNÁNDEZ *et al.*, (1992b), obtiene también la composición nutricional de *Citrus limon*, L. (Cuadro 36).

CUADRO 35. Composición química proximal de hojas de mandarino (*Citrus reticulata*) var. Satsuma, hojas de limonero (*Citrus limon*, L) var. Eureka y hojas de naranjo (*Citrus sinensis)* var. Valenciana 1.

| Tipo de hoja | MS % | E.M Mcal/ kg | PC % | DA. MS % | DA. MO % |
|---|---|---|---|---|---|
| Mandarino var. Edranol | 38,82 | 2,44 | 15,26 | 70,20 | 70,2 |
| Limonero var. Eureka | 37,35 | 2,25 | 9,94 | 71,30 | 77,4 |
| Naranjo var. Valenciana | 38,47 | 2,24 | 10,93 | 67,21 | 69,2 |

(Fuente: FUENTES da FONSECA, 1995).

CUADRO 36. Composición química (% MS) y componentes celulares de hojas de limoneros (*Citrus limon* L.) desecadas al sol.

| Variable % | MS | CEN | PB | EE | FB | FDN | FAD | LIG | CEL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valores | 88,57 | 16,50 | 11,24 | 3,28 | 16,02 | 25,88 | 16,95 | 3,59 | 15,55 |

(Fuente: HERNÁNDEZ *et al.,* 1992b).

Los elevados valores de materia seca se deben a la avanzada edad de los árboles en donde fueron recolectadas, como también a la ubicación en donde se hallaban el árbol; en cuanto a los valores de energía metabolizable, si bien las hojas de mandarino presentan un mayor contenido de energía que las hojas de limonero, éstas últimas al tener una mayor digestibilidad, su aporte en energía metabolizable se hace similar a las hojas de mandarino. Por otra parte, el tenor de proteína cruda de las hojas de mandarino es elevado, el que sumado a su alta digestibilidad, lo hacen ser un recurso importante de nitrógeno a la dieta de rumiantes. Las hojas de limoneros, a pesar de tener menos contenido proteico que las hojas de naranjo, presentan una digestibilidad más elevada de la materia orgánica, lo que hace que el animal tenga una mayor eficiencia de asimilación de nitrógeno en la dieta.

**Ramón de olivo *(Olea europaea)*:**
El ramón de olivo presenta una calidad bromatológica caracterizada por un 7% de proteína bruta, un 42% de contenido de pared celular, un 15,6% de lignina y 52,2% de digestibilidad de materia seca (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Por otra parte, las hojas frescas presentan un 11,4% de proteína bruta, siendo entonces de mayor valor nutritivo (ALIBES *et al*, 1982).

**Destríos de la industria frutícola**

Estos comprenden a los residuos provenientes del procesamiento de las frutas, obteniendo: las pomasas de manzana de cítricos y frambuesa; las frutas secas; el pelón de almendra, entre otros (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Pomasa de manzana (*Malus pumila*).**
La industrialización de la manzana en gran escala, surgió a raíz de la necesidad de usar las manzanas de desecho, vale decir, la manzana no adecuada para el consumo fresco por problemas de tamaño, color, daños y otros defectos, así también como sobreproducción, lo que permitía disponer de una materia prima a bajo costo (CORFO, 1979).

En nuestro país se producen más de 1.000.000 de ton/año de manzanas, aproximadamente, de las cuales el 65% se destina a la exportación, el 15% se destina a mercado nacional y el 20% que queda va hacia la agroindustria principalmente destinada a jugo concentrado. De cada tonelada que ingresa al procesamiento de la agroindustria, entre un 15-30% queda como residuo (dependiendo del proceso) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

La pomasa de manzana presenta un elevado contenido de humedad (entre 75-85%); diversos compuestos orgánicos como ácidos, ceras y taninos; y también, un elevado contenido de azúcares solubles además de pectinas, por lo que se le considera una buena fuente energética (ANRIQUE, 1992 y ALIBE, MUÑOZ y RODRÍGUEZ, 1984). Además, presenta una baja cantidad de proteína, constituyendo este elemento su principal limitante. Su fibra bruta fluctúa entre 18-20%, siendo insuficiente para asegurar un buen funcionamiento ruminal; su fracción de pared celular es elevada, pero no representa problema alguno al animal ya que es altamente digestible. En cuanto a su contenido en extracto etéreo, ésta va a depender de la cantidad de semillas que contenga la pomasa, llegando hasta un 8%, permitiendo un mayor aporte de energía metabolizable (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 37).

CUADRO 37. Composición química y valor nutritivo de la pomasa de manzana.

| Variable | Rango de valores |
|---|---|
| MS% | 16,0 – 24,2 |
| PB% | 4,5 – 6,9 |
| FB% | 17,5 – 20,5 |
| FDN% | 30,1 – 50,3 |
| FDA% | 25,2 – 41,5 |
| EE% | 2,7 – 8,0 |
| EB (Mcal/kg) | 4,1 – 4,8 |
| EM Mcal/kg) | 2,2 – 2,5 |
| Ceniza% | 1,8 – 2,9 |
| DMS% | 57,8 – 82,0 |

(Fuente: GIVENS y BARVER, 1987; GRASA, CASTILLO y GUADA, 1988; SHARMA y SHARMA, 1984; MEDINA, 1990; MANTEROLA *et al.*, 1992 y ANRIQUE, 1992).

El orujo de manzana (residuo de cáscara y corazones) obtenidos de la industria deshidratadora, es un elemento altamente palatable, mediano en energía, pero muy bajo en proteína. Cuando es suplementada de manera adecuada en dietas de animales lecheros, puede usarse en niveles que reemplazan alrededor de una tercera parte del concentrado, y entre 15-20% en raciones completas de engorda intensiva con resultados satisfactorios (SILVA, 1985).

Finalmente, la contaminación de las manzanas con pesticidas y su uso con el nitrógeno no proteico, puede resultar en problemas serios en los animales, como abortos de las hembras gestantes y anormalidades en las crías (CAÑAS, 1995).

**Pulpa de cítricos:**

Las cantidades de fruta de cítricos que se procesan en nuestro país para la agroindustria es pequeña, ya que se importa gran parte de los jugos y concentrados. La pulpa de cítricos se genera durante la extracción de jugos de naranja, limón, pomelo y tarangina, quedando como residuo que se compone de 60-65% de cáscara, 30-35% de pulpa de gajos y 5-10% de semillas; de la fruta que ingresa al procesamiento, un 10-12% de ella queda como pulpa. La pulpa, al salir de la planta presenta entre 80-90% de humedad, pero ésta puede ser sometida posteriormente a un prensado, bajando su % de humedad a 60-70% y obteniendo como residuo de este prensado la melaza (3-4 kg por cada 100 kg de fruta); además también existe la posibilidad de poder extraer las semillas para la extracción de su aceite, resultando como residuo, la torta de semillas de cítricos (MARTINEZ y FERNÁNDEZ, 1978; BOUCQUÉ y FIEMS, 1988).

**Valor bromatológico**

La pulpa de cítrico es catalogada como un concentrado, al igual que la pulpa o coseta de remolacha, aunque presenta un alto contenido de fibra digestible, resultando ser un valioso reemplazo parcial de los forrajes (CAÑAS, 1995).

La pulpa puede variar en calidad, presentando un mayor valor nutritivo la pulpa obtenida de los gajos que la pulpa entera, ya que posee más nitrógeno y menos cantidad de fibra. En general, la pulpa de cítrico presenta similar valor nutritivo a la coseta de remolacha; presenta bajos niveles de proteína (7%), elevado nivel de energía metabolizable (2,84 Mcal/kg), niveles intermedios de fibra (15%) y elevada digestibilidad (86%). En cuanto a su porcentaje de MS, esta variará de acuerdo al tiempo post-procesamiento y temperatura ambiental, fluctuando entre 18-25% (BATH, 1981; MARTINEZ y FERNÁNDEZ, 1978), por lo cual este residuo presentará un elevado nivel de humedad. Esto último representa una limitante en la inclusión de las dietas de los animales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 38).

CUADRO 38. Composición química y valor nutritivo de la pulpa de cítrico.

| Variable | Rango de valores |
|---|---|
| MS% | 18,7 |
| PB% | 6,0-7,9 |
| FB% | 10,4-14,0 |
| FDN% | 27,0 |
| FDA% | 24,0 |
| EE% | 1,8-3,8 |
| EM Mcal/kg) | 2,9 |
| Ceniza% | 4,2-6,4 |
| DMS% | 79,0 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La pulpa de cítricos tiene importancia por su incidencia en la fiebre de leche (CAÑAS, 1995).

**Pelón de almendra.**

Este tipo de producto se genera durante la obtención de la semilla de almendra, quedando lo que se conoce como pelón de almendra o cáscara de almendra. El pelón corresponde a la parte pulposa del fruto, la cual al momento de la cosecha se encuentra seca y se desprende por sí sola; la cáscara, por otra parte, es la parte lignificada que queda como residuo luego del proceso de separación de la almendra; el pelón constituye el 20% del fruto, mientras que la cáscara de almendra es el 60% del fruto despelonado (SILVA, 1985). Según MANTEROLA, CERDA y MIRA, (1999), la cáscara o pelón de almendra, está constituida por el exocarpio (o "piel") y el mesocarpio (o zona carnosa), mientras que la envoltura de la semilla (o cuesco) es el endocarpio y puede estar formando parte del residuo. Según PORTE *et al.*, (1991), la proporción que existe entre el residuo y la semilla de almendra es 1.7/1.0, y la producción estimada de residuo/ha/año es de 6 ton (Figura 24).

**Valor bromatológico**

El pelón de almendras presenta bajos niveles de proteína cruda (3,8%), la cual no puede ser digerida debido, posiblemente, a su unión con la lignina, registrando un 58,7% de nutrientes digestibles totales para este residuo; además, presenta un bajo nivel de calcio y fósforo. Por lo anterior, sólo es posible cubrir los requerimientos de mantención de un rumiante, desde el punto de vista energético (EGAÑA y WERNLI, 1982) (Cuadro 39).

CUADRO 39. Caracterización química del pelón y cáscara de almendra.

| Residuo | MS% | PC% | EE% | FC% | CEN% |
|---|---|---|---|---|---|
| Pelón almendra | 91,0 | 4,4 | 4,0 | 14,0 | 6,6 |
| Pelón + cáscara de almendra | 91,0 | 3,3 | 2,2 | 22,0 | 9,9 |

(Fuente: SILVA, 1985).



FIGURA 24. Destrío hortofrutícola, pelón de almendro. (Fotografía: Pietro Canessa)

CUADRO 40. Composición química y valor nutritivo del pelón de almendra.

| Variable | Rango de valores |
|---|---|
| MS% | 90,0-91,0 |
| PB% | 4,0-6,5 |
| FB% | 13,0-17,0 |
| FDN% | 29,0-32,0 |
| FDA% | 20,0-31,0 |
| EE% | 2,6-3,2 |
| EM (Mcal/kg) | 2,0-2,8 |
| Ceniza% | 7,0-9,4 |
| DMS% | 60,0-68,0 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Si durante el proceso de extracción de la semilla se separa el exocarpio y mesocarpio del endocarpio, se está extrayendo la parte carnosa del fruto, por lo que el residuo presentará menos fibra y mayor digestibilidad. En general, este residuo se caracteriza por tener un alto contenido de materia seca (90-91%), lo que permite que su duración sea indefinida; presenta bajo contenido de proteína bruta (entre 4-6,5%) constituyendo la principal limitante para incluirlo en dietas de rumiantes; su contenido en azúcares es elevado (26-32%), lo que permite aportar energía de rápida disponibilidad al rumen y, además, presenta un bajo nivel en extracto etéreo (2,6-3%) (Cuadro 40) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Su fracción fibrosa es baja (15% de fibra cruda y 30% de pared celular), este bajo nivel de fibra se explica por la elevada porción de parte carnosa presente en el residuo

(AGUILAR, 1984), la que puede presentar entre 65-68% de digestibilidad, lo que hace que, sumado a su elevada energía metabolizable, este residuo pueda ser comparado a la coseta de remolacha.

**Destríos de la industria vinícola.**

***Orujo de uva:***

Durante la extracción del jugo de la uva, en las producciones de vides destinadas, tanto para vino como para pisco, se genera un residuo llamado orujo. Este residuo va a presentar gran variación respecto a su valor nutritivo y se constituye por cantidades variables de pepas (22% en promedio), hollejo (58% en promedio), escobajo (20-25% en promedio) y algo de pulpa. Pero, actualmente, el escobajo es separado del orujo, mejorando significativamente el valor nutritivo. Existen dos tipos de orujos: el orujo negro, que se compone de 92% de orujo propiamente tal, y el orujo blanco, el cual presenta un 65% de orujo y, además, un 35% de escobajo (ROMAGOSA, 1979; MANTEROLA *et al.*, 1993).

**Valor bromatológico**

El orujo de uva presenta un escaso valor bromatológico, bajo valor energético y proteico, además de tener una elevada proporción de lignina que dificulta su digestibilidad; por otra parte, su concentración de taninos forma complejos con la fracción proteica, por lo que disminuye la digestibilidad de la proteína presente (CAÑAS, 1995).

La mayoría de los autores comparan, en general, el valor nutritivo del orujo de uva con la calidad de pajas de cereales. Es decir, este residuo presenta un bajo valor alimenticio, a excepción de cuando se encuentra en un estado relativamente fresco.

El rechazo puede deberse al sabor astringente que le otorga el alto contenido de taninos, los que, además, afectan la degradación y digestión de las proteínas, y provocando también un efecto negativo sobre las exoenzimas en el rumen. El contenido de MS fluctúa entre 35-46%, y su digestibilidad es relativamente baja (entre 28-45%). Esta baja digestibilidad es atribuida a: la elevada porción de lignina presente en el residuo, más específicamente en el escobajo, y puede fluctuar entre 12-35% (WERNLI y AVENDAÑO, 1978); a la capa de cera o cutina que existe en el hollejo y a los elevados contenidos de taninos. En cuanto al contenido proteico, éste varía entre 10-17%, dependiendo de la variedad de la uva, de la presencia de escobajos y de semillas; sin embargo, la mayor parte de las proteínas están ligadas con taninos, lo que las hacen formar parte de compuestos insolubles y, en consecuencia, indisponible para el rumiante. Por último, en cuanto a su fibra bruta ésta puede variar entre 25-32%, dependiendo si se incluye o no el escobajo (MANTEROLA *et al.*, 1997) (Cuadro 41).

CUADRO 41. Composición química y valor nutritivo del orujo de uva (sin escobajo).

| Variable | Rango de valores |
|---|---|
| **MS%** | 40,0-41,5 |
| **PB%** | 9,8-17,6 |
| **FB%** | 25,5-32,0 |
| **FDN%** | 53,0-59,1 |
| **FDA%** | 49,6-54,0 |
| **EE%** | 7,2-10,9 |
| **EM Mcal/kg)** | 0,6-1,63 |
| **Ceniza%** | 5,3-9,0 |
| **DMS%** | 30,0-46,0 |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Pepas de uva:***

La pepa de uva seca presenta entre 7-10% de humedad y es la resultante del proceso de extracción de aceite, representando aproximadamente el 12% del orujo (SILVA, 1985).

**Valor bromatológico**

Las pepas de uva se caracterizan por tener un elevado contenido de fibra (47,2%), por lo que su uso en la alimentación animal es dificultoso. En cuanto al contenido de aceite, las pepas presentan entre 15 a 18%, sobre pepas secas, consiguiendo en nuestro país un rendimiento del 14% de aceite extraído (SILVA, 1985). (Cuadro 42).

Después de extraído el aceite de las pepas, queda un afrecho de pepas seco que representa una cantidad equivalente al 10% en peso del orujo húmedo (con 40% de humedad) (SILVA, 1985).

Este afrecho de pepas puede ser usado posteriormente como alimento animal, mezclándolo con alfalfa o salvado para disminuir su contenido en fibra cruda (CRUESS, 1958).

CUADRO 42. Composición química de la pepa de uva.

| Residuo | MS% | PC% | EE% | FC% | CEN% |
|---|---|---|---|---|---|
| Pepa de uva | 85,0 | 11,5 | 17,0 | 47,2 | 3,2 |

(SILVA, 1985).

**Destríos del procesado de frutas.**

En nuestro país, existen agroindustrias o plantas procesadoras que utilizan frutos y cuyo objetivo es congelarlas o secarlas para el consumo humano. Las especies frutales que se destacan, principalmente a nivel de planta seleccionadora, embaladora y de centrales acopiadoras, están las manzanas, peras, uvas y otras (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

En cuanto la fruta es cosechada, a nivel de parking o agroindustria existe un proceso de selección y lavado, en donde se selecciona la fruta que va a ser usada y se descarta la dañada por insectos, por hongos, la fruta partida o de pequeño tamaño, no apta para el consumo humano de manera directa. A nivel de huertos y packings se tiene que entre un 15-20% de la fruta cosechada queda como descarte y, suponiendo que el 50% de ésta va a la elaboración de mermeladas y jugos, se generaría aproximadamente entre 150.000 y 200.000 ton de frutas de desecho en nuestro país. Esta fruta puede ser utilizada para la elaboración de mermeladas o pulpas, pero generalmente se desecha constituyendo un problema para los packings, ya que se convierte en un foco de contaminación ambiental (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 25).

Este residuo contiene principalmente: frutas de descarte, hojas y pedúnculos en diferentes proporciones; siendo la fruta de descarte las que presentan mayor valor nutritivo, pero también las que poseen mayor humedad siendo muy susceptibles al ataque de hongos, siendo importante usarlas rápidamente luego de salir del proceso o pueden ser conservados mediante el ensilaje. Estos desechos son de gran valor nutritivo y de elevada digestibilidad, por lo que son muy apetecidos por los animales; sin embargo, muchas de estas frutas presentan gran tamaño, por lo que se hace necesario que se trocen para evitar problemas de atragantamiento y asfixia si se les proporciona a los animales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico.**

Estos residuos se caracterizan por aportar principalmente energía, ya que los niveles proteicos presentes son relativamente bajos, además, presenta bajos niveles de fibra y extracto etéreo, teniendo muchos carbohidratos solubles (especialmente fructosa), por lo que se convierte en un verdadero concentrado energético. Por lo anterior, se hace necesario acompañar este recurso de otras fuentes más proteicas y más fibrosas, si es que fuera a incluirse en dietas de rumiantes. Las frutas frescas presentan un elevado contenido de agua, diluyendo los nutrientes y disminuyendo el consumo total, además, debido al alto porcentaje de azúcares, las hace más susceptible a fermentaciones alcohólicas indeseadas y ataques fungosos, reduciendo el valor nutritivo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Cuadro 43).

CUADRO 43. Valor nutritivo de distintas frutas de desecho (%).

| Tipo de fruta | TND | PB | EE | FB | CEN | Ca | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciruelas secas | 81,0 | 5,3 | 2,9 | 13,1 | --- | 0,1 | 0,1 |
| Damascos secos | 77,1 | 6,0 | --- | --- | --- | --- | --- |
| Duraznos frescos | 80,0 | 8,7 | 3,7 | 10,3 | --- | --- | --- |
| Manzanas frescas | 70,0 | 2,8 | 2,2 | 7,3 | 2,4 | 0,06 | 0.06 |
| Naranjas | 78,1 | 7,5 | 1,9 | 11,3 | 4,4 | 0,10 | 0,60 |
| Peras | 86,7 | 6,1 | 2,1 | --- | --- | --- | --- |

(Fuente: MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Manzanas de descarte:**

Estas son las manzanas que se desechan para el proceso de extracción de jugo y que van a secado, además de aquellas que quedan como fruto de descarte en los packings. Entre sus características están la de presentar entre un 15-18% de materia seca, un 2,8% de proteína bruta y una digestibilidad que fluctúa entre 70-80% (BATH *et al.*, 1995).

**Duraznos de descarte (*Prunus pérsica*):**
Los duraznos que son descartados por algún daño pasan, la mayoría, a formar parte de la materia prima para la elaboración de mermeladas; sin embargo, existe un porcentaje que no es utilizado y puede usarse en la alimentación animal. Este residuo presenta un 10% de materia seca, entre 8 a 9% de proteína bruta y 80% de digestibilidad (BATH, 1981).

En cuanto a los carozos de duraznos, al igual que los de los damascos producidos dentro de la industria deshidratadora de frutas, sólo se cuenta con la información de la almendra amarga. Esta almendra contiene entre 45-50% de aceite y 22-23% de proteína; además, contienen amigdalina, un producto amargo que constituye un compuesto tóxico para la alimentación humana y animal (SILVA, 1985).

**Peras de descarte (*Pyrus communis L.*):**
Su valor nutritivo se caracteriza por presentar de un 15-17% de materia seca, un 3-4% de proteína bruta y 70-85% de digestibilidad (BATH, 1981).

**Ciruelas de descarte (*Prunus domestica*):**
Las ciruelas de descarte presentan un valor nutritivo dado por un 10-15% de materia seca, 5-6% de proteína bruta y 50-60% de digestibilidad (BATH, 1981). Si se trata de ciruelas de descarte secas, presenta un 75% de materia seca, 2,6% de proteína bruta y 74% de digestibilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Uvas y pasas de descarte:**
Este residuo está caracterizado por poseer un 14% de materia seca, un 8% de proteína bruta y un 85% de digestibilidad (BATH, 1981). Presenta, además, un elevado contenido de azúcares. En cuanto a las pasas, su valor nutritivo es inferior, ya que presenta un 4% de proteína bruta y una digestibilidad entre 48-53% (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).



FIGURA 25. Residuo de desgrane de uva, acumulada de varios días, en la localidad de Huanilla, provincia del Limari, comuna de Monte Patria (Fotografía: Carolina Arias).

## 4. RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE LA CONGELACIÓN DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS: CEREALES, LEGUMINOSAS DE GRANO, HORTALIZAS Y FRUTAS.

**Destríos de frutilla:**
De las frutas denominadas bayas, únicamente las frutillas pueden resultar de interés, ya que durante la elaboración de mora y frambuesa congeladas, no se producen residuos (SILVA, 1985).

El residuo obtenido de la frutilla congelada es el pezón o pedúnculo; aunque puede ocurrir que la planta procesadora reciba frutillas despezonadas, sin embargo, la mayoría de este residuo se produce a nivel de planta procesadora. De la industria se han obtenido 7 kg de pedúnculo por cada 100 kg de producto final, generándose el total de este residuo en el área Metropolitana (SILVA, 1985).

La única utilización del pedúnculo de frutilla ha sido en la alimentación animal, especialmente en el ganado porcino (SILVA, 1985).

**Destríos de frejol verde, frejol granado y arvejas:**
La fracción aprovechable de las leguminosas de grano es de cerca del 50%, quedando el resto como vaina (SILVA, 1985).

**Valor bromatológico**

Las vainas de leguminosas de grano, en general, presentan un contenido regular de fibra cruda, por lo que su empleo como alimento animal no se limita únicamente a rumiantes. Al ser, en estado fresco, residuos que poseen un elevado contenido de humedad, comúnmente son ensilados, lográndose una reducción de la humedad de hasta un 70% y son conservados para su uso posterior. Las vainas procedentes de las arvejas, presentan mayor proteína que la de los frejoles (SILVA, 1985) (Cuadro 44).

CUADRO 44. Caracterización de las vainas de arvejas y de frejoles.

| Residuo | MS% | PC% | EE% | FC% | CEN% |
|---|---|---|---|---|---|
| Vaina de frejol (Carob) | 83,9 | 5,7 | 1,7 | 9,5 | 4,2 |
| Vaina frejol (Velvet) | 88,6 | 5,2 | 0,9 | 31,6 | 7,9 |
| Vaina arveja seca | 88,0 | 10,8 | 1,1 | 35,6 | 5,3 |
| Planta arveja ensilada | 24,0 | 13,1 | 3,3 | 30,0 | 8,2 |

(Fuente: SILVA, 1985).

**Destríos de espárragos:**

Las plantas procesadoras de espárragos, compran con ciertas especificaciones la materia prima, entre las cuales destaca el que los espárragos posean un rango muy preciso del largo del turión. Así, al uniformar el tamaño requerido, la pérdida por despunte de la parte posterior suele ser muy pequeña, no más de 10 a 20% del peso total de la materia prima. Por otra parte, el espárrago es pelado o, más bien, raspado para eliminar su fibrosidad, siendo el peso de las fibras un 5% del total aproximadamente (SILVA, 1985).

**Valor bromatológico**

Los espárragos secos se caracterizan por tener un alto porcentaje de proteína; éstos son secados para facilitar el proceso de conservación para su posterior utilización en la alimentación animal, ya que en estado fresco poseen entre 93-97% de humedad (SILVA, 1985) (Cuadro 45).

CUADRO 45. Caracterización química de tallos de espárragos secos.

| Residuo | MS% | PC% | EE% | FC% | CEN% |
|---|---|---|---|---|---|
| Tallos secos de espárragos | 91,0 | 15,6 | 1,0 | 31,9 | 7,7 |

(Fuente: SILVA, 1985).

## 5. RESIDUOS DE EXPLOTACIÓN FORESTAL

Los desechos provenientes de los bosques y explotaciones forestales están compuestos por ramas, hojas, cortezas, virutas, aserrín, tocones y raíces (CALDERÓN, 2002). Tanto en el bosque como en la Planta de Remanufactura se producen residuos y desechos que son reutilizados; los desechos del bosque, tales como hojas, ramas y despuntes, se dejan en su sitio de origen para mantener la productividad del suelo. Los desechos provenientes de aserrado y remanufactura son quemados, con el fin de generar vapor para producir la energía eléctrica que servirá a los procesos industriales (PAPELNET, 2006).

En estas últimas décadas, nuestro país ha tenido un gran desarrollo en el área forestal, principalmente con las especies pino (*Pinus radiata*) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*); al mismo tiempo, se han desarrollado industrias madereras e industrias de celulosa, las que generan un gran volumen de residuos. De los complejos madereros se generan aserrín o virutas, ocupando espacio y constituyendo un riesgo de incendio y, de la industria de la celulosa se generan las pulpas, compuestas de celulosa, lignina y lejías residuales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 26).

Para el año 2004, la industria forestal produjo 2.832 mil ton de pulpa química, 1.360 mil ton de tableros y chapas, 866 mil ton de papeles y cartones, 507 mil ton de pulpa mecánica y 273 mil ton de papel para periódico (ODEPA, 2005); del total de madera aserrada, se genera un 15% de corteza y un 25% de otros residuos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Estos residuos se caracterizan por ser altamente indigestibles debido a los elevados niveles de carbohidratos estructurales (75-85%) los que están

estrechamente asociados a la lignina, la cual fluctúa entre 15 y 30% según la especie que se trate, dejándolos indisponibles para su fermentación a nivel ruminal; además, presenta un bajo nivel proteico (1-3%) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Según CALDERÓN (2002), los componentes principales de los residuos provenientes de la explotación forestal son la celulosa, hemicelulosa y lignina, presentes en el 90% de la materia seca del vegetal y se caracterizan por ser insolubles, resistentes y plásticos, o conforman materiales de larga duración, como la madera; por otro lado, los componentes variables presentan elementos orgánicos como proteínas, terpenos, grasas, resinas, ceras, pigmentos, aromas, entre otros.

Dependiendo de la especie, pueden presentar variaciones en cuanto al nivel de lignina y su grado de asociación con la celulosa y hemicelulosa, además, presentan diferencias en el contenido de resina, la cual ocasiona menos aceptación por parte de los rumiantes (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Valor bromatológico**

Los residuos de aserrín y virutas presentan un muy bajo valor bromatológico, por lo que su uso directo es limitado, pero si se someten a procedimientos de mejora y enriquecimiento de nutrientes, se pueden lograr buenas respuestas productivas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Presentan bajo nivel de proteína (2%), carbohidratos solubles, grasas y vitaminas. Por otra parte, posee una elevada concentración de fibra detergente neutra (84,8%), de la cual 21% es celulosa y 16% hemicelulosa, ambas fuertemente ligadas a la lignina (la cual está presenta en un 13,6% en el total de la MS), formando compuestos químicos tan resistentes que impiden el ataque de las enzimas de los microorganismos del rumen. Todo lo anterior hace que estos residuos posean una muy baja digestibilidad; sin embargo pueden ser útiles a la hora de formular una dieta para rumiantes, ya que pueden ser un complemento en una ración de mantención, o pueden aportar la fibra en dietas de altos contenidos de concentrado (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Como se mencionó, existen varios métodos de tratamientos del aserrín para mejorar su digestibilidad, los que consisten en lograr la liberación de la celulosa y hemicelulosa con la lignina, para que queden ambos carbohidratos estructurales disponibles para la fermentación ruminal. Los principales métodos para mejorar el valor nutritivo del aserrín han sido los químicos, biológicos y físicos. Dentro de los tratamientos químicos, se aplican distintas sustancias al aserrín, como ácido sulfúrico, bióxido sulfuroso, hipoclorito de sodio, hidróxido de sodio y amoníaco, y dependiendo de qué sustancia se trate así como también de la especie originaria del aserrín, se obtendrán distintos valores en cuanto al aumento de la digestibilidad; en general, los aserrines provenientes de las maderas blandas (álamo, abedul), responden menos al tratamiento que aquellos provenientes de maderas más duras (robles, encinas). En cuanto a los métodos de tipo físicos se tiene la molienda, la irradiación y la aplicación de temperatura más presión. Finalmente, los métodos de tipo biológicos tratan de la adición de microorganismos, como hongos delignificadores que liberan la celulosa y hemicelulosa de la lignina (SATTER, BAKER y MILLETT, 1981).



FIGURA 26. Disposición de aserrín. (Fotografía: Sawmill: Online Slough Heat & Power)

## USO EN EL SISTEMA GANADERO

## 1. USO DE RASTROJOS DE CULTIVOS ANUALES EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO

### Uso de pajas

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

El uso de pajas de cereales como un recurso más en la dieta alimenticia, es un manejo que comúnmente se realiza en los sistemas de producción de bovinos de carne, dada las características extensivas que posee este rubro. El uso de estas pajas representa un recurso forrajero de bajo costo que puede suplir parte de los requerimientos de mantención del animal o servir como recurso para etapas de menores requerimientos; por lo que puede recomendarse su uso para la alimentación de cualquier categoría animal. Sin embargo, se debe recordar que si se proporciona en altos niveles, o bien si se incluye como única fuente alimenticia para novillos en crecimiento o en engorda, o para vacas en gestación, éstos tendrán una pérdida de peso de 200 hasta 500 gr/día (MANTEROLA, PORTE y CERDA, 1991).

Durante la etapa de crianza y engorda de novillos de más de 300 kg de peso vivo, la inclusión de este rastrojo no debe sobrepasar los 15 a 20% en la dieta, pues al ser un alimento muy voluminoso se limita el consumo del animal, afectando la ingestión de nutrientes y, en consecuencia, la ganancia de peso. Si se usa el crecimiento compensatorio en la etapa invernal, puede constituir hasta el 60 a 70% de la dieta, logrando incluso leves ganancias de peso y cambios tanto fisiológicos y metabólicos del animal, que potenciarán el posterior crecimiento compensatorio (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Durante el período de otoño e invierno en vacas de carne, la inclusión de este rastrojo puede llegar hasta el 40-50% de la dieta, pero ésta debe ser complementada con otro forraje de mayor calidad nutricional, como un heno de leguminosa o ensilaje de maíz o gramínea (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Es recomendable que para todas estas raciones, se use la paja picada (1 a 2 pulgadas), para poder mezclar lo más homogéneamente posible, evitando al máximo la selección por parte de los animales. Finalmente, con estas raciones propuestas es posible lograr ganancias de peso significativas en los animales (entre 600 a 1.100 g/día), sin embargo, esto va a depender de la calidad y cantidad de la pradera que estén pastoreando, de las características cualitativas del ensilaje que se esté usando y de los manejos, en general (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

En cuanto a las pajas de leguminosas de grano, se pueden incluir en mayores cantidades en las raciones de los animales, debido a que su calidad nutritiva y aceptabilidad es superior a las pajas de cereales. En novillos, este tipo de pajas puede incluirse hasta en un 40% de la ración, si es que ésta presenta otros componentes de calidad; por otra parte, en vacas de carne, en lactancia, pueden complementar al ensilaje, especialmente al ensilaje de maíz, con algún suplemento, elevando el aporte proteico (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

Las pajas pueden llegar a incluirse hasta el 30-40% de la ración durante el período seco de las vacas, siempre y cuando el resto de los componentes de la dieta sea de buena calidad. En cuanto a las vacas de alta producción, las pajas pueden incluirse en la alimentación pero sólo en pequeñas cantidades, ya que al incluir porcentajes superiores al 30%, se produciría una baja en la producción de leche, aunque sería esperable un aumento en el contenido de grasa en ella. En vacas que producen más de 25 l/día, el uso de las pajas sólo se puede incluir hasta un 10-15%, mayores porcentajes produciría una menos velocidad de paso de la ingesta en el rumen y, por lo tanto, un menor consumo. En vacas en estabulación permanente, se recomienda mezclar muy bien la paja con el heno de alfalfa o ensilaje de maíz, así como también con las fracciones concentradas, esto para evitar la selección. En cuanto a vacas en pastoreo, la paja se puede incluir junto con el ensilaje, dentro de los comederos de los potreros (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Las pajas provenientes de leguminosas pueden cubrir los requerimientos de mantención como único recurso forrajero en vacas que se encuentran en los dos primeros tercios de gestación. Durante el período final de gestación se puede incluir hasta un 30% de la dieta y, durante la lactancia en vacas que producen sobre 25 l/día, este porcentaje no debe superar el 15-20%, ya

que cantidades superiores de paja afectarían el consumo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Al incluir en vacas bajos niveles de paja, se favorecerá la estimulación de la motilidad ruminal, al representar un aporte extra de fibra.

***En sistemas de producción ovina.***

En los sistemas ovinos, dada las características de mayor rusticidad que presentan estos animales, es posible realizar un mejor uso de los recursos más fibrosos, como lo son las pajas.

Según CREMPIEN (1999), la utilización de los rastrojos de trigo conlleva a una serie de beneficios en el sistema productivo ovino, como lo son:

- La oportunidad de mejorar el control de dos enfermedades de los ovinos; el parasitismo por vermes gastrointestinales y el "foot rot". Esto, se debe a que los rastrojos, a diferencia de otros recursos forrajeros, están sustraídos del sistema de pastoreo, desde el barbecho hasta después de la cosecha, por lo que quedan en terrenos libres de larvas de parásitos y de ciertos microorganismos causantes del "foot-rot".

- Se puede realizar un rezago a las praderas (naturales o de siembra), después de la cosecha de trigo hasta marzo o abril. Este reemplazo de la pradera por el rastrojo, permite que ésta, aún siendo senescente, pueda tener una mayor disponibilidad para cuando vuelva el ganado. El rezago permite tener un mayor remanente de forraje, lo cual es especialmente importante en las zonas de secano cuando las precipitaciones se inician tardíamente.

- Si son praderas de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) las que se dejan en rezago, los ovinos pueden consumir sus semillas que no han sido enterradas, disminuyendo la presencia de ellas en la superficie del suelo.

- En los suelos de cultivos, permiten el reciclaje de nutrientes, devolviéndolos al suelo por medio de los animales y reducen problemas ambientales al evitar la quema de la materia orgánica.

- Los rastrojos son la primera defensa del ganado contra las sequías iniciales, tanto por su disponibilidad, así como también por el rezago que ellos les brindan a las praderas senescentes.

Es por esto, que a pesar de presentar una deficiencia en el plano nutricional y, en consecuencia, tener un bajo nivel de consumo voluntario, la utilización de los rastrojos en el sistema productivo ovino es una alternativa que no se debe despreciar.

Al consumir el rastrojo de trigo, los ovinos primeramente, ubican los granos de este cereal y aquellas plantas o malezas que están presentes en el rastrojo, seleccionándolos y consumiéndolos de manera prioritaria, siendo la fracción de mayor importancia en el rastrojo (CREMPIEN, 1999).

Estas especies vegetales que acompañan a la paja de los rastrojos también poseen un alto contenido de fibra y baja concentración de nutrientes, debido al estado senescente que presentan. Sin embargo, contienen un mayor valor bromatológico que las pajas de trigo, por lo que son preferidos por los ovinos, los cuales empiezan a perder peso cuando la presencia de estas especies disminuye por efecto de la selección del ganado (CREMPIEN, 1999).

Entre estas especies que acompañan al rastrojo, está la correhuela (*Convolvulus arvensis*), la cual es consumida rápidamente por su baja proporción en el rastrojo. No obstante, si su presencia es mayor, puede ocasionar la muerte en los ovinos, ya que al poseer un alto porcentaje de fibra son altamente indigestible, pudiendo formar cuerpos esféricos que obstruyen el sistema digestivo (rumen, abomaso), causando la muerte (CREMPIEN, 1999).

La época de utilización de este rastrojo de trigo, debe coincidir con el período de bajo requerimiento nutricional de los animales, es decir, durante los dos primeros tercios de la gestación, inmediatamente después del encaste. En este período no sólo necesitan una menor concentración de alimentos, sino también, lo utilizan más eficientemente, con mayor grado de independencia de su calidad. Los rastrojos además pueden utilizarse para realizar el encaste, especialmente si provienen de años lluviosos, con una mayor enmalezamiento (CREMPIEN, 1999). Sin embargo, en estos casos, la inclusión de rastrojos no debiera superar el 50-60% de la dieta (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

Mediante el uso de la gran disponibilidad de MS de los rastrojos y rezago de las praderas, es posible subir la carga animal del sistema productivo, permitiendo altas cargas de ovinos durante períodos significativos. Éstas pueden ser de 40 ovejas/ha durante 60 a 75 días, lo que equivaldría a una carga de mantenimiento de 6.6 ovejas/ha; esto fortalece el sistema productivo, si se toma en cuenta que una carga de mantenimiento en praderas naturales es de aproximadamente 1.5 cabezas/ha (CREMPIEN, 1999) (Figura 27).



FIGURA 27. Ovinos en rastrojo, en una carga animal de 40 ovejas/ha. (Fuente: CREMPIEN, 1999).

Para poder mantener al máximo el peso vivo de los ovinos en rastrojo, o incluso subirlo y, poder lograr un incremento del consumo voluntario, se debe aumentar la calidad del rastrojo. Esto último se logra mediante la suplementación proteica, ya que este elemento se requiere en una cantidad cercana al 9% para que puedan actuar los microorganismos ruminales sobre la fibra. Además, el uso de proteínas no degradables en el rumen, pueden incrementar el consumo de rastrojos toscos; dichas proteínas están presentes en la harina de pecado, de sangre y de soya, e incluso el grano de lupino, que aún siendo altamente soluble a nivel ruminal, se comporta como no degradable. El uso de suplementos proteicos en rastrojos utilizados para el encaste, al mejorar el consumo, también pueden ayudar en el comportamiento reproductivo (CREMPIEN, 1999).

Trabajos realizados con rastrojos de trigo asociados a trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y falaris (*Falaris aquatica*) usando diferentes cargas de borregas/ha, han demostrado que, en todos los tratamientos o cargas, el comportamiento del peso vivo por animal en los rastrojos asociados es superior al de la pradera natural (CREMPIEN, 1999).

También, gracias a un estudio realizado igualmente en un rastrojo asociado y con diferentes cargas de ovejas/ha, las cuales se repitieron en varios tipos de rastrojos por un período de tiempo determinado, se ha demostrado que no hay efecto de la carga animal, sobre el peso vivo, pero sí existe una dependencia del lugar, es decir, no todos los rastrojos son iguales. Este comportamiento desigual de los ovinos está en relación con la composición botánica del rastrojo, dependiendo más bien de las plantas que acompañan a las pajas de trigo (CREMPIEN, 1999).

En los rastrojos, generalmente, no existen restricciones de MS; estas limitaciones se generan en la disminución del consumo voluntario, el cual bordea en ovinos los 14 a 16 gr. de pajas/kg de peso vivo al día (CREMPIEN y BADILLA, 1994), debido a la baja calidad del rastrojo en cuanto a digestibilidad, contenido en proteína y energía digestible. Para elevar el consumo de estos forrajes toscos, se debe estimular la flora ruminal, como se mencionó anteriormente, mediante la suplementación proteica y energética, para que los microorganismos ejerzan un efecto mayor en la digestión de material, aumentando su velocidad de tránsito y, en consecuencia, su consumo. (CREMPIEN, 1999).

Junto con el consumo de MS, también se ha medido el consumo de agua en borregas y ovejas, el cual es similar al consumo que efectúan cuando están en pradera en el mismo período de tiempo (CREMPIEN, 1999).

Con respecto al suministro de rastrojos usando un suplemento proteico, se ha comprobado que al usar el lupino blanco variedad Multolupa en animales que se encuentran en rastrojos no asociados, con una carga de 40 ovejas/ha, se pueden obtener buenos resultados con respecto al peso vivo; además, al aumentar las dosis de lupino de 0 a 400 g/día/oveja, el consumo de paja de trigo también aumenta, de forma lineal, desde 890 a 1.120 g/día/oveja. También se puede usar como grano el chícharo, obteniendo semejantes resultados productivos (CREMPIEN, 1999); por lo que la selección del suplemento proteico a usar, se debe basar en el precio que tengan en el mercado.

El consumo de residuos toscos en ovinos, como lo son las pajas de trigo, es mayor si éstos se ofrecen picados (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1980). Sin embargo, según CREMPIEN (1999), no existen diferencias importantes con respecto al peso vivo de las ovejas ni con respecto a su condición corporal, al alimentarlas con rastrojo en pie o picado; aunque el

comportamiento de los ovinos en los rastrojos en pie puede ser levemente mejor, debido a que su estructura permite una mayor oportunidad de selección de las plantas con mayor valor nutricional; además, es más económico de usar (STANDING COMMITTEE ON AGRICULTURE RUMINANTS SUBCOMMITTEE, 1990). El rastrojo desmenuzado, en cambio, no sólo pierde su estructura, sino que también las especies y sus fracciones se mezclan, por lo que se impide la selección de este material; esto último puede ser similar a lo que sucede cuando hay una disminución del material durante su uso, provocando, en consecuencia, una disminución del peso vivo (RODRÍGUEZ y CREMPIEN, 1988; CREMPIEN y RODRÍGUEZ, 1988).

Finalmente, hay que tener en cuenta que los diferentes pesos vivos y condiciones corporales de las ovejas provocan efectos en el estado de los corderos mellizos en cuanto a diferencias considerables de peso vivo al destete. Al respecto, los corderos de las ovejas provenientes de los rastrojos son menos propensos a la mortalidad neonatal, que aquellos provenientes de una pradera de trébol subterráneo y falaris (CREMPIEN, 1999).

En cuanto al uso de este rastrojo en corderos, su inclusión en la dieta es más limitada, recomendando no sobrepasar el 15% en ella; dado a los elevados requerimientos nutricionales que presentan estos animales en crecimiento (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Uso de rastrojos de maíz

### *En sistemas de producción de bovinos de carne.*

Este tipo de rastrojo es posible incluirlo en las dietas de casi todas las categorías animales de bovinos de carne, a excepción de los terneros recién destetados (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El rastrojo de maíz puede ser utilizado directamente en el potrero por medio del pastoreo, aunque durante un corto período debido a la rotación cultural (antes de roturar el suelo), o puede ser cosechado (Figuras 28b y 28c). En este último caso, los rastrojos son llevados directamente al comedero, pudiendo incluirse directamente en las raciones de los novillos, en un porcentaje que fluctúa entre 20 a 60%, dependiendo de la calidad de los otros componentes de la dieta y del rastrojo que se use (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 28a).



FIGURA 28a. Novillos raza Hereford consumiendo ensilaje de caña de maíz para consumo en fresco en Villa Alemana. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

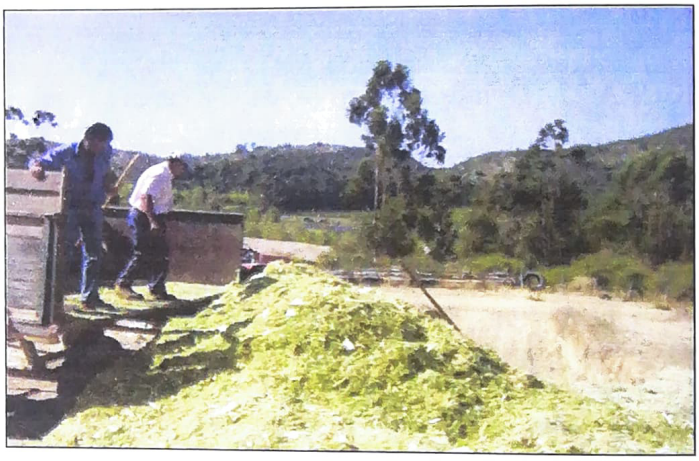


FIGURA 28b. Caña de maíz para consumo en fresco cosechada y picada en Villa Alemana. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

Según BOLSEN, GRIMES y RILEY (1977), si se incluye la caña de maíz trozada, entre 20 y 30% en raciones de novillos, éstos pueden obtener una ganancia de peso que fluctúa entre 800-900 g/día; pero si la inclusión se aumenta a un 60% en la ración, las ganancias de peso pueden disminuir entre 500 a 650 g/día (COLENBRANDEN *et al,* 1971; MÜLLER *et al*, 1967). Sin embargo, en vaquillas de reemplazo, se puede incluir hasta un 60%, obteniendo ganancias de peso de 500 g/día.

También, este rastrojo puede representar un recurso invernal para novillos, cuando requieren bajas ganancias de peso y aprovechar el crecimiento compensatorio que se producirá con el crecimiento de

los pastos en primavera (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).



FIGURA 28c. Cosecha de caña de maíz para consumo en fresco en Villa Alemana. (Fotografía: Fabiola Aránguiz).

FIGURA 28. Uso del rastrojo de maíz (*Zea mays L.)*

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

El uso y porcentaje de inclusión de este tipo de rastrojo va a estar en directa relación con la capacidad de producción láctea del animal. Así, en vacas que estén secas o que posean producciones inferiores a 15 L/día, el rastrojo de maíz puede ser pastoreado directamente en el potrero. En vacas que presenten mayores producciones, este rastrojo debe ser cosechado y ofrecerse picado a fin de evitar el rechazo; en vacas con producciones de 18 a 20 L/día se puede incluir en sus raciones en porcentajes que van desde 20 a 30% (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En vaquillas de reemplazo se pueden obtener ganancias de peso de 400-500 g/día, al hacerlas pastorear directamente este rastrojo; durante el período invernal, puede incluirse hasta niveles de 30-50%, siempre que se ofrezca picado y dependiendo de las ganancias de peso vivo que se desee obtener en el animal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

La caña de maíz, al igual que la paja, puede almacenarse en forma de ensilaje; para esto es necesario disponer este forraje en capas dentro de un silo. Se puede agregar agua para mejorar compactación y, al mismo tiempo urea, para elevar el contenido de nitrógeno (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En cuanto a las hojas y despuntes del maíz, éstas poseen únicamente entre 18 a 25% de materia seca, pero en base seca su contenido en nutrientes la hace bastante similar al ensilaje de maíz, no presentando diferencias en cantidad de proteínas y extracto etéreo. Estas hojas y despuntes pueden ser suministrados a discreción a vacas de baja o mediana producción, reemplazando parte del heno o ensilaje de la ración; pero no deben usarse en volúmenes muy elevados en vacas de alta producción, ya que presenta una elevada humedad (SILVA, 1985).

***En sistemas de producción ovina.***

De acuerdo con un estudio realizado por ESPEZÚA (1999), el usar ensilaje de chala de maíz en complemento con un insumo proteico, como lo es el residuo de semilla de maravilla, además de bicarbonato de sodio y mezcla de sales minerales, puede producir una adecuada respuesta productiva, en términos de ganancia de peso en corderos East Friesian, antes de llegar a su etapa reproductiva o de comercialización, en un sistema de producción de tipo intensiva (Cuadro 46).

CUADRO 46. Composición nutritiva de ensilaje chala de maíz.

| Variable | Ensilaje chala de maíz |
|---|---|
| Humedad % | 47,0 |
| MS % | 53,0 |
| FC % | 20,1 |
| EE % | 2,4 |
| PC % | 8,0 |
| Amonio % | 0,02 |
| FDA % | 25,2 |
| FDN % | 52,6 |
| Ca% | 0,1 |
| P% | 0,1 |
| Dig.In vitro % | 71,7 |
| ED (Mcal/kg) | 3,2 |
| EM (Mcal/kg) | 2,6 |
| Valor pH | 4,6 |

(Fuente: ESPEZÚA, 1999).

La inclusión del ensilaje de chala de maíz en la dieta de los corderos debe ser en forma gradual y en función de la inclusión de la fuente proteica. Con una inclusión de 10% de residuo de semilla de maravilla, 15% de heno de alfalfa y 73% de ensilaje de chala de maíz, es posible obtener un elevado consumo total por período y consumo diario a través del tiempo; aunque la mayor productividad se logra con un 10% de residuo de semilla de maravilla y un 73% de ensilaje de chala de maíz en el total de MS de la dieta de los corderos, resultando ganancias diarias de 180 gr y 37.2 kg de peso vivo (ESPEZÚA, 1999).

**Uso de rastrojos de remolacha**

El residuo de la remolacha, las hojas y coronas, puede ser utilizado en la alimentación animal mediante el pastoreo directo o en comederos ubicados en los potreros. Puede incluirse en dietas de todo animal rumiante, como única fuente alimenticia, o bien formando parte de una mezcla; sin embargo, no es convenientes usar este recurso en cantidades muy elevadas por su alto contenido de ácido oxálico y por el efecto laxante que puede provocar, siendo conveniente entonces, combinarlo con otros ingredientes para neutralizar su efecto, como harina de pescado y sal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El suministro por pastoreo directo, si bien es el más económico, se pueden producir pérdidas de hasta un 50% del residuo si se pastorea bajo condiciones climáticas inadecuadas, como presencia de lluvias, y sin un plan de uso adecuado; por lo que bajo esta modalidad, se recomienda usar cercos eléctricos para evitar las pérdidas por pisoteo y amontonando los residuos en hileras con el objeto de evitar la contaminación por tierra. Cuando se ofrece en comederos, existe un mayor costo en el transporte y mano de obra, pero por otra parte, se aprovecha una mayor parte del residuo; por lo tanto se debe adecuar una mayor cercanía entre los comederos y el lugar de recolección (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Este residuo puede ser conservado bajo la forma de ensilaje ya que el alto contenido de carbohidratos solubles de la corona, pueden bajar rápidamente el pH (a 4.5 o incluso menos), asegurando una buena fermentación de tipo láctica. Este proceso se puede desarrollar de manera muy satisfactoria, siempre y cuando se cumplan algunos manejos, como lo son el usar el material a ensilar sin tierra, reducir su porcentaje de agua para evitar las pérdidas por lixiviación y atenuar el efecto de ácido láctico; además se recomienda picar el residuo para mejorar la compactación y evitar problemas de atragantamiento (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

Debido a la disponibilidad de este residuo, normalmente se usa de manera importante, como suplemento invernal. Al usarlo en sistemas de bovinos de carne, como única fuentes de alimento y por períodos largos, se presentan varios problemas como meteorismo, atoramiento, acidosis ruminal, rumenitis, diarreas, cálculos renales y descalcificaciones agudas. Por lo anterior, no se recomienda en terneros recién destetados hasta los 250 kg de peso vivo una inclusión sobre el 30% y durante períodos largos; si se utiliza como única fuente de alimento se puede obtener ganancias de entre 0.2-0.3 kg/día, en cambio, si se usa formando parte de una dieta balanceada, con heno de leguminosas y/o concentrados, se pueden obtener ganancias entre 0.6-0.9 kg/día. En novillos de crianza y engorda, la inclusión puede llegar a 50-60% de la dieta, con las precauciones debidas y recordando que es importante adicionar en este tipo de animales minerales como el calcio y fósforo; además cualquiera que sea la dieta, ésta debe ser ofrecida en dos raciones diarias y retirar todos los días los rechazos a fin de evitar el ataque de hongos y fermentaciones. Finalmente, se debe evitar la excesiva deshidratación de este residuo ya que se aumentan los niveles de ácido oxálico y, en consecuencia, el incremento de incidencia de atoramiento (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En cuanto a los bovinos de leche, este residuo puede provocar cierto efecto lactogénico, además es degradado fácilmente en el rumen, por lo que puede aumentar el consumo de los animales, ahorrando la inclusión de concentrados en ellos. El nivel de inclusión de las vaquillas de lechería, es similar a los propuestos a los novillos en crecimiento; en cuanto a las vacas en lactancia, la inclusión de este residuo dependerá del nivel de producción que posea el animal, ya que al ser mayor la producción láctea se incrementa los requerimientos de proteína y energía, habiendo además un mayor gasto de calcio y fósforo. De acuerdo a esto, se recomienda no superar el 50% del consumo total en vacas con producciones menores a 20 L/día y 35% sobre 25 L/día (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Uso de rastrojos de la papa

La papa de desecho puede usarse tanto en la alimentación de rumiantes y monogástricos; aunque en estos últimos se debe tener la precaución de incluirse sólo en forma cocida y de manera limitada, ya que en la papa no madura y en los brotes de las papas almacenadas, existe una alta concentración de un alcaloide llamado solanina, el cual puede ser tóxico para los animales no rumiantes. En los rumiantes, en cambio, sólo se debe tener la precaución de proporcionar la papa picada, ya que la solanina no les produce problemas, pues es destruida a nivel ruminal (CAÑAS, 1995).

La papa de desecho puede conservarse en forma de ensilaje, debiendo mezclarse con forraje seco para que pueda absorver el exceso de humedad del tubérculo, en una proporción de 25 kg de forraje por cada 100 kg de papas., ya que, debido a su contenido elevado de humedad, se pueden producir pérdidas de materia seca y proteína en los efluentes. Este ensilaje debería ser bien consumido por el ganado, pues, según MORRISON (1977), tiene un valor nutricional por tonelada similar al del ensilaje de maíz (CAÑAS, 1995).

Para ensilar los desechos de la papa comercial y no comercial y la papa de tercera calidad, es recomendable primeramente lavar, ya que si se ensilan con tierra pueden generar pudriciones. Al tratarse de papas de gran tamaño, se hace necesario partirlas y dejarlas expuestas al aire para que así puedan perder parte de la humedad, pero sin secarla completamente, ya que se deben evitar posibles alteraciones producto de la exposición directa a la luz, como el verdeamiento (Figura 29a). Además, debido a la forma que poseen estos tubérculos, se hace difícil realizar un ensilaje de papas enteras y poder establecer condiciones de anaerobiosis dentro del silo; por esto, la papa debe ser cortada en rodajas relativamente delgadas para llevar a cabo de manera óptima la compactación del ensilaje. En el caso de ensilar junto con forraje, se pueden usar tubérculos enteros de tamaño pequeño, con el fin de evitar obstrucciones del animal al momento de la ingesta (BERNAL. y CHAVERRA, 2001).



FIGURA 29a. Tubérculo de papa cortado y parcialmente deshidratado, listo para ensilar. (Fotografía: Ensilaje de tubérculo de papa: Online redepapa.org)



FIGURA 29b. Ensilaje de papa más forraje y melaza. (Fotografía: Ensilaje de tubérculo de papa: Online redepapa.org)

FIGURA 29. Uso de rastrojos de papa como ensilaje.

Finalmente, un factor importante a tener en cuenta a la hora de realizar el ensilaje de este tubérculo, bien sea solo o mezclado con forraje, es el relacionado con el suministro de una fuente energética de rápida disponibilidad para las bacterias anaeróbicas, como la melaza. Esto, debido a que el almidón proveniente de la papa no lo utilizan las bacterias anaeróbicas como fuente de energía, por lo que ésta debe provenir, en su totalidad, de otra fuente energética seleccionada (Figura 29b). Con esto, se asegura una rápida producción de ácido láctico. De esta manera, el lavado y picado de la papa y sus rastrojos, mezclada con melaza, produce un ensilaje de alto grado de acidez, gustoso, de buen color, de buena calidad y gran aceptación por el ganado. Este ensilaje puede ser mejorado con materiales ricos en proteína, como la torta de soya, úrea, entre otros, o con forrajes ricos en

materia seca y proteína. También, puede ser mezclada con zanahoria, remolacha u otras hortalizas de descarte. El ensilado puede ser utilizado a partir de dos meses después de iniciado el proceso de conservación (BERNAL. y CHAVERRA, 2001).

## Uso de subproductos de la industria molinera del trigo.

### Afrecho de trigo

En general la inclusión de este recurso sobre el 40 a 50% puede provocar efectos laxantes en los rumiantes, debido a su elevado contenido de fibra y su baja digestibilidad. En bovinos de carne se han obtenido buenos resultados con inclusiones que van hasta desde los 20 hasta el 30% en la dieta; en bovinos de leche, su inclusión puede aumentar hasta 30-40%, especialmente si se trata de la primera etapa de lactancia. En corderos, los niveles de inclusión pueden llegar hasta 30% en la dieta, logrando una buena ganancia de peso (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### Afrechillo de trigo

Su uso en bovinos de carne puede orientarse a terneros pre-destete incluyendo entre 20-30% de este afrechillo en la dieta y en el período de engorda esta inclusión puede aumentar de 30 a 40%, otorgando conjuntamente una fuente de fibra larga, para evitar problemas en el funcionamiento ruminal. Con esta misma precaución, la inclusión de este recurso en bovinos de leche puede fluctuar entre 30-40% en la dieta total de estos animales. En corderos la inclusión puede variara entre 30-40% (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### Harinilla de trigo

Dada su elevada calidad bromatológica, la harinilla es derivada a la alimentación de monogástricos (aves y cerdos); además, su uso en rumiantes está limitado por el bajo nivel de fibra que posee, pudiendo provocar problemas como acidosis ruminal, con inclusiones sobre el 30% en la dieta y disminución de grasa en la leche de rumiantes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Uso de subproductos de la industria molinera del arroz.

### Afrecho de arroz

El afrecho de arroz puede ser usado en la alimentación animal, sin embargo se debe tener cuidado en la conservación de este recurso debido a las altas concentraciones de grasa que posee, debiendo ser utilizado lo más pronto posible para evitar su rancidez. Para evitar esto último es posible calentar las grasas luego de la molienda, a fin de inactivarlas (CAÑAS, 1995). En bovinos de carne puede incluirse hasta 40% de este afrecho siempre y cuando haya sido tratado, sino, puede incluirse sólo hasta 25% cuando es en fresco; mayores niveles pueden ocasionar problemas de grasas de cobertura más blanda. En bovinos de leche, se puede incluir sólo hasta 15 a 20% en la dieta, debido al problema de rancidez ya mencionado (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### Harinilla de arroz

La harinilla de arroz puede incorporarse en niveles similares al afrecho de arroz en dieta de rumiantes, aunque se hace necesario aumentar el porcentaje de fibra en la ración (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Según CAÑAS (1995), si se incluyen niveles muy altos en cerdos, se puede producir modificaciones del manto de grasa y aparición de úlceras gástricas, entre otros.

## Uso de subproductos de la industria cervecera.

Para mejor aprovechamiento, es más recomendable ensilar el orujo ya que permite estabilizar los procesos fermentativos y evitar aquellas fermentaciones anómalas. El ensilado no presenta problemas, aunque es conveniente adicionar capas alternadas de heno, de modo de evitar efluentes y obtener las mejores condiciones para una fermentación. Al dar el orujo seco a los animales, permite mayores niveles de inclusión ya que aumenta la palatabilidad de este recurso. Por otra parte, al incluirlo en forma fresca, es recomendable retirar los rechazos al día siguiente para evitar pudriciones en los comederos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

Tanto el brote de malta como el orujo de cerveza, en especial este último, puede incluirse en dietas de bovinos de carne en cualquiera de sus categorías. Para terneros antes del destete es recomendable incluir niveles que no sobrepasen el 20% de la ración y debe estar combinado con heno de leguminosa y concentrado de iniciación para evitar trastornos digestivos y obtener adecuadas ganancias productivas. Durante el período de crianza y engorda de los novillos se puede incluir hasta un 20-30% de la dieta, siendo el contenido de agua su principal limitante; en el período de engorda final se puede aumentar hasta un 40% la inclusión de estos residuos, siempre y cuando se mantenga un nivel adecuado de energía metabolizable (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Además, es conveniente incluir una fuente de fibra larga como heno o ensilaje para que la funcionalidad del rumen sea la adecuada (BOZA, 1978).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En el rebaño lechero el orujo puede incluirse en dietas de cualquiera de las categorías animales; en terneras de crianza puede usarse sin problema alguno hasta en un 15-20% de la materia seca total; en vacas de producciones medias (12-20 L/día) puede incluirse hasta 20-30% de orujo o 15-20% de brote de malta, sin embargo respecto al brote de malta, se debe tener en cuenta que no debe ser incluido en niveles altos, ya que puede transmitir cierto sabor amargo a la leche. En vacas con producciones sobre los 25 L/día, estos residuo no deben sobrepasar el 15% en la dieta, debido a la elevada humedad que presentan pudiendo afectar el consumo; si se trata de orujo seco este nivel puede aumentarse a 20-25% (BOZA, 1978). Finalmente, estos residuos pueden poseer cierto efecto lactogénico; ello podría deberse al elevado contenido de extracto libre de nitrógeno que poseen, favoreciendo así una mayor disponibilidad de glucosa en la glándula mamaria (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**<u>Uso de subproductos de la industria molinera del maíz</u>**

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

Al tener elevados niveles proteicos y de energía metabolizable, los subproductos de la industria molinera del maíz pueden ser utilizados en dietas de bovinos de carne, pudiendo incluir hasta 70% del producto húmedo en la dieta y 50% si el producto es seco; auque se debe tener en cuenta que sobre el 40% de inclusión las ganancias diarias disminuyen de manera importante. Al incluir gluten húmedo de maíz en la ración, en niveles que van desde 38-60%, se pueden lograr adecuadas ganancias de peso (PORTE y COQUELET, 1989); pero si la inclusión se aumenta a 80%, las ganancias se disminuyen significativamente, ya que se limita el consumo debido al elevado porcentaje de humedad y a la alta concentración energética del gluten, limitando el consumo del animal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En bovinos de leche, más específicamente en vacas en lactancia se recomienda incluir niveles que van de 15 a 20% para gluten de maíz húmedo y 25-30% para gluten de maíz seco (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**<u>Uso de subproductos de la industria para la obtención de alcohol del maíz</u>**

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En bovinos de carne, el destilado de grano puede incluirse entre 25-35% en la ración; al incluirse 24% de este subproducto y acompañado de ensilaje de maíz o de vicia-avena, se pueden obtener ganancias de peso entre 1,0 a 1,2 kg/día (ALLISON y POORE, 1995).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En bovinos de leche se puede incluir hasta 40% en la dieta durante la lactancia; proporciones mayores irán en desmedro tanto de la producción láctea como del contenido de grasa en ella (BOUCQUÉ y FIEMS, 1988).

**<u>Uso de subproductos de la industria del raps, de la maravilla y de la soya</u>**

El uso de estos subproductos ha tenido un gran éxito en la producción animal, pudiendo ser utilizados tanto en dietas de monogástricos como de rumiantes, aunque se debe tener presente que algunos afrechos presentan

ciertas sustancias tóxicas para los animales o sabores amargos que pueden provocar rechazos a su inclusión (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Afrecho de soya.***

La torta de soya, dada sus características nutritivas, puede ser utilizada sin restricciones en la alimentación animal, en niveles elevados de inclusión (CAÑAS, 1995). Es un excelente complemento a la proteína de los cereales en dietas de monogástricos.

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En el caso de rumiantes, el afrecho de soya no se utiliza en dietas de bovinos de carne, debido a que por su elevado precio y gran calidad no se justifica con los bajos requerimientos de este tipo de ganado, aunque puede ser usado en período de pre-destete o en raciones de *creep-feeding* para obtener altas ganancias de peso en terneros (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

Su uso se justifica más en vacas lecheras de alta producción, ya que demandan elevados requerimientos proteicos en su dietas, sin embargo se debe tener en cuenta la alta degradabilidad que tiene esta proteína (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Afrecho de raps.***

En cerdos el afrecho de raps no debe ser incluido, ya que produce disminución del consumo, aún con niveles muy bajos, tanto en la etapa de iniciación como de crecimiento; además en la etapa de engorda, produce algún grado de disfunción tiroides debido a un tóxico que si bien puede eliminarse con un lavado, este manejo aumenta el costo del producto. En cuanto a su uso en la alimentación de rumiantes, no presenta limitaciones ya que los tóxicos son degradados a nivel de rumen (CAÑAS, 1995). Sin embargo, la presencia de dicho compuesto le otorga al afrecho un cierto sabor amargo, por lo que no debe incluirse en altas concentraciones para evitar el rechazo. Su uso en rumiantes no debe sobrepasar el 15% de inclusión, debido al sabor amargo que le confiere a la dieta.

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En bovinos de carne, es muy utilizado para mejorar el nivel proteico en dietas de *creep-feeding* y en raciones de crianza y engorda, sobretodo cuando se emplea ensilaje de maíz (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En vacas lecheras, puede ser una importante fuente de proteína, pero debido a su alta degradabilidad puede no cubrir los requerimientos de proteína *by-pass* del animal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***Afrecho de maravilla.***

En cerdos, el afrecho de maravilla debe ser combinado con otras fuentes proteicas, como la torta de soya o harina de pescado; por su contenido en fibra, este subproducto no se aconseja usarlo en cerdos en crecimiento, aunque puede incluirse en dietas para cerdas gestantes (CAÑAS, 1995).

En cuanto a su uso en la alimentación de rumiantes el afrecho de maravilla es una excelente fuente de proteína en la dieta, aunque su elevado costo puede limitar su uso (CAÑAS, 1995). La alta degradabilidad de la proteína hace que la eficiencia de su uso en rumiantes tienda a ser baja, aunque se pueden aplicar tratamientos químicos para disminuir su degradabilidad (CERDA *et al.*, 1996). Este subproducto no presenta problema de rechazos en los animales, al contrario, hay una gran preferencia hacia él.

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

Puesto que no existe limitación en su inclusión en novillos, su uso está determinado principalmente por el precio que presente. En terneros con sistema de *creep-feeding* puede incluirse hasta 30-40% de afrecho con cáscara y no existen limitaciones sin cáscara.

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En bovinos de leche, tampoco existe un límite de inclusión, excepto cuando se trata de vacas de alta producción (sobre 25 L/día) alimentadas con afrecho sin descascarar, debiendo readecuar el nivel de

energía. Cuando se utilice el afrecho de maravilla sin cáscara se debe tener en cuenta incluir una fuente de fibra larga, cono heno o ensilaje de maíz (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## 2. USO DE RESIDUOS DE HORTALIZAS EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO

### Uso de residuos de la cosecha de cultivos

En general, la inclusión de los residuos hortícolas en el sistema de alimentación animal va a depender, entre otras cosas, del tipo y nivel de producción, del período del año y de los recursos forrajeros que se dispongan.

Para el mejor uso, es necesario ofrecer estos residuos picados de modo de poder disminuir su selección, por parte de los animales; sin embargo, al ser cultivos de baja estatura y de poca densidad, su recolección se hace dificultosa. Por otra parte, el uso directo de estos residuos hortícolas es recomendable únicamente cuando su fermentación resulta inadecuada para la realización de ensilaje o bien, cuando su recolección resulte de gran complejidad. Por otra parte, el soiling sólo se justifica cuando el residuo no posee las características deseadas para realizar un ensilaje de calidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Al presentar un elevado contenido de agua en su biomasa, no es convenientes transportarlos a una larga distancia, de ser así, es recomendable que estos residuos sufran un premarchitamiento previo. Esta alta proporción de agua, obliga además a retirar cada día los restos de residuos que puedan quedar en los comederos de los animales, ya que se puede producir una rápida fermentación, con problemas de desarrollo fúngico y causar toxicidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

#### Residuo del la acelga

El residuo de este cultivo puede utilizarse en la alimentación animal a través del pastoreo directo, soiling o ensilaje, sin embargo, dado el alto contenido proteico que posee, pueden presentarse fermentaciones anormales durante el proceso de ensilaje, por lo que su realización no es muy recomendable (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

El nivel elevado de proteína hace que el uso de este recurso sea justificable en los sistemas de producción de bovinos de carne, en todas sus categorías, especialmente en novillos de crianza o terneros recién destetados, y en etapas de mayor crecimiento. Durante la etapa de engorda, este residuo debe ser incluido en un bajo porcentaje dentro de la dieta y tiene que ser suplementado con alguna fuente energética (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En cuanto a las producciones con bovinos de leche, el residuo de acelga sólo se recomiendo en sistemas productivos medianos y pequeños, o durante el último tercio de gestación. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

#### Residuo del apio

El residuo del apio puede ocuparse en distintas especies de rumiantes y en diferentes tipos de producción, por pastoreo directo, soiling o ensilaje (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Al usar este recurso en terneros recién destetados, se debe tener precaución por su elevado contenido de agua, por lo que se recomienda realizar un premarchitamiento previo.

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En cuanto a los novillos, puede incluirse sobre el 60% de la dieta siempre que se suplemente con algún alimento de tipo energético como granos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En bovinos de leche, el residuo del apio puede tener un efecto lactogénico, sin embargo, sus altos niveles de agua afecta el consumo del animal, no recomendando entonces que su inclusión sobrepase el 40% en la ración para vacas con producciones de 20-25 L/día; pudiendo aumentar la proporción hasta un

60% en animales con menores producciones (15-20 L/día) (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

A pesar de los altos niveles de agua que presenta este residuo, puede responder muy bien al proceso de ensilaje, obteniendo un producto de muy buena calidad, con altas concentraciones de ácido láctico (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo de la coliflor**

Los residuos de este cultivo pueden pastorearse directamente en el potrero, ser usados como soiling o ensilaje; esta última alternativa puede realizarse sólo cuando exista un premarchitameinto anterior al proceso o cuando se incorpore algún heno, ya que este es un residuo que presenta un alto contenido de agua (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En bovinos de carne, este es un recurso que puede orientarse a cualquier categoría animal, en especial a terneros recién destetados y a novillos, debido al alto contenido proteico que presenta; en la etapa de engorda se hace necesario complementar con algún alimento más energético. En novillos se recomienda no superar el 60% de inclusión de este recurso en su dieta, ya que presenta una elevada cantidad de agua y cenizas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En bovinos de leche, su uso está limitado por las características organolépticas que puede transmitir a la leche, debiendo ensilar este producto previamente antes de usarse en vacas de alta producción, ya que a través de este proceso fermentativo perderá gran parte de su olor, pudiendo incluir luego, proporciones que van desde 30 a 40% en la dieta de vacas de producciones entre 20 y 25 Lt/día (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo del repollo**

Se recomienda que este residuo sea usado en pastoreo directamente, ya que por la baja densidad que presenta en el potrero, no se justifica el empleo de maquinaria para su recolección. La realización de ensilaje para la conservación de este recurso es riesgosa debido a la elevada cantidad de proteína que posee, pudiendo provocar el rechazo por parte de los animales por fermentaciones anormales y malos aromas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

La aceptabilidad por el ganado mayor es alta, pudiendo obtener adecuadas ganancias de peso; su elevado contenido proteico cubre en exceso los requerimientos de terneros recién destetados y de novillos en crianza, pudiendo incluir entre 60-70% en la ración, debiendo realizar un premarchitamiento antes de usarlo para disminuir el contenido de agua. En novillos de engorda es necesario adicionar un suplemento energético (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En cuanto a los bovinos de leche, su uso está restringido únicamente a vacas secas o vaquillas de crianza, ya que este residuo puede transmitir olores a la leche. Si se usa como ensilaje, es posible incluir en la dieta un 30-40% para vacas de producciones medias (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo del tomate**

Debido a la relativa baja humedad que posee este residuo (85-87%), presenta un alto potencial para ser ensilado, aún cuando siguen existiendo riesgos de pérdidas por lixiviación y dilución de ácidos orgánicos, impidiendo que el pH baje a niveles óptimos; sin embargo, la calidad del ensilaje de residuo de tomate puede ser comparable a la de un buen ensilaje de maíz, es decir, presenta altas concentraciones de ácido láctico, aunque también con niveles algo elevados de ácido acético, pudiendo otorgar al ensilaje un aroma no apetecible por el ganado, lo que afectaría su consumo. Esta humedad del residuo puede disminuirse por medio de un premarchitamiento previo, o bien usando acondicionadores de forraje (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

De acuerdo al estudio realizado por FUENTES da FONSECA (1995), sobre la conservación de rastrojos generados por el cultivo de tomate bajo plástico; la henificación de brotes y hojas de tomate de la var. FA-

144, constituye una práctica fácil de implementar y de relativo bajo costo, pudiendo efectuarse al aire libre sobre el mismo terreno. Se destaca el heno de brotes de tomate por sobre el heno de hojas, desde el punto de vista nutricional, debido a su eleva proporción proteica (23,38%), energía metabólica (3,24 Mcal/kg) y digestibilidad de la materia seca que presenta (91,9%), por lo que puede ser catalogado, en cuanto a calidad, como cualquier concentrado, ya que su energía puede ser comparada a la energía metabolizable presente en los granos de maíz (*Zea mays*) (3,2 Mcal/kg) y su proteína es comparable al grano de arveja *(Pisum sativum)* (24,7) y garbanzo (*Cicer arietinum*) (20,3%). El heno de hojas de tomate, en cambio, presenta menores niveles de proteína cruda (11,9%) y energía metabolizable (2,31 Mcal/kg), aunque su digestibilidad es ligeramente superior (93,6%), constituyéndose como un recurso alimenticio de significativa importancia para rumiantes, siendo su energía similar a la del heno de alfalfa *(Medicago sativa)* (2,42 Mcal/kg) y su nivel de proteína levemente superior al encontrado para el heno de ballica italiana (*Lolium multiflorum)* con trébol rosado (*Trifolium pratense)* (10,2%), y siendo igual al contenido de proteína cruda del grano de centeno (*Secale cereale*) (11,9%).

En cuanto a la práctica de ensilaje, el ensilaje con plantas enteras resulta ser altamente recomendable ya que cumple con el mínimo de carbohidratos solubles para asegurar una adecuada fermentación (23,15 %), aún cuando su nivel de materia seca sea deficitario (9,66%); además, presenta un porcentaje de proteína cruda de 18,10%, un valor de energía metabolizable de 2,67 Mcal/kg, una digestibilidad aparente de la materia seca de 77,9% y, 77,88% de digestibilidad aparente de la materia orgánica. El ensilaje con los brotes y hojas del tomate, no presenta una adecuada aptitud fermentativa, debido al escaso nivel de materia seca del residuo original (12,2%) y a la baja cantidad de carbohidratos fermentables que posee (12,35%), por lo que no es recomendable su realización, a menos que se use algún tipo de aditivo. El elevado contenido de proteína cruda original en ambos sustratos, es favorable para el desarrollo de bacterias clostridiales proteolíticas, las que generan una importante cantidad de amoníaco en ambos ensilajes, pero mayormente en el ensilaje de la mezcla de brotes y hojas de tomate, llegando a un valor de 18,95%, lo que se considera excesivamente tóxico para el consumo animal (FUENTES da FONSECA, 1995).

Al terminar el cultivo de tomate bajo invernadero, se genera un gran volumen de fitomasa de plantas completas de tomates que son arrancadas, pudiendo ser preservadas por medio de ensilaje, tratando de fragmentar debidamente el material y realizando las labores de llenado y compactado en el menor tiempo posible, así como también el realizar un adecuado sellado (FUENTES da FONSECA, 1995).

Su uso en la alimentación de rumiantes es una buena alternativa, pues este tipo de residuo es bien aceptado por ellos, aun cuando existan rechazos por las porciones de tallos más gruesos (en cultivos bajo invernadero); en el caso de que los residuos estén contaminados con pesticidas, deben ser previamente ensilados para su uso posterior en la alimentación del ganado (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

Debido al valor bromatológico que posee este residuo, en novillos de 250-300 kg de peso vivo es posible obtener ganancias de peso entre 800-900 g/día, siempre y cuando se ofrezca de forma picada y que no incluya los tallos más duros; durante la etapa final de engorda se puede incluir hasta 60-80% en la ración, si se complementa con una fuente de tipo energética (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999) (Figura 30).



FIGURA 30. Engorda de novillos criollos con heno de brote más hoja de tomate. (Fotografía: Fernando Cosio)

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En bovinos de leche, puede incluirse hasta 40-50% de la ración total en vacas con producciones de 15-20 L/día; aun cuando puedan existir ciertos rechazos por sabores amargos que puedan aparecer en algunas variedades (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

*En sistemas de producción caprina*

Debido a que este residuo no presenta ningún inconveniente para el consumo en cabras destinadas a la producción de leche, puede llegar a constituir hasta 80% o más de la ración total, dependiendo de la raza y etapa de la lactancia (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo de la lechuga**

La recolección de este residuo es dificultosa, por lo que se recomienda realizar el pastoreo directo. En general, es de gran aceptación por los animales rumiantes e incluso monogástricos, siendo su principal limitante la elevada cantidad de agua en las hojas, debiendo realizar un premarchitamiento antes de su uso. Este manejo también debe realizarse si se va a hacer ensilaje, para evitar una fermentación anormal por exceso de agua. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

El uso de este residuo para la alimentación animal han dado buenos resultados a pequeños productores, en cuanto a ganancia de peso y producción de leche (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo del pepino de ensalada**

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En bovinos de carne, este residuo dado su valor nutritivo, es posible utilizarlo como única fuente de alimento para novillos de 300 kg de peso vivo, obteniendo ganancias de 700 g/día. Si se desea ganancias superiores, debe complementarse con alguna fuente energética, sobretodo durante la etapa final de engorda. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche.***

En bovinos de leche su inclusión va a depender del nivel de producción que presenten las vacas; si éstas tienen producciones sobre 20 L/día no se debe incluir más del 50% en la ración, si presentan producciones que van desde los15 a 20 L/día, este residuo puede incluirse hasta un 70% en la ración. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de ovinos y caprinos.***

En ovinos y caprinos puede usarse durante casi todas las etapas productivas, debiendo suplementar con una fuente energética durante la ordeña de cabras (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo del melón**

Dada sus características bromatológicas, este residuo se recomienda ser usado para la alimentación de novillos de crianza y engorda, bajo el sistema de pastoreo directo. El aporte de otras fuentes alimenticias sólo será justificable si la disponibilidad de este residuo es baja o bien, si ha sido muy afectado por pisoteo y deyecciones de animales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Los nutrientes de estos residuos generados en 1 ha, pueden sustentar de tres a cuatro novillos de 250 kg de peso vivo, con una ganancia por día de 800 gr por 120-90 días, respectivamente (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Debido al alto contenido de agua de este residuo, no es recomendado conservarlo como ensilaje, ya que el agua producirá un efecto tampón sobre el mismo, desarrollándose flora proteolítica, acética y butírica, en reemplazo de la flora láctica, obteniendo finalmente un ensilaje de mala calidad, que será rechazado por los animales.

**Residuo de poroto verde**

El residuo del poroto verde puede utilizarse tanto en rumiantes mayores y menores, como soiling o ensilaje. Este último puede resultar de excelente calidad, ya que posee baja cantidad de agua, niveles proteicos intermedios y adecuados niveles de carbohidratos solubles, lo que asegura una fermentación de tipo láctica, baja concentración de ácido butírico y $NH_3$ (MANTEROLA *et al.*, 1993a).

Los granos y vainas de este residuo presentan un buen nivel proteico, por lo que puede cubrir los requerimientos de crecimiento de novillos, vacas en gestación y vacas de lechería con producciones inferiores a los 15 L/día.

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

Así, en vacas de lechería entre 12 y 18 L/día este recurso puede constituir entre el 50-70% de la ración, en vacas con mayores producciones este el porcentaje de inclusión en la dieta no debe superar el 30-40% (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne.***

En cuanto al ganado bovino para carne, este residuo puede ser incluido hasta un 70-80% en la dieta de animales en etapa de crianza, debiendo complementar con algún ingrediente de tipo proteico y una fuente energética, como melaza, para aumentar el consumo y obtener una ganancia entre 700-800 g/día (si se desea mayores ganancias de peso su inclusión no debe ser superior al 50-60%). En la etapa final de engorda de los novillos puede incluirse hasta un 50-70% pero con algún suplemento, como granos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo del haba**

El residuo del cultivo del haba es uno de los que presentan mayor potencialidad para ser usado como alimento para rumiantes, esto debido a su calidad bromatológica y aceptabilidad por parte de los animales, siendo su único problema, la elevada proporción de taninos que presentan muchas variedades, afectando la actividad microbiana del rumen. Puede usarse en pastoreo directo en el potrero, como soiling o ensilaje; en este último a pesar de que el residuo posee altos niveles de proteína bruta, no se producen problemas durante su realización, ya que el pH baja rápidamente a 3.5, ideal para el desarrollo de la flora láctica. De estas tres opciones, el pastoreo es la menos indicada, ya que se producen mayores pérdidas de forraje debido a pisoteos y a contaminación por deyecciones y, porque al secarse la planta se reduce su consumo por parte de los animales (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

En los sistemas de producción de bovinos de carne, se puede usar este residuo en todas las categorías animales, aunque es preferible no incluirlo en raciones de terneros antes del destete, ya que los taninos pueden afectar su crecimiento. En novillos durante la crianza, puede incluirse desde el 70-80% de la ración hasta el 100% si se pastorean residuos de buenas condiciones; en la etapa de engorda esta inclusión puede llegar hasta un 50 a 60%, complementando el resto de la ración con praderas de siembra, ensilaje de maíz, o algún grano o subproducto de molinería para aportar un mayor nivel de energía (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En cuanto a los bovinos de leche, para vacas con producciones entre 18-25 L/día se recomienda incluir hasta en un 60-70% de la ración y en vacas con menores producciones, inferiores a 18 L/día, el porcentaje de inclusión puede llegar hasta el 80-90% de la ración total. En vacas con mayores producciones, entre 25-28 L/día, también este recurso puede ser usado en su alimentación, constituyendo entre el 50-60% de ésta (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de ovinos***

En rumiantes menores, este recurso previamente cortado, puede usarse como soiling o ensilaje en hembras durante todos sus estados fisiológicos, pero teniendo en cuenta que la eficiencia de uso de este residuo será menor que los bovinos, ya que no consumen las partes más gruesas y duras de los tallos. En corderos, su inclusión no debe sobrepasar el 60%, pero únicamente cuando superen los 20 kg de peso vivo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Residuo de la alcachofa (*Cynara scolymus L.*).**

Este residuo ha sido tradicionalmente usado mediante el pastoreo de pequeños rumiantes o segados para la alimentación de bovinos (SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, 1968; GRASA, CASTILLO y GUADA, 1988). Sin embargo, los estudios se han concentrado en las formas de conservación del residuo de alcachofa, como ensilaje y hojas desecadas al sol.

Una investigación realizada por HERNÁNDEZ *et al.*, (1992a), revela que las hojas de alcachofas desecadas al sol es una manera no costosa de conservación de forraje, además, una vez seco, este residuo no presenta prácticamente pérdidas de hojas. Su valor nutritivo se caracteriza por presentar 21,76% de fibra bruta;

39,03% de paredes celulares (FND) y 7,51% de lignina (Cuadro 47).

Su contenido de energía es de 1.785,25 kcal EM/kg MS, siendo inferior al de las hojas frescas, obtenido por MAYMONE y BATTAGLINI (1962), aunque es superior al de otros residuos como el del melón y tomate, obtenidos por FONOLLA, SILVA y BOZA (1988), de 1.586 kcal EM/kg MS y 1.190 kcal EM/kg MS, respectivamente.

CUADRO 47. Valor nutritivo de residuos de cultivo de alcachofa *Cynara scolymus* L.

| Parámetro | Hojas desecadas al sol (%) | Planta ensilada (%) |
|---|---|---|
| MS | 86,97 | 20,29 |
| Cenizas | 21,43 | 21,05 |
| PB | 8,93 | 9,77 |
| EE | 43,27 | 4,30 |
| FB | 21,76 | 28,47 |
| FND | 39,03 | 51,88 |
| FAD | 33,12 | 37,13 |
| Lignina | 7,51 | 15,19 |
| Celulosa | 25,95 | 21,80 |
| Hemicelulosa | 5,91 | 14,75 |

(Fuente: HERNÁNDEZ *et al*, 1992a).

Según HIDALGO (1982), es posible realizar un ensilaje de calidad y de manera económica (desde el punto de vista energético) para la alimentación animal, usando el remanente de un cultivo de alcachofa chilena, luego de finalizar la cosecha comercial de la cabezuela (Figura 31).

Este material a ensilar presenta un adecuado contenido de carbohidratos fermentables y, aunque el contenido de carbohidratos no estructurales totales (CNT) encontrados es ligeramente inferior al nivel crítico (15%), son los suficientes para generar una cantidad de ácido necesario que asegurará una buena fermentación conservación, ya que este nivel crítico está considerado para forrajes con una mayor humedad. En cuanto al contenido de proteína, las plantas de alcachofas no presentan un nivel suficientemente elevado de este nutriente como para causar algún efecto negativo (6,8%), es decir, no ejercen una resistencia sobre la reducción del pH del material ensilado (HIDALGO, 1982).

Según HERNÁNDEZ *et al.*, (1992a), la planta de alcachofa ensilada presenta niveles nutricionales más desfavorables que las hojas desecadas al sol, pues su concentración de fibra bruta sube a 28,47%, la FND es de 51,88% y 15,19% de lignina. La planta completa ensilada, al ser menos digestible que las hojas desecadas, presenta una menor energía digestible y metabolizable (1.397,05 kcal EM/kg MS), a pesar de tener una mayor energía bruta.

El material ensilado puede presentarse como un buen recurso alimenticio potencial para el ganado, desde el punto de vista de composición nutricional, obteniéndose un ensilaje con características químicas nutricionales muy similares a la planta fresca. Existen algunas limitaciones de tipos proteicas y minerales, especialmente fósforo, por lo que es necesario adicionar este elemento; además, si el material a ensilar no es sometido a un repicado y se presenta de forma grosera, es necesario adicionar melaza, ya que se requiere una mayor disponibilidad de azúcar de fácil fermentación. Sin embargo, el repicado del material a ensilar mejora la calidad del proceso fermentativo, siendo esta medida suficiente para la obtención de un ensilaje de buena calidad (HIDALGO, 1982) (Cuadro 48).

CUADRO 48. Composición química del ensilaje de remanente de alcachofa repicado con melaza y del material no repicado.

| Tratamiento | MS% | CNT% | DMS% | PC% |
|---|---|---|---|---|
| No repicado | 32,5 | 10,9 | 67,4 | 6,7 |
| Repicado + melaza | 29,3 | 10,7 | 67,4 | 6,7 |

(Fuente: HIDALGO, 1982).



FIGURA 31. Ensilaje de residuo de alcachofa. (Fotografía: Fernando Cosio).

***En sistemas de producción bovina***

Según EGAÑA y WERNLI (1982), el follaje de este cultivo es fácilmente ensilable, por lo que se puede estimar que la energía utilizable de una ha de cultivo, permite cubrir los requerimientos de mantención de 1,6 bovinos de 500 kg de peso vivo, durante el transcurso de un año; siendo la conservación de este forraje una alternativa económica, desde el punto de vista energético, para la alimentación de bovinos.

***En sistemas de producción caprina***

Según HERNÁNDEZ *et al.*, (1992a), la composición y el valor bromatológico del residuo de cultivo de la alcachofa conservado, tanto como hojas desecadas y como la planta completa ensilada, son adecuados para su uso en la alimentación caprina. Las hojas desecadas al sol pueden cubrir por si solas los requerimientos de mantención en machos de 25 kg de peso vivo, durante el período de mayor escasez de forraje, es decir, durante el invierno, ya que presenta un buen nivel de ingesta y valor nutritivo. El ensilado, si bien presenta una menor calidad nutritiva, también es muy aceptado por los animales y su inclusión puede realizarse si la ración es debidamente suplementada. Finalmente, cabe destacar que pese a su sabor amargo, no hay problemas de rechazo en la alimentación caprina.

**Uso de destríos de la industria hortícola: pomasa de tomate**

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

En general, este residuo puede incluirse en niveles altos en las raciones de bovinos de carne; sin embargo, en aquellas dietas en que se incluya más del 30% de la pomasa, debe existir un período de acostumbramiento en el cual el consumo y las ganancias de peso no serán las esperadas, revirtiéndose la situación luego de dos semanas aproximadamente (PORTE *et al.*, 1993). En terneros antes del destete se puede incluir hasta 20-30% en una dieta de *creep-feeding*; si se incluye en mayores porcentajes se debe adicionar algún alimento con mayor palatabilidad como la melaza para no bajar el consumo, sobretodo durante los primeros días; además, debe incluirse una fuente proteica que compense el déficit de aminoácidos sulfurados (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999). Durante la etapa de crianza de novillos o toritos (200-300 kg) se puede incluir hasta 40% sin afectar el consumo y logrando una ganancia de peso de 800 hasta 1.300 g/día, debiendo mezclarse además con un ensilaje de maíz o vicia-avena, o con algún concentrado como afrechillo, cereales entre otros; mayores niveles de inclusión (80-100%) afectan el consumo y disminuyen las ganancias a 600-700 kg/día (MACHADO, 1993; PATEL, 1972). En la etapa final de la engorda (300-420 kg) se puede incluir hasta 60%, pero los mejores resultados se han logrado con niveles de 30-40% (PATEL *et al.*, 1972; BARBIERI, 1993); además, las semillas que se hallen en la pomasa asegurarán un adecuado proceso de depositación de grasas, sin sobreengrasamiento ni coloración de ella (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En las lecherías, el uso de la pomasa de tomate puede ser una limitante para las vacas de mayor producción, debido al elevado contenido de agua que presenta este residuo, así como también el problema de aceptabilidad que existe durante las primeras dos semanas. Las vacas con producciones de 12-15 L/día, puede incluir hasta 60% de la MS total, sin ningún problema (si se exceptúa el problema de acostumbramiento); incluso al suministrar 16% de pomasa en la dieta pueden existir aumentos en el porcentaje de grasa en la leche (PATEL, PATEL y TALPADA, 1971). En vacas con producciones entre 17-22 L/día, se puede incluir hasta 40% de la materia seca total y, sobre los 25L/día, la inclusión no debe superar el 20%; esta disminución se debe al elevado nivel de humedad del residuo, además en ambos casos debe adicionarse una fuente de fibra larga como ensilaje de maíz, de vicia-avena, heno o paja. Por lo anterior, es recomendado almacenar la pomasa de tomate en conjunto con el ensilaje, ya que de esta manera se enriquecerá con proteína y energía metabolizable, ambas aportada por la pomasa, además de no presentar problemas de aceptabilidad (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción ovina***

Al igual que en los bovinos, existe un rechazo inicial, por lo que se debe incluir de forma gradual, debiendo existir un período de acostumbramiento de 25 días. Debido a que los ovinos son más selectivos, al incluir sobre 20% en dietas de corderos, se afecta considerablemente el consumo y la ganancia de peso; en corderos pre-destetet puede incluirse hasta 10-15% en la ración de *creep-feeding*, reemplazando algunas fuentes proteicas y disminuyendo el costo de la ración.

Según SIRHAN *et al.*, (1993), sobre 25% de inclusión, el consumo disminuye drásticamente, pero aún cuando se ha observado un leve efecto negativo sobre la ganancia de peso, en período post-destete hasta el final de engorda se puede incluir hasta 30% de este residuo. Debido a que las ovejas adultas se encuentran, normalmente, en una pradera natural de pobre condición, la inclusión de la pomasa de tomate junto con heno de alfalfa, de gramínea o paja, puede constituir una parte importante de la ración diaria (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Uso de destríos del procesado de hortalizas.**

**Uso de descartes de cebollas (*Allium cepa L.*):**

Debido a esta presencia de alcaloides, el uso de descartes de cebollas en animales como fuente alimenticia es restrictiva, por lo que no es conveniente proporcionar este residuo como único recurso en la dieta. En bovinos, se debe limitar su uso a 8 kg/día máximo y, para los animales de lechería no se recomienda su inclusión ya que puede transmitir olores a la leche (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Uso de descartes de de coliflor *(Brassica oleraceae L. var Botrytis):***

Este residuo puede ser utilizado tanto en bovinos de carne como en ovinos, pero dado al traspaso de aromas y sabores que le puede transmitir a la leche, no se recomienda su elevado uso en ganado lechero (MANTEROLA, CERCA y MIRA, 1999).

**Uso de descartes de espárragos (*Asparagus officinalis L.*):**

En cuanto su uso en la alimentación de rumiantes, si bien no tiene, en general, efectos tóxicos, el descarte de espárrago presenta ciertos efectos diuréticos que puede restringir su uso. Se recomienda que sea mezclado con ensilaje de maíz o ensilaje de vicia avena (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Uso de descartes de repollo de Bruselas *(Brassica oleracea var. Gemnifera)***

El uso del descarte de espárrago en la alimentación de rumiantes, va a depender de la distancia que existe entre la planta procesadora y el predio, ya que es un residuo que presenta un elevado contenido de agua. Este recurso puede usarse tanto en ovinos como en bovinos de carne, en estos últimos debe acompañarse con heno o ensilaje de gramíneas que compense el elevado contenido de proteína de este residuo. En cuanto a su uso en bovinos de leche, su uso no es recomendado ya que transmite características organolépticas desagradables a la leche (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Uso de descartes de zanahorias (*Daucus carota)*:**

Los descartes de zanahorias pueden ser usadas en la alimentación de bovinos de carne, con una dieta compuesta por 17 kg de este residuo más heno y afrecho de oleaginosas, obteniendo ganancias de peso que van desde 700 a 800 g/día. En bovinos de leche, se puede incluir 20-25 kg de descartes de zanahorias en la dieta, para sostener lactancia de 18 a 22 L/día (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Uso de descarte de brócoli (*Brassica oleraceae var.italica)*:**

Este recurso puede usarse en la alimentación de bovinos de carne, ya que en el ganado lechero transmite características organolépticas no deseadas a la leche (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## 3. USO DE RESIDUOS DE FRUTALES EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO

**Uso de residuos de poda**

El uso de residuos de poda en la alimentación animal está condicionado tanto por el costo que implica su transporte hacia las explotaciones ganaderas, así como también por la especie animal que hará usufructo de ellos. Es así como LOUCA, ANTONIOU y HATZIPANAYIOTOU (1982), indican que el ganado caprino, debido a su notable aptitud para el ramoneo dada sus características anatomo-fisiológicas y selectividad de ingestión, prefiere el consumo de hojas y tallos y, dependiendo de la ocasión, también puede preferir la corteza de árboles y arbustos. Otras especies, como los ovinos y bovinos, presentan otros

hábitos de consumo, ya que suelen preferir la hierba verde.

**Sarmientos de vid**

Su inclusión como fuente alimenticia para rumiantes debería servir únicamente para cubrir los requerimientos de mantención. Según ALVIRA, REBOLE y GONZÁLEZ (1983), este valor nutritivo puede mantenerse durante el período invernal como ensilaje, sin usar aditivos.

**Ramón de olivo.**

Este es un recurso muy usado en España y Francia como forraje importante de mantención para ovinos y caprinos durante el otoño e invierno (GUERRERO, 1982). También ha sido probado en bovinos, obteniendo un bajo consumo voluntario y serios trastornos digestivos debido a una excesiva acumulación de trozos leñosos en el omaso del animal, pero pudiendo revertir el resultado cuando se somete antes a un picado del residuo (PARRELLADA *et al.*, 1983). Otros resultados, sin embargo, han dado ha conocer que se pueden obtener buenas producciones de leche al utilizar ciertas partes del residuo, como las hojas y tallos más finos (NIGH, 1977).

**Hojas de limonero (*Citrus limos L.*).**

De acuerdo a un estudio realizado por HERNÁNDEZ *et al.* (1992b), en ganado caprino, más específicamente, en machos adultos y castrados, alimentados *ad-libitum* una vez al día con hojas de limonero desecadas al sol, más agua y bloque mineral, se puede considerar que este residuo es un recurso capaz de cubrir los requerimientos de mantención e, incluso, cubrir los requerimientos de períodos de baja producción de este ganado, dado los niveles proteicos y de materia orgánica digestibles que presentan estas hojas de limonero desecadas al sol, presentando, además, un alto nivel de ingestión voluntaria por parte de los animales. Este autor también menciona, que este recurso puede integrar la fracción de volumen para raciones con concentrados, del ganado caprino de alta producción.

**Uso de destríos de la industria frutícola**

**Pomasa de manzana.**

Este residuo es de gran apetencia por parte de los animales, por lo cual debe ser mezclada con los otros ingredientes de menor palatabilidad para aumentar su consumo, así como también para disminuir la pulverulencia de otros ingredientes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Al poseer un elevado contenido de agua y azúcares es un residuo fácilmente fermentable, por lo tanto debe ofrecerse una ración que sea consumida durante el día en su totalidad para que no queden restos de residuos en el comedero. Si se incluye en altos porcentajes en la ración, ésta debe ser complementada con una fuente proteica; además, este residuo posee una fibra corta y de alta digestibilidad, por lo que debe incluirse una fuente de fibra larga como heno, ensilaje o paja, para estimular la actividad ruminal. En cuanto al sistema de conservación, puede almacenarse en silos de tipo canadiense o de tipo zanja, además, al pH muy ácido que se produce (3.5-3.5) puede mantenerse en buenas condiciones por varios meses (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

La pomasa de manzana en sistemas de bovinos de carne, no debe darse como único alimento en ninguna categoría animal, esto debido al bajo contenido proteico y a la elevada cantidad de agua que posee. En terneros, antes del destete, puede incluirse únicamente en raciones de *creep-feeding* para aumentar el consumo, dada las características organolépticas que posee este residuo; sin embargo no es recomendable usar más del 15% en raciones de esta categoría, ya que afectarían la ganancia de peso. Además, puede usarse en concentrados de iniciación, en reemplazo del maíz, siempre y cuando se encuentre deshidratada y no sobrepase el 50% de inclusión, no olvidar también que en este tipo de animales hay que limpiar periódicamente sus comederos para evitar fermentaciones indeseables. En cuanto a los toritos de crianza y engorda (entre 200-320 kg), la pomasa puede incluirse hasta en 80% de la ración (MANTEROLA *et al.*, 1993b), pero sobre el 40%, las respuestas productivas son decrecientes (CASANOVA, 1994; BUSTAMANTE y MATTE, 1984); se puede ofrecer asociada con ensilaje de vicia-avena, heno de gramíneas y de leguminosas, pudiendo obtener en raciones balanceadas ganancias de peso entre 900-1.350 g/día, dependiendo de la variabilidad de la

materia seca, aporte proteico y digestibilidad de los ingredientes usados en esta dieta. Durante la etapa de engorda final, se recomienda incluir hasta un 30% de este residuo en la ración obteniendo entre 900-1.100 g/día de ganancia de peso, niveles superiores de inclusión disminuyen la eficiencia de conversión, y aumentan los espesores de grasas internas y externas (CASANOVA, 1994).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En sistemas de bovino de leche, en vacas de mayores producciones, el alto contenido de agua de la pomasa junto con su bajo contenido proteico pasan a ser una limitante para su inclusión en las dietas de estos animales; vacas con niveles de 17-22 L/día se puede incluir hasta 25% de la materia seca total de la dieta y sobre los 25 L/día no debe exceder el 17-18% de inclusión (BATH, 1981). Además debe incluirse una fuente de fibra larga para evitar la acidosis ruminal y una baja en contenido graso de la leche. En vacas con producciones de 12 a 15 L/día se puede incluir hasta 40% de la materia seca total, es decir, aproximadamente 6,5 kg de pomasa (base en MS) (EDWARDS y PARKER, 1995). Finalmente, cabe destacar que existe la idea de que la pomasa de manzana podría tener algún efecto lactogénico, derivado del mayor aporte de carbohidratos solubles (ROOK y THOMAS, 1983), sin embargo, sería más eficiente en cuanto a la cantidad producida y no en porcentaje de materia grasa (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción ovina***

En ovinos, la pomasa de manzana puede usarse en cualquier categoría animal; siendo muy adecuada para usarla en los sistemas *creep-feeding*, ya que estimula el consumo de los corderos antes de ser destetados. En corderos con destete precoz (15-18 kg) se logra una buena ganancia de peso con niveles de inclusión de hasta 40% de este residuo en la ración total (en base a MS), pero sobre este porcentaje el consumo y la ganancia de peso disminuyen considerablemente (MARTINEZ, 1992). En general, se debe tener en cuenta que al incluir la pomasa de manzana para la dieta de corderos, se debe contemplar también un aporte extra de proteína y fibra. En cuanto a las ovejas en gestación no se recomienda incluir más del 30% de la MS total de la ración, ya que al tener una elevada concentración de agua que limita aún más el consumo de la oveja gestante; en ovejas lactantes, se puede incluir hasta el 40% de la MS total de la ración, obteniéndose aumentos en consumo de MS. En ambos casos, tanto en ovejas en gestación y en lactancia, la pomasa puede ser un suplemento a la pradera, al heno ó al ensilaje (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Pulpa de cítricos**

Inicialmente este residuo es poco aceptado por los rumiantes lo que puede deberse al sabor amargo de los aceites de la piel; siendo la pulpa de limón la que presenta mayor aceptación que la de pomelo y naranja. Se recomienda aumentar de forma gradual este residuo en la dieta, ya que los rumiantes pueden demorar entre 8 a 10 días en acostumbrarse a esta nueva dieta. Al ser un residuo que aporta fibra de tipo corto, si se incluye sobre el 40% en la dieta, debe ir acompañada de una fuente de fibra larga como heno, paja o ensilaje de maíz para evitar la acidosis ruminal y la disminución de materia grasa en la leche (MARTINEZ, FERNÁNDEZ, 1978). Como el pH es bajo (4,0), no presenta una fermentación típica de ensilaje, pero sí se pueden producir fermentaciones de tipo alcohólicas debido a la gran presencia de azúcares fermentable; además, es recomendable cubrir con plástico para evitar el desarrollo de hongos e insectos. Otra opción es ensilar este residuo en capas alternadas con forraje como alfalfa, para aportar carbohidratos solubles obteniendo una fermentación láctica de buena calidad; también se puede mezclar con heno de leguminosa resultando un ensilaje de menor humedad, con mayor proteína y buena mezcla de fibra (BATH, 1981).

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

En bovinos de carne puede incluirse la pulpa de cítricos hasta un 40% sin afectar el consumo ni la ganancia de peso (BOUCQUÉ y FIEMS, 1988). En terneros antes del destete puede utilizarse como parte de una dieta de creep-feeding, en niveles que no superen el 20% por el rechazo del sabor amargo; además, en esta etapa se debe incluir una fuente proteica de alta calidad como torta de maravilla, torta de soya o de raps. En período de post destete, la inclusión puede aumentarse hasta un 30%, sin olvidar aportar una fuente extra de proteína. En la etapa de crianza y engorda (200-300 kg), la inclusión puede llegar hasta 70% (RODRIGUEZ, RODRÍGUEZ y PEROM, 1974), aunque sobre el 40% declinan el consumo y ganancia de peso. Este residuo puede otorgarse mezclado con ensilaje de maíz o vicia-avena o heno; al incluirla en un 40% se debe incorporar, además, una fuente proteica, pudiendo obtener ganancias de peso entre 1,0 a 1,3 kg/día. Durante la etapa final de engorda se puede incluir en la dieta

hasta en un 50%, pudiendo ser comparado en un 90% al valor del maíz, en cuanto a calidad. Niveles mayores de inclusión pueden producir engrasamiento de la canal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En bovinos de leche, este residuo puede incluirse en niveles de hasta 70% para vacas con producciones de 12 a 15 L/día, sin haber efectos negativos en la cantidad y composición de la leche (MARTINEZ, FERNÁNDEZ, 1978), debiendo incorporarse fuentes de larga fibra, como heno de leguminosa o gramínea. En vacas con producciones entre 17-25 L/día, se puede incluir hasta 40-50% de la materia seca de la dieta y, en animales con producciones mayores, esta no debe superar el 20-30% (BOUCQUÉ y FIEMS, 1988); en ambos casos debe incorporarse además heno o ensilaje, junto con una fuente proteica. En vacas en lactancia si se usa la pulpa húmeda, es recomendable ofrecerla después de la ordeña, ya que puede transmitir ciertos olores y sabores a la leche. Por último se debe recordar que la pulpa de cítrico presenta elevadas concentraciones de calcio, por lo que se aumenta la relación calcio/fósforo, pudiendo provocar trastornos en estos animales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Según CAÑAS (1995), la pulpa de cítricos se incluye normalmente entre 11 a 14 kg de pulpa fresca/animal/día en las raciones de vacas lecheras.

***En sistemas de producción ovina***

En ovinos, la pulpa de cítricos puede usarse en cualquier categoría animal; en corderos recién destetados, se puede incluir hasta un 40% sin afectar la ganancia de peso, eso si, al ser el ovino un animal altamente selectivo, debe procurarse separar este residuo del heno o ensilaje, o bien, trozar el heno y mezclarlo con la pulpa. Por este mismo problema de rechazo por parte del animal, la pulpa de cítricos en dietas de creep-feeding, no se recomienda que supere el 15% en su inclusión. En corderos de pre y post-destete, se debe adicionar además una fuente de proteína y de fibra larga en la dieta. En las ovejas adultas, durante sus períodos más críticos (último tercio de gestación y lactancia) este residuo puede constituir hasta el 100% de la ración, siempre y cuando se aporte además una fuente proteica o urea, pudiendo ser un complemento al forraje o a la pradera (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Pelón de almendra**

Este residuo es poco aceptado por los rumiantes, a excepción del caprino, sobretodo cuando el pelón contiene el endocarpio. El acostumbramiento de este recurso puede demorar hasta 15 días, aunque igualmente el animal deja buena parte en el comedero. Por lo anterior, es recomendable someter este residuo a una molienda gruesa, a fin de realizar una mezcla homogénea con los demás ingredientes de la dieta; también puede ser mezclado alternadamente con ensilaje de alfalfa o ensilaje de vicia-avena, para disminuir la humedad del forraje y aportar carbohidratos solubles. Este residuo también puede ser conservado sin problemas (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Desde el punto de vista energético, el pelón de almendra puede cubrir los requerimientos de mantención y algo de ganancia de peso, sin embargo se caracteriza por ser altamente palatable, convirtiéndose en un ingrediente trascendental en raciones para novillos en sistemas de "feed-lot" (CAÑAS, 1995).

El pelón de almendra es usado como sustituto parcial de los forrajes cuando la disponibilidad de los alimentos es baja, o bien cuando el forraje representa un alto costo (SILVA, 1985).

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

En sistemas de bovinos de carne, puede incluirse en terneros antes del destete como parte del concentrado de iniciación, o bien, en dietas de creep-feeding, no debiendo superar el 15%, especialmente si se incluye la cáscara del cuesco; además es imprescindible adicionar una fuente proteica de calidad. Durante la crianza se puede incluir hasta un 30% de este residuo, pudiendo alcanzar ganancias de peso que van desde 1 a 1,1 kg/día (PORTE *et al.*, 1991), esto sin olvidar compensar las deficiencias proteicas. La engorda final es un período en que los animales necesitan menos requerimientos proteicos y mayor energía para la deposición de grasa, por lo que el pelón de almendra puede incluirse desde 40 a 50% en la ración (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En raciones completas para engorda intensiva, el pelón de almendra puede incluirse hasta máximo 30% (SILVA, 1985).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En bovinos de leche, este recurso pasa a ser una excelente fuente energética para vacas de producciones bajas a intermedias (12-20 L/día), debido al elevado contenido de carbohidratos solubles que posee y a la alta digestibilidad de su fibra; por esto último es necesario adicionar una fuente de fibra larga, ya sea heno o ensilaje, a fin de evitar problemas en el funcionamiento ruminal y en la cantidad de grasa en la leche. En vacas con producciones que van de los 15 a 20 L/día se puede incluir hasta un 30% de la materia seca, en animales con producciones sobre los 20 L/día se recomienda no sobrepasar el 25% y, en vacas con producciones sobre los 25 L/día no se debe superar, en lo posible, el 15% de inclusión (AGUILAR, SMITH,y BALDWIN, 1984; BATH, 1981; BOUCQUÉ y FIEMS, 1988).

En vacas lecheras, se puede incluir hasta 3 kg/vaca/día; pudiendo incluir niveles más altos cuando las concentraciones de energía y proteína no son tan críticas como para vacas lecheras de alta producción. Por otra parte, cuando el pelón de almendra es mezclado con otros ingredientes en preparados comerciales de concentrados, se incluye máximo hasta 20%, de modo de mantener un elevado valor nutritivo y la palatabilidad de la mezcla de concentrado (SILVA, 1985).

***En sistemas de producción ovina***

En cuanto a los ovinos, el pelón de almendra puede constituir una parte importante de la suplementación del último tercio de gestación, ya que en esta etapa hay una mayor demanda de energía; sin embargo, debido al elevado contenido de carbohidratos solubles no es recomendable incluir este residuo en dietas de corderos post-destete, ya que puede ocasionar problemas de diarrea (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción caprina***

En caprinos el pelón de almendra puede usarse durante el período de ordeña, combinado con heno de leguminosa o con granos (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

**Orujo de uva**

El orujo de uva puede ser almacenado en silos cubiertos para evitar la formación de hongos y pudriciones. Existen diferentes formas de mejorar el valor nutritivo de este residuo, como el tratamiento con álcali o la adición de algunas fuentes nutritivas como el concentrado comercial, la urea o el heno de alfalfa; sin embargo, aún cuando puede observarse en una mejora en la digestibilidad de la materia seca, no se observa una mayor respuesta animal a dichos tratamientos, por lo que no se justifican sus aplicaciones. La baja calidad del orujo hace entonces recomendable que no se utilice en volúmenes muy grandes en las dietas de los rumiantes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Según CAÑAS (1995), el suministro de orujo de uva, ya sea dulce o fermentado, resulta en pérdidas en ganancias de peso en ovinos y novillos; pudiendo mejorar la respuesta animal mediante la adición de un suplemento proteico, como el afrecho de raps.

***En sistemas de producción de bovinos de carne***

Al incluir el orujo sin el escobajo en niveles de 15 a 20% en raciones para ganado de engorda intensiva, se han obtenido buenos resultados (CAÑAS, 1995).

El uso del orujo de uva en bovinos de carne, puede ser incluido en pequeñas proporciones en las dietas, ya que las respuestas productivas pueden ser afectadas. En terneros recién destetados, no conviene incluirlos en la dieta debido a la presencia de taninos de este residuo, aunque según MAMEDOV (1976), se puede lograr ganancias de peso de 900 g/día al incluir hasta 30% en novillos de 160 kg. Durante las siguientes etapas (crecimiento y engorda), puede incluirse hasta 20% (BATH, 1981; BOUCQUÉ y FIEMS, 1988). Pero otros estudios han indicado que existe una disminución del 15 %, y más, en la ganancia de peso cuando se incluyen niveles entre 15 y 30% en dietas de novillos Hereford de 250 kg que (MOHR, 1996). Es posible incluir niveles de 25 a 30 % en dietas de vacas durante sus dos primeros tercios de gestación y en novillos, durante el período invernal, para realizar el crecimiento compensatorio en primavera; aunque se debe tener en cuenta complementar con ensilaje o heno, los que representan la principal fuente de nutrientes (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción de bovinos de leche***

En bovinos de leche, el orujo de uva puede ser usado en la alimentación de las vacas de producción media a baja, es decir, 15-20 L/día, no superando el 20% de inclusión en la dieta total; mayores proporciones podrían disminuir la actividad ruminal. En vacas que producen sobre los 25 L/día, el orujo puede usarse en la etapa final de lactancia con una inclusión del 10% (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

***En sistemas de producción ovina y caprina.***

En cuanto a los ovinos y caprinos, este residuo no produce problemas de rechazo, siempre que se incluyan niveles bajos a medios. En ovinos, niveles del 25% de orujo afectan de manera mínima la ganancia de peso, pero si se aumenta a un 50%, la ganancia se reduce casi a un 30% (NEGOVANOVIC *et al.*, 1993). Tanto en ovejas como en cabras se recomienda su uso para los dos primeros tercios de gestación con una inclusión de hasta 30% de la dieta, y bajando al 20% o menos durante el último tercio de gestación y lactancia (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Uso de destríos del procesado de frutas

Este tipo de residuo es apto para ser utilizado en la alimentación animal; cuando proviene de pomáceas (manzanas y peras), puede ser aprovechado en su totalidad por el ganado, en cambio aquellos provenientes de frutas de carozo (durazno, ciruela, damasco) presentan un cuesco que casi siempre es muy duro, pudiendo ser un problema, aunque se ha comprobado que los bovinos pueden aprovecharlo y usar la nuez de su interior. En ambos casos, la pulpa posee elevados contenidos de fructosa, pudiendo ser aprovechada en monogástricos y en rumiantes. En estos últimos, tanto en bovinos de carne como de leche, pueden aportar energía fácilmente disponible al sistema ruminal, pero un consumo muy alto de este residuo puede provocar acidosis ruminal y disfunción de la microflora por la baja de pH. Debido a que es muy susceptible este residuo a ser atacado por hongos y a fermentaciones no deseadas, se recomienda colocarlos en un comedero aparte a fin de evitar afectar a los otros componentes de la ración, además estos comederos deben ser de cemento, metálicos o de plástico para evitar posibles fermentaciones y pudriciones. En bovinos de carne se puede incluir este residuo en todas las categorías animales, siendo más favorable incluirlo en dietas de animales sobre 300 kg, debido a que en esa etapa necesitan una mayor relación energía/proteína, por la depositación de grasa que realizan (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### Manzanas de descarte

Este recurso aporta una gran cantidad de carbohidratos solubles por lo que en una dieta debe ser complementado con heno, ensilaje y alguna fuente proteica de origen vegetal. En general, el ganado bovino tiene gran apetencia de este residuo, pero se recomienda entregársele trozado para evitar atragantamiento; también se recomienda ensilarlo si se dispone en grandes cantidades, teniendo precaución con la fermentación alcohólica que puede desarrollarse. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### Peras de descarte

Para las peras frescas de descarte, se ha visto que los bovinos tienden a rechazarlas mayormente que los duraznos. Éstas pueden incluirse en dietas de rumiantes, más específicamente en vacas secas o vaquillas de crianza, en una cantidad que fluctúa entre 5-10 kg sin causar problema alguno. Además, se debe tener en cuenta que deben ser proporcionadas trituradas para evitar el atragantamiento por parte de los animales, especialmente los más jóvenes. Por otra parte, las peras secas no presentan restricciones en su uso y no se han observado efectos laxantes con inclusiones de 3 kg/día (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### Duraznos de descarte

El cuesco del durazno de descarte no representa ningún problema para los bovinos, ya que muchas veces lo aparta o bien, lo tritura para obtener la semilla. Al proporcionar duraznos frescos a rumiantes, en una proporción entre 10-15 kg, junto con heno y ensilaje, se han obtenido buenos resultados en cuanto a ganancias de peso, sin haber rechazos por parte del animal. En cuanto al durazno conservero, debido a su consistencia, es preferible incluirlo de forma trozada. Finalmente, al dar durazno seco, es decir, sin el carozo, se recomienda incluir niveles de 1,5-2,5 kg/día logrando buenas ganancias de peso al mezclarlo con heno, ensilaje y fuentes proteicas vegetales; al incluir niveles superiores, el animal consumirá menos y a los 4-5 días se presentara un rechazo (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

Las almendras son el constituyente más valioso de los cuescos de frutas, siendo fuente de aceite y proteína. Con respecto a su toxicidad, existen métodos de extracción de tipo acuosa, el cual entrega productos detoxificados, es decir, carentes de amigdalina. Luego de la extracción de aceite, queda un afrecho o torta que puede usarse en la alimentación animal (SILVA, 1985).

**Ciruelas de descarte**

El uso de ciruelas en la alimentación de novillos ha demostrado que se pueden obtener buenas ganancias de peso, al ofrecerlas en forma fresca en mezcla con heno y ensilaje, sin embrago, se producen rechazos con inclusiones sobre los 7-8 kg/día. No representa problemas de diarrea y el animal, si bien no consume los cuescos, puede triturarlos y consumir la almendra. En el caso de las ciruelas secas, a diferencia de lo anterior, produce rechazo al incluirla sobre los 3 kg; en las vacas lecheras, se ha observado que al incluir 4 kg/día de ciruelas secas sin cuesco ha existido cierta incidencia de diarreas y menor consumo total de la materia seca. (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En cuanto a las ciruelas secas de bajo calibre o dañadas, éstas pueden constituir un residuo potencialmente utilizable en la nutrición animal. Experimentos con vacas alimentadas con ciruelas secas, han demostrado que consumos de hasta 2,7 kg de éste insumo han producido sólo una leve incidencia de diarreas y las vacas no ingirieron los cuescos. Esto indica una buena aceptabilidad por parte de los animales de estos residuos, sin embargo deben usarse en cantidades menores para evitar trastornos digestivos del ganado (SILVA, 1985).

**Uvas y pasas de descarte**

El residuo de uva de mesa puede utilizarse en la alimentación de rumiantes sin ninguna restricción; ya que se ha visto que vacas de lechería han consumido hasta 17 kg de uva con escobajo, sin provocar efectos negativos. Su contenido en azúcares lo hace ser muy atractivo para los animales, pero debe complementarse con alguna otra fuente, ya que si se suministra solo puede ocasionar trastornos en el rumen y cambios en la flora ruminal. Finalmente se debe recordar que este residuo es susceptible a la fermentación, por lo que no debe permanecer muchos días en el comedero. En cuanto a las pasas, consumos de hasta 3 kg/día en vacas, no han demostrado efectos negativos; sin embargo mayores inclusiones podrían producir problemas de diarreas, rechazos o algún tipo de alteración ruminal (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## 4. USO DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE LA CONGELACIÓN DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS: CEREALES, LEGUMINOSAS DE GRANO, HORTALIZAS Y FRUTAS.

Las vainas de arvejas, frejoles e hilos de porotos verdes son usualmente utilizadas en la alimentación animal durante la época invernal (BEN-GERA, 1969).

Según (CRUESS, 1958) estas vainas y ramas de arvejas, son usadas como forraje en estado fresco, secas o en forma de ensilaje. El ensilaje de vainas de arveja es propenso a sufrir putrefacciones en el silo, esto puede mejorarse si las vainas son mezcladas con residuos de maíz, ya que éstos últimos presentan un menor contenido proteico y son ricos en carbohidratos; las corontas de maíz verde son ricas en estos carbohidratos y deben picarse al ser mezcladas con las vainas (SILVA, 1985).

## 5. USO DE RESIDUOS DE EXPLOTACIÓN FORESTAL EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO

Debido a la cercanía que presentan las zonas dedicadas a la actividad forestal con las zonas ganaderas de nuestro país, es posible lograr una buena integración entre ambos sistemas y aprovechar los residuos que se generan en los aserraderos y plantas procesadoras de maderas en la alimentación de rumiantes. Los aserrines pueden ser un regulador de consumo en dietas con altos niveles de concentrados, además de regular la motilidad ruminal. Sin embargo, aunque los aserrines de pino, álamo y en menor grado eucaliptos, pueden ser utilizadas directamente en las raciones de rumiantes, especialmente en adultos, estos niveles de inclusión no debieran superar el 10-15% de la materia seca total de la ración. En el caso de formular dietas de subsistencias, frente a un problema de sequía por ejemplo, la inclusión puede aumentarse hasta 30-40%, debiendo complementar la dieta con carbohidratos solubles, proteínas y minerales (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Uso de aserrines sin tratar

Como se ha mencionado, el uso de aserrines sin tratar no puede ser incluido en altas concentraciones debido a su bajo valor bromatológico, así como también a su baja digestibilidad.

### *En sistemas de producción de bovinos de carne*

En novillos durante la engorda, es posible obtener buenos resultados en dietas con concentrados y heno, al reemplazar hasta un 15% de este último, por aserrín (EL-SABBAN, 1971). Otros estudios han incluido hasta 10% de aserrín de pino en dietas de engorda, no afectando la ganancia de peso, ni la conversión ni la calidad de la canal. (CLARKE y BYER, 1973; GUENTER y FORSBERG, 1972). Sin embargo, a medida que se aumente la cantidad de aserrín en la dieta, el animal tiende a aumentar su consumo de modo de compensar la falta de nutrientes, disminuyendo la eficiencia de conversión; al incluir más del 20% en la dieta, los animales no pueden elevar más su consumo, por lo que el proceso productivo empieza a fallar (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

### *En sistemas de producción de bovinos de leche.*

En terneros durante la etapa de crianza, al incluir en un 45% de aserrín en la ración total, no se han encontrado efectos tóxicos ni daños en el tracto digestivo, aunque superando el 25% de inclusión se afecta la eficiencia de conversión y la ganancia de peso, junto con algunos problemas ruminales. En vacas en lactancia se puede incluir hasta 27% de aserrín en la ración total, sin tener efectos adversos en la cantidad de leche producida, e incluso registrándose aumentos de materia grasa de la leche (SATTER, BAKER y MILLET, 1970); además, incluyendo de 1 a 3 kg/día de aserrín en dietas con elevadas cantidades de concentrado no afecta el consumo ni la producción láctea (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## Uso de aserrines tratados

### *En sistemas de producción de bovinos de carne*

Estos residuos, debido a su mayor digestibilidad pueden ser incluidos en mayores porcentajes en la dieta de rumiantes. Se han realizado diferentes estudios en donde se han obtenido buenos resultados en cuanto a ganancias de peso; por ejemplo en novillos raza Hereford de 330 kg de peso vivo se incluyeron de 50 a 70% de aserrín de abeto tratado, obteniendo ganancias de 1,44 y 1,36 kg/animal (CLARKE y DYER, 1973); en novillos de 246 kg de peso vivo, al alimentarlos con aserrín de álamo hidrolizado en una proporción entre 0-15 y 30% en la ración total, se obtuvieron 1,06-1,06 y 1,04 kg/ animal respectivamente de ganancia de peso, lo que indica un aumento en el consumo de la materia seca que sustentó la ganancia de peso (GUENTER y FORSBERG, 1972).

### *En sistemas de producción de bovinos de leche.*

En terneras con un peso vivo promedio de 115 kg que fueron alimentadas con niveles entre 0-20 y 40% de inclusión de aserrín parcialmente hidrolizado, en reemplazo del grano, se obtuvieron ganancia de peso de 1,36-1,32 y 1,14 kg/día, aunque la eficiencia de conversión disminuyó (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

En vacas de producción de leche, incluyendo aquellas de alta producción, es posible reemplazar la fibra de sus dietas por aserrín, en niveles que fluctúan entre 20-25%, mejorando el porcentaje de grasa en la leche, además de permitir un buen funcionamiento del rúmen (MANTEROLA, CERDA y MIRA, 1999).

## CONCLUSION

Los ecosistemas de rastrojeras se generan a lo largo de todo nuestro país, aunque existen variaciones en su distribución, destacándose mayormente su producción dentro del Dominio Secoestival y Dominio Estepárico.

Las rastrojeras deben ser visualizadas como una rica fuente a partir de la cual se pueden obtener otros beneficios. Aunque es evidente que a lo largo de cualquier proceso productivo se generará un residuo final, éste puede ser transformado en un nuevo recurso, existiendo diversas alternativas para este tipo de residuo orgánico.

La pérdida alarmante de recursos naturales renovables que ocurre hoy en día, nos hace pensar que si se desea mantener los recursos en estado saludable se debe evitar los daños, por lo que se requiere que éstos sean reciclados.

Este reciclaje, se puede realizar tanto a nivel edáfico como a nivel animal, ya que ambos presentan las condiciones microbiológicas necesarias para lograrlo; en el ecosistema suelo se produce el proceso de mineralización de la materia orgánica gracias a la microflora y microfauna que habitan en él, mientras que, en los rumiantes, existe una adaptación simbiótica dentro de su sistema digestivo, que le otorga la capacidad de poder reciclar ciertas materias difícilmente utilizables por el hombre.

El uso de los rastrojos como fertilizantes o aportes orgánicos, resulta una buena alternativa para mantener la fertilidad de un suelo agrícola de manera sustentable, pues se trata de imitar a la naturaleza, reciclando los diversos nutrientes gracias a los microorganismos del suelo. En Chile, como en el resto del mundo, existe un grave problema en la agricultura, que consiste que los suelos no tienen materia orgánica, por lo que se podría invertir la materia orgánica que se desecha en estas zonas deprimidas, ya que el papel de la materia orgánica en estas zonas es fundamental.

Por otra parte, al analizar la composición bromatológica de las rastrojeras, se puede afirmar que representan una alternativa dentro del sistema ganadero a la hora de implementar nuevas fuentes de alimentación animal. Dependiendo de las características que presenten, estos residuos y subproductos pueden ser incluidos en diversos porcentajes en las raciones; proporción que variará en relación al tipo de ganado, así como también, a la categoría animal que se trate. Pueden incluirse solas en la dieta, o bien, complementadas con suplementos (proteicos y/o energéticos) en el caso de presentar limitaciones con algún tipo de nutriente; también, es posible mejorar el valor nutritivo de los forrajes toscos, a través de ciertos tratamientos, que pueden ser de tipo químicos, físicos o biológicos.

Finalmente, es necesario tener en cuenta que algunos de estos recursos presentan ciertas limitantes para su reaprovechamiento; como lo son el costo de su transporte (dada la ubicación geográfica y topográfica del predio); la localización adecuada de los recursos; ciertas características químicas y bromatológicas de residuos y subproductos que afectan su aprovechamiento (como por ejemplo, ciertos residuos derivados de la agrondustria deben ser de aprovechamiento exclusivamente local, dado su carácter perecedero, otros presentan ciertas limitaciones para la conservación, al poseer elevadas concentraciones de azúcares fermentables, elevada concentración de agua), entre otros.

Es por esto que, el uso de las rastrojeras, es una alternativa factible de implementar en un sistema productivo, realizando un manejo integrado, toda vez que se cuente con la información necesaria sobre la disposición temporal, espacial, características químicas y bromatológicas de éstas. Su uso, además, debe estar en función de ciertas variables presentes en el sistema, como lo son las características imperantes del entorno, en cuanto a ambiente edáfico y condiciones climáticas, así como también, la condición socioeconómica que se presente.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA


ACEVEDO, E. y SILVA, P. 2003. Sistemas de labranza y sustentabilidad agrícola en cultivos anuales. Simiente 73(3): 3-6.

AGUILAR, A.A; SMITH, N. E. and BALDWIN, R.L. 1984. Nutricional value of almond hulls for dairy cows. J. Dairy Sci. 67: 97-103.

AGUILERA, S. 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica del suelo. In: Boletín N°14. Simposio Proyecto de Ley Protección del Suelo. Santiago, Chile. pp 77-85.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. 1980. The Nutrient requirements of ruminant livestock. London. Commonwealth Agricultural Bureau. 351 p.

ALIBES, X. 1978. Algunos aspectos para la utilización del cañote de maíz como fuente de energía para rumiantes. In: Gómez Cabrera, A y García de Siles, J.L., eds. Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal. Córdoba, ETSIA. pp. 129-153.

ALIBES, X; MUÑOZ, F; FACI, R; PÉREZ-LANSAC, J y GONZÁLEZ, A. 1982. Valor alimenticio para rumiantes de la hoja de olivo seca. Sociedad Ibérica de Nutrición Animal. Zaragoza, XX Reunión Científica de la SINA. 8-9-10 Octubre. 10 p.

ALIBES, X; MAESTRE, M; MUÑOZ, F; CONSELLA, J and RODRÍGUEZ, J. 1983. Nutritive value of almond hulls for sheep. Anim. Feed. Sci. and Technol. 8: 63-68.

ALIBES, X; MUÑOZ, F; and RODRÍGUEZ, J. 1984. Feeding value of apple pomace silage for sheep. Anim. Feed Sci. and Technol. 11: 189-197.

ALLISON, B. and POORE, M. 1995. Feeding value of corn gluten feed, distillers grains and whole cotton seed in corn silage-based rations for growing steers. North Carolina State Univ. Ext. Anim. Husb. Prog. Rep. 94: 96-103

ALVIRA, P; REBOLE, A y GONZÁLEZ, G. 1983. Valoración química-bromatológica del sarmiento de vid. Alimentación y Mejora Animal 24: 472-478.

ANRIQUE, R. 1988. Manual de utilización de subproductos de remolacha en alimentación de ganado. Santiago, Industria Azucarera Nacional S.A. 50 p.

ANRIQUE, R. 1992. Caracterización nutricional y uso de algunos subproductos para la alimentación de rumiantes. In: Latrille, L. y Balocchi, O., eds. Producción Animal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción Animal. pp: 185.

ANTONGIOVANNI, M. and SARGENTINI, C. 1991. Variability in chemical composition of straws. Options Mediterranéennes Serie A 16: 49-53.

BARBER, S. 1972. Milled rice and changes during aging. Houston, D.F Houston. American Association of Cereal Chemist, Inc. ed. Rice: Chemistry and Technology. St. Paul. 215p.

BARBIERI, M. 1993. Comportamiento productivo de novillos Hereford alimentados con dietas de engorda que incluyen niveles crecientes de pomasa de tomate conservada. Memoria de Título. Ing, Agr. Escuela de Agronomía. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 68 p.

BASCUR, G. 2001. Leguminosas de grano. Leguminosas de consumo humano. In: Sociedad Química y Minera de Chile. eds. Agenda del Salitre. Santiago, SOQUIMICH. pp. 627-647.

BATH, D. 1981. Feed by-products and their utilization by ruminants. In: Hubert, T.J. Up-grading residues and by-products for animals, Boca Ratón, CRC Press. pp 2-16.

BATH, D; DUMBAR, J; KING, J; BERRY S. and OLBRICH, S. 1995. Byproducts and unusual feeds. Feddstuffs 67(3): 2-16.

BELLIDO, E. 2003. El avance de la cero labranza. Chile Forestal 295: 8-10

BEN-GERA, I. and KRAMER, A. 1969. The utilization of food industries wastes. Advances in Food Research 17: 86-90.

BERANGER, C. 1974. Intensification de l'utilisation du pâturage par les troupeaux allaitants et possibilité d'extension de ces troupeaux en zone de culture. Paris. INRA-ITEB. 411 p.

BERNAL, J. y CHAVERRA, H. 2001. La papa como forraje en la alimentación animal. Bogotá. FEDEPAPA. 76 p.

BOLSEN, K; GRIMES, CH. and RILEY, J.G. 1977. Milo stover in rations for growing heifers and lambs. J. of Anim. Sci. 45(2): 377-384.

BORIE, F. y RUBIO, R. 1990. Micorrizas vesículo-arbusculares y otros organismos en la disponibilidad del fósforo. In: Sociedad de Conservación de Suelos de Chile. 1ª Jornadas Binacionales de Cero Labranza. 1990, Temuco, Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Carillanca. 16-17 Octubre. pp. 96-110.

BOUCQUÉ, Ch. V. and FIEMS, L. O. 1988. Vegetable by-products of agroindustrial origin. In: De Boer, F. and Bickel, H., eds. Livestock feed resources and feed evaluation in Europe. Amsterdam. pp. 97-135.

BOZA, J. 1978. Utilización del bagazo de cerveza y cabo de caña de azúcar en la alimentación animal. In: Gómez Cabrera, A. y García de Siles, J.L., eds. Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal. Cordoba, ETSIA. pp. 238-235.

BURROUGHS W; FRANK N.A; GERLAUGH P. and BETHKE A.M. 1950. Preliminary observations upon factors influencing cellulose digestion by rumen microorganisms. Journal of Nutrition 40: 9-24.

BURT, A.W.A. 1966. The nutritive value of ground and pelleted barley straw. I. Ground and pelleted versus long straw for growing Ayrshire heifers. J. Agric. Sci. 66: 131-137.

BUSTAMANTE, J.L y MATTE, B. 1984. Efecto de la inclusión de la pulpa de manzana en la alimentación de bovinos Holando Europeo. Frutícola 5(2): 66-69.

CALDERÓN, M. 2002. Cómo manejar los residuos agrícolas. Chile Forestal 294: 26-29.

CAMPLING, C.C and FREER, M. 1966. Factors affecting the voluntary intake of food by cows 8. Experiments with ground, pelleted roughages. Br. J. Nutr. 20(2): 229-244.

CAÑAS, R. 1995. Alimentación y nutrición Animal. Colección en Agricultura. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 580 p.

CASANOVA, G. 1994. Comportamiento productivo de toritos Hereford alimentados con niveles altos de pomasa de manzana en raciones de engorda. Memoria de Título. Santiago. Ing. Ag. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. 122 p.

CASTILLO, J.P. 1986. Evaluación de residuos de cosecha de cereales: estudio de su cosecha y almacenamiento. Tesis. Ing. Agrónomo. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile. 120 p.

CATIOZIONE, P. y MERIGGI, P. 1994. Ruole e gestione della coperture vegetali. Rev. Informatore Fitopatologico 44 (7-8):3-14.

CERDA, D; MANTEROLA, H; SIRHAN, L. y ESCOBAR, J.P. 1995. Estudio del uso de residuos agroindustriales en alimentación animal. X. Estudio de la disponibilidad y valor nutritivo de cinco cultivos hortícolas en la zona central de Chile. Av. Prod. Anim. 20(1-2): 191-210.

CERDA, D; MANTEROLA, H; CARRASCO, P; PORTE, E; MIRA, J y SIRHAN, L. 1996. Análisis del proceso degradativo ruminal de cuatro suplementos proteicos sometidos a métodos de protección. Avance Anim. 21(1-2): 125-134.

CÉSPEDES, M.C. 2004. Bases técnicas para la producción de Compost. Tierra Adentro 59: 38-41.

CIUDAD, C; RODRIGUEZ O; FUENTES J. y GALLAGHER, J; MOYANO S; PALMA R. y ITE, R. 1982. Tabla auxiliar química proximal de alimentos. Santiago. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. 38 p.

CLARKE, S.D. and DYER, I. A. 1973. Chemically degraded Word in finishing beef cattle rations. J. Anim. Sci. 37: 1022.

COLENBRANDER, V.F; MÜLLER, L.D; WASSON J.A. and CUNNINGHAM, M.D. 1971. Polyphosphate to corn stover silage on animal performance. J. Anim. Sci. 33(5): 1091-1096.

COOMBE, J.B and TRIBE, D.E. 1960. The effect of urea on the utilization of low quality roughage by the rumiant. Anim. Prod. 3: 83.

COOMBE, J.B and TRIBE, D.E. 1963. The effect of urea supplements on the utilization of straw plus molasses diets by sheep. Australian J. Agr. Res. 14(1): 70-92.

CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. 2005. Plantaciones forestales, (on line). www.corma.cl.

CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN. 1979. Estudio alternativas para la industrialización de la manzana. Santiago, CORFO. 327 p.

CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA CHILE. 1998. Manual de Compostaje. Santiago. INTEC. 86 p.

COSIO, F. 1999. Asignación de los Derechos de uso de Pastizales a la Veranada de Montaña del Maule. Tesis doctoral. Córdoba. Facultad Veterinaria, Universidad de Córdoba. 185 p.

CRAMPTON, E.W. and MAYNARD L.A. 1938. The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value of animal feeds. J. Nutrition 15: 383-387.

CREMPIEN L.C. y RODRÍGUEZ S.D. 1988. Utilización, con borregas, de rastrojos de trigo sembrado asociado a trébol subterráneo y falaris. Agricultura Técnica (Chile) 48 (1): 3-7.

CREMPIEN, L.C. y BADILLA, C.C. 1994. Efecto de la suplementación con lupino en ovejas alimentadas con paja de trigo o falaris senescente. Agricultura Técnica (Chile) 54 (2): 141-146.

CREMPIEN, L.C. 1999. Utilización de rastrojos de trigo con ovinos. In: Crempien, C. ed. Nuevas Tecnologías en Producción Ovina para el Secano Mediterráneo. Santiago, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. pp. 86-112.

CRISTI, C. 1994. Generación de una base de datos de subproductos y desechos para los cultivos de tomate, palto y cítricos en la comuna de Quillota. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 110 p.

CROVETTO, C. 2002. Cero Labranza. Los rastrojos, la nutrición del suelo y su relación con la fertilidad de las plantas. Talcahuano, TRAMA. 225 p.

CRUESS, W. 1958. Comercial fruit and vegetable products. 4ª ed. New York, McGraw-Hill. 854 p.

DEMARQUILLY, C et PETIT, M. 1976. Utilisation de pailles et autres sous-produits cellulosiques des grandes cultures dans les systèmes classiques. Consultation Technique. Roma, FAO. 76 p.

DERPSCH, R; FLORENTIN, M. y MORIYA, K. 2000. Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola, (on line). www.rolfderpsch.com/siembradirecta.htm.

DUCHAUFOUR, Ph. 1984. Edafología I: Edafogénesis y Clasificación. Barcelona, Masson. 493 p.

EDWARDS, J. and PARKER, W.J. 1995. Apple pomace as a supplement to pasture for dairy cows in late lactation. Proc. of the New Zealand Society of Animal Prod. 55: 67-69.

EGAÑA, J. y WERNLI, C. 1982. Utilización de desechos agrícolas y subproductos agroindustriales nacionales en la alimentación de rumiantes. In: Wernli, C. ed. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación del ganado. Santiago, INIA. pp. 11-33.

EL-SABBAN, P. M. 1971. Utilization of oak sawdust as an roughage substitute in beef cattle finishing rations. J. Anim. Sci. 32: 740-755.

ELLENA, D. y ROMBOLA, A. 2000. Orientaciones para un moderno manejo del suelo. Tierra Adentro 35: 18-21.

ESPEZÚA, O. 1999. Uso de residuos agroindustriales en la alimentación de corderos East Friesian. Tesis de Magister. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. 149 p.

FAICHNEY, G.J. 1968. The effect of urea on the absorption of volatile fatty acids from the rumen of sheep fed on oat straw. Australian J. Agr. Res. 19: 803.

FASSBENDER, H.W. 1972. Equilibrios catiónicos y disponibilidad de potasio en suelos de América Central. Turrialba 22(4): 388-397.

FASSBENDER, H.W. y BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. San José, IICA. 420 p.

FLAIG, W; BEUTELSPACHER, H y RIETZ, E. 1975. Chemical Composition and Physical Properties of Humic Substances. In: J.E. Gieseking eds.: Soil Components. I. Organic Components. Berlin, Springer-Verlag. pp. 1-212.

FLORES, E y KRÖGH, A. 1994. Tierra de hojas. Características de la extracción y sus efectos ambientales. Revista Chile Frutícola 156: 16-20.

FONOLLA, J; SILVA, J.H. y BOZA, J. 1988. Estudio del valor nutritivo de algunos subproductos agrícolas procedentes de cultivos intensivos. Alimentación y Mejora Animal 3: 107-110.

FUENTES da FONSECA, P. 1995. Caracterización del potencial conservación y calidad nutricional de rastrojos de cultivo de tomate *(Lycopersicon esculentun* MILL.*)* bajo plástico, preservados mediante las técnicas de henificación y ensilaje. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 158 p.

GALLARDO, S. y GASTÓ, J. 1987. Sistema de Clasificación de pastizales. Sistemas en agricultura. Santiago, Sistemas en Agricultura. 141p.

GAMALIER, L; FERREYRA, R; GIL, P; MALDONADO, P; TOLEDO, C; BARRERA, C y CELEDÓN, J. 2005. El cultivo del palto. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 76p. Boletín INIA N°129.

GASTÓ, J. 1979. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Santiago. Ed. Universitaria. 573 p.

GASTÓ, J; COSIO, F. y PANARIO, D. 1993. Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición. Manual de aplicación a municipios y predios Rurales. Quito, Red de Pastizales Andinos, CIID-Canada. 253 p.

GASTÓ, J; COSIO, F y SILVA, F. 1990. Sistema de Clasificación de Pastizales de Sudamérica. Sistemas en Agricultura. Santiago. IISA. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 92 p.

GASTÓ, J. y GALLARDO, S. 1995. Ecorregiones de Chile, superficie de pastizales, existencia de ganado y productividad. Ciencia e Investigación Agraria 22 (1-2): 25-39.

GASTÓ, J. y GALLARDO, S. 1985. Ordenamiento sistemático y base cartográfica de datos de las ecorregiones ganaderas de Chile. Sistema en Agricultura. Santiago. Sistemas en Agricultura. 54 p.

GIVENS, D and BARBER, W. 1987. Nutritive value apple pomace for ruminants. Anim. Feed Sci. and Technol. 16 (4): 311-315.

GRASA, J; CASTILLO, C y GUADA, J. 1988. Valor nutritivo para los rumiantes de los subproductos de la industria conservera de hortalizas y frutas: 2. Alcachofa y guisante. Inv. Agr. Prod. San. Anim. 1: 75-91.

GROS, A. 1986. Abonos. Guía práctica de la fertilización. Madrid, Mundi-Prensa. 560 p.

GUENTER, W. and FORSBERG, N. 1972. Evaluation of Stake processed wood (aspen) as a feed ingredient for beef growing rations. Nutrition Release. N°4. Stake Technology Ltd. Ottawa, Canada. sp.

GUERRERO, J.E. 1982. Estudio de la alimentación del ganado caprino. Tesis doctoral. Córdoba. ETSIA, Universidad de Córdoba, España. 30 p.

HERNÁNDEZ, F; PULGAR, M.A.; CID J.M; MORENO, R y OCIO E. 1992a. Nutritive assessment of artichoke *(Cynara scolymus L.)*: sun dried leaves and whole plant silage. Animal Feed Science and Technology 153: 257-264.

HERNÁNDEZ, F; PULGAR, M.A.; CID J.M; MORENO, R y OCIO E. 1992b. Digestibilidad y valoración energética para la especie caprina de las hojas de limonero *(Citrus limon L.)* desecadas al sol. Animal Feed Science and Technology 41(155): 639-644.

HIDALGO, J.C. 1982. uso de cama de broiler y ensilaje de alcachofa *(Cynara scolymus* L.) en engorda invernal de novillos y su posterior comportamiento en praderas de alfalfa *(Medicago sativa)* y pasto ovillo *(Dactylis glomerata* L.) en suelos de riego del área de Quillota. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 57 p.

HIRSCH-REINSHAGEN, P. y GRONAUER, A. 2002. Procesamiento y uso de los residuos orgánicos. In: GASTÓ, J., RODRIGO, P. y ARÁNGUIZ, I., Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, LOM Ediciones. pp. 581-592.

HONORATO, R. 2000. Manual de edafología. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 245 p.

HUNT, C.H; BENTLEY, O.G; HERSHBERGER, T.V. and CLINE, J.H. 1954. The effect of carbohydrates and sulfur on B-vitamins synthesis, cellulose digestion, and urea utilization by rumen microorganism in vitro. J. Anim. Sci. 580 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 1997. Censo Agropecuario (on line). www.ine.cl

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2005. Encuesta Nacional Agropecuaria (on line). www.ine.cl

JORQUERA, C. 1998. Evaluación del impacto que produce la extracción de tierra de hojas sobre el suelo del bosque esclerófilo. Quebrada Alvarado, Olmué. Provincia Secoestival. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 58 p.

KENBOURNE INGENIERÍA AMBIENTAL S.A. 1999. Folletería de Divulgación, Santiago, Chile. 4 p.

KENT, N. 1971. Tecnología de los cereales. Zaragoza, Acribia. 267 p.

KLEE, G. 1992. Valor nutritivo y uso de subproductos agroindustriales y forrajes toscos en la alimentación de bovinos. EMBRAPA. Anais do Simposio utilizacao de subproductos agroindustriais e residuos de colheita na alimentacao de ruminantes. Sao Carlo, Brasil. 11-13 Noviembre. pp 261-296.

KONONOVA, M. 1982. Materia orgánica del suelo. Barcelona, ed. Oikos-Tau, S.A. 365 p.

KÖPPEN, W. 1948. Climatología. México, Fondo de Cultura Económica. 478 p.

KOSSILA, V. 1984. Location and potencial feed used. In: Sundstol, F. and Owen, E., eds. Straw and other fibrous by-products as feed. Ámsterdam, Elsevier. pp 4-24.

LABRADOR, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 174 p.

LOUCA, A; ANTONIOU, T and HATZIPANAYIOTOU. 1982. Comparative digestibility of feedstuffs by various ruminants, specifically goats. Proc. 3. Int. Conf. Goat Production and Disease. Tucson, Arizona. 10-15 January. pp. 122-132.

MACHADO, C. 1993. Estudios de parámetros productivos, ruminales y sanguíneos en novillos alimentados con niveles crecientes de pomasa de tomate. Santiago. Tesis Magíster Scientiae. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, Escuela de Postgrado. 88 p.

MAMEDOV, R. 1976. Effectiveness of utilization of grape marc for fattening young cattle. Zhinotnovodstvo 12: 47-48. Nutr. Abs.&Rev. Serie B: 47:3156. (Original no consultado).

MANTEROLA, H. y CERDA, D. 1990. Proyecto valoración nutritiva, conservación y aprovechamiento de residuos derivados de la producción e industria hortícola en la alimentación animal. 29 p. (Informe N°1 presentado a FIA).

MANTEROLA, H; PORTE, E y CERDA, D. 1991. Efecto del consumo de nitrógeno y carbohidratos (aportado en forma de bloques) sobre el comportamiento productivo de novillos en distintas condiciones de alimentación. Avance Prod. Anim. 16 (1-2): 157-163.

MANTEROLA, H; PORTE, E; CERDA, D; SIRHAN, L. y MIRA, J. 1993a. Proyecto valoración nutritiva, conservación y aprovechamiento de la producción e industria hortícola en la alimentación animal. 159 p. (Informe Final presentado a FIA).

MANTEROLA, H; PORTE, E; CERDA, D; SIRHAN, L. y MIRA, J. 1993b. Estudio del uso de residuos agroindustriales en alimentación animal. IV. Comportamiento productivo de toritos Hereford sometidos a niveles crecientes de pomasa de manzana. Av. Prod. Anim. 18 (1-2): 83-90.

MANTEROLA, H; PORTE, E; CERDA, D; MACHADO, C. y MIRA, J. 1997. Estudio del comportamiento productivo y parámetros ruminales en novillos alimentados con niveles

crecientes de orujo de uva. Avance Prod. Anim. 22(1-2): 71-80.

MANTEROLA, H; PORTE, E; CERDA, D; SIRHAN, L. y MIRA, J. 1992. Comportamiento de toritos Hereford sometidos a niveles crecientes de pomasa de manzana durante el período de crianza engorda. In: MANTEROLA, H. y CERDA, D. Valoración nutritiva, conservación y aprovechamiento de residuos derivados de la producción e industria hortícola en alimentación animal. Fundación para la Innovación Agraria, Santiago. 60 p.

MANTEROLA, H; CERDA D. y MIRA J. 1999. Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes. Ministerio de Agricultura. Chile. Fundación para la Innovación Agraria, Santiago. 222 p.

MARTÍNEZ, H. 1992. Efecto de cuatro niveles de inclusión de pomasa de manzana en la dieta, sobre el crecimiento y características de la canal en corderos destetados precozmente. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 75 p.

MARTÍNEZ PASCUAL, J. y FERNÁNDEZ CARMONA, J. 1978. Utilización de la pulpa de cítricos en alimentación animal. In: Gómez-Cabrera, A. y García Siles, J.L., eds. Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal. Córdoba. ETSIA. pp. 46-67.

MATURANA, M.L y ACEVEDO E. 2003. Cambios en la fertilidad del suelo asociados a cero labranza, (on line). http://www.sap.uchile.cl/Archivos/ea/Cambios%20en%20la%20Fertilidad%20del%20Suelo%20Asociados%20a%20Cero%20%20Labran~1.pd.pdf

MAYMONE, B. y BATTAGLINI. 1962. Digeribilitá, valore nutritivo e principio attivo delle foglie del carciofo *(Cynara scolymus L.)*. Ann. Sperim. Agr. 1-2: 405-416.

MEDINA, R.A. 1990. Efecto de cuatro niveles de inclusión de pomasa de manzana *(Malus pumilla)* ensilada con dos fuentes de suplementación proteica en raciones de engorda de novillos. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso, Fac. Agronomía. 90 p.

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA (FIA) 1992. Tablas de composición de alimentos para ganado de las zonas centro y sur de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. 53 p.

MOHR, J. 1996. Inclusión de niveles crecientes de orujo de uva en la ración de novillos en engorda y sus efectos sobre los parámetros productivos y de degradabilidad ruminal. Memoria de Título. Santiago. Ing. Agr. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía. 75 p.

MORENO, R y OCIO E. 1988. Recursos alimenticios para la ganadería en la región murciana, Murcia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 142 p.

MORRISON, F.B. 1977. Compendio de alimentación del ganado. México D.F. UTEHA. 721p.

MÜLLER, C. D; COLEN BRANDER, V.F; NOLLER, C. y LANEG, C.T. 1967. Feeding value and fermentation characteristics of corn stalk silage. J. Anim. Sci. 26(6): 1491 (Abstr.).

MÜRPHY, R. 1967. A spatial classification of landforms based on both genetic and empirical factors: a revision. Ann. Asoc. Am. Geogr. 57: 185-186.

NEGOVANOVIC, D; ZEREMSKI, D; CMILJANIC, R; ZUJOVIC, M and ZIVKOVIC, B. 1993. Nutritive value of dehydrated marc in the fattening process of lambs. (Resume). Veterinarski-Glasnik 47 (6): 413.

NIGH, H. 1977. The use of olives leaves as roughage for dairy cattle. Appropiate Technology 4(2): 11.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS. 2005. Estadísticas productivas, (on line). www.odepa.cl.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. 1997. Sustratos para la agricultura en regiones tropicales y subtropicales. 111 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz, (on line). ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/Y2778S/Y2778S00.PDF

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 1985. Necesidades de energía y proteínas. Series Informes Técnicos, 724. 220 p.

PAPELNET. 2006. Manejo forestall, (on line). www.papelnet.cl.

PARRELLADA, J; GÓMEZ, A; GARRIDO, A y OCAÑA, F. 1983. Obtención del ramón de olivo y utilización en alimentación animal. In: Gómez cabrera, A. y García de Siles, L., eds. Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal 2. Córdoba. ETSIA. pp.95-114.

PATEL, B.M; PATEL, C.A and TALPADA, P.M. 1971. Effect of feeding tomato waste to milk cows. Indian. J. Anim. Sci. 41(7): 542-545.

PATEL, B.M; SHUKLA, P.C; PATEL, C.A and TALPADA, P.M. 1972. Evaluation of mango seed kernel and tomato waste in the ration of bullocks. The Indian J. Nutr. Dietet 9(6): 347-350.

PLASTER, E.J. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Madrid. PARANINFO. 419 p.

PORTA, J; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. 1993. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid MUNDI-PRENSA. 807 p.

PORTE, E. y COQUELET, P. 1989. Gluten feed húmedo (Mazofib) para la alimentación de novillos Hereford en raciones de engorda. Avance Prod. Anim. 14(1-2): 152.

PORTE, E; MANTEROLA, H; CERDA, D; MIRA, J. y SIRHAN, L. 1991. comportamiento productivo de novillos Hereford alimentados con raciones incluyendo niveles crecientes de pelón de almendra. Avance Prod. Anim. 16(1-2): 165-172.

PORTE, E; MANTEROLA, H; CERDA, D; SIRHAN, L; MIRA, J. y BARBIERI, M. 1993. Estudios del uso de residuos agroindustriales en alimentación animal. I. Comportamiento productivo de novillos Hereford alimentados con dietas incluyendo niveles crecientes de pomasa de tomate. Avance Prod. Anim. 18(1-2): 55-62.

REID, G.B; ORSKOV, E.R; KAY, M. 1988. A note of the effect of variety, type of straw and amonia treatmente on digestibility and on growth rate in steers. Anim. Prod. 47: 157-160.

RODRÍGUEZ, V; RODRÍGUEZ, B. and PEROM, M. 1974. Effect of the addition of green forage toa n integral dieto f citrus pulpo n the performance of young calves. Cuban J. Agric. Sci. 8, 137-143.

RODRÍGUEZ, D.S y CREMPIEN L.C. 1988. Utilización, con ovejas, de rastrojos de trigo sembrados asociado a trébol subterráneo y falaris. Agricultura Técnica (Chile) 48 (3): 175-181.

RODRÍGUEZ, J. 1993. Fertilización de los cultivos. Santiago. Primera ed. Pontificia Universidad Católica de Chile. 291 p.

ROMAGOSA, J.A. 1979. Orujos de vinificación en la alimentación de rumiantes. Madrid, España. Ministerio de Agricultura. Hoja divulgativa 9: 1-5.

ROOK, J. and THOMAS, P. 1983. eds. Nutritional physiology of farm animals. U.K. London, Longman Group Limited. 704 p.

ROUANET, J. 1994. Eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno por cultivos anuales en futura agricultura sustentable. Agr. Tec. 52(2): 169-179.

SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, E. 1968. Coeficientes de digestibilidad en ovinos utilizando subproductos de la industria conservera de la región murciana. Rev. Nutr. Anim. 3: 185-203.

SATTER, L; BAKER, A and MILLETT, M. 1970. Aspen sawdust as a partial roughage substitute in a high concentrate dairy ration. J. Dairy Sci. 53: 391-397.

SATTER, L; BAKER, A and MILLETT, M. 1981. Increasing the nutritive value of wood and forest products through chemical and physical treatments. In: J. T. Huber, ed. Upgrading Residues and Byproducts for Animals. Florida. CRS Press, Inc. pp.6 1-76.

SHARMA, S.P and SHARMA, D.D. 1984. Chemical composition and nutritive value of apple pomace. Asian Journal of Dairy Research 3(12): 108-110.

SHIRAN, L; MANTEROLA, H; CERDA, D; MIRA, J y PORTE, E. 1993. Estudios del uso de residuos agroindustriales en alimentación animal. III. Efecto de la inclusión de niveles crecientes de pomasa de tomate en la dieta, sobre el crecimiento de corderos destetados precozmente. Avance Prod. Anim. 18 (1-2): 73-82.

SIERRA, C. 1990. Fertilidad de los suelos en cero labranza. In: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1° Jornadas Binacionales de Cero Labranza. Concepción, Chile. 16-17 Octubre. pp. 196-209.

SILVA, L. 1985. Diagnóstico, caracterización química y utilización de los principales residuos de la industria agropecuaria. Tesis. Ing. Alimento. Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Alimento. 294 p.

SMITH, T. y BALCH, C.C. 1984. Implications of a more widespread use of straw and other fibrous byproducts as feed. In: F. Sundstol and E. Owen (editors), straw and other fibrous byproducts as feed. Amsterdam, Elsevier. pp 575-604.

SMITH, M; FRYE, W. and VARCO, J. 1987. Legume winter cover crop. Advances in Soil Science, vol.7. 465 p.

SOSULSKI, F.W; PATTERSON J.K. and LAW A.G. 1960. The lignin content of grass strains. Agronomy Journal 52(3): 130-134.

STANDING COMMITTEE ON AGRICULTURE RUMINANTS SUBCOMMITTEE. 1990. Feedings standarts for Australian livestock. Ruminants. Victoria, Australia. ed. CSIRO 351 p.

TATE, R.L. 1987. Soil Organic Matter. Biological and Ecological Effects. New York. John Wiley & Sons. 291 p.

TEASDALE, J. 1991. Interaction of light, soil mixture and temperatura with weed supresión by hairy vettch residue. Weed Sci. 41. pp. 46-51.

TSATSARONIS, G.C. and BOSKOU, D. 1975. Aminoacid, mineral and salt content of tomato seed and skin waste. J. Science and Fd Agric. 26: 421-423.

UNIVERSIDAD DE CHILE Y FONDO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (FIA). 1993. Valoración de residuos derivados de la producción e industria hortícola en alimentación animal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. s.p.

URBANO TERRON, P. 1988. Tratado de Fitotecnia general. Madrid. Ed. Mundi- Prensa. 895 p.

VALENZUELA, L. 1995-1996. El carboneo y su contexto geográfico en la comunidad de Quebrada Alvarado, Olmué, V Región, Chile. Revista Geográfica de Valparaíso. Universidad Católica de Valparaíso 26(27): 291-297.

VAN SOEST, P. J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. 23: 834.

VAN SOEST, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Anim. Sci. 26: 119.

WERNLI, C y AVENDAÑO, J. 1978. Utilización de orujos de uva en alimentación de rumiantes. 2. Valor nutritivo de orujos ensilados y efectos de la suplementación proteica y energética. In: IV Conferencia Mundial de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. 20-26 Agosto. pp. 147-158.

WERNLI, C. y TAMES, I. 1989. Utilización del forraje residual del cultivo de alcachofa *(Cynara scolymus L.)* como ensilaje. I. Efecto del grado de picado y la aplicación de aditivos sobre su conservación. Avance Prod. Anim. 14: 79-89.