

01674



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y ETOLÓGICO DE OVINOS  
PASTOREANDO ARVENSES DE CAFETAL, COMPARADO CON  
GRAMÍNEAS, CON Y SIN COMPLEMENTACIÓN, Y SU EFECTO  
EN LA DESAPARICIÓN *IN SITU* DE LA MATERIA SECA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRA EN CIENCIAS**  
P R E S E N T A :

**AYDA PAULINA DAVILA SOLARTE**

TUTOR :

DR. FERNANDO PEREZ-GIL ROMO

COMITÉ TUTORAL :

DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA  
DRA. SILVIA BUNTINX DIOS



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

**DEDICADO A:**

Mi familia;  
mi fuente de inspiración,  
apoyo moral y afectivo  
incondicional en todo momento.

Aydita y Nelson Jairo

Will

Mau y Sebas

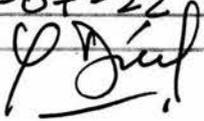
Mis Abuelitos Fina, Flora y Luis Felipe

A la memoria de mi abuelito Tutús.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Paulina  
Dávila Salarte

FECHA: 04-07-22

FIRMA: 

## AGRADECIMIENTOS

He culminado una etapa más de mi carrera profesional, dentro de este proceso conté con el apoyo moral y académico de muchas personas y entidades, sin el cual, habría sido difícil llegar hasta este punto. A todos aquellos que estuvieron involucrados en éste emprendimiento, deseo expresarles mi más sincero sentimiento de gratitud.

A Dios.

A mi padre Nelson Jairo, por ser el modelo de trabajo que siempre he querido imitar, gracias por inculcarme la responsabilidad, por enseñarme a hacer las cosas con amor, sin enamorarme de las cosas; por motivarme a continuar en los momentos más difíciles, por tu amor y confianza.

A mi madre Aydita, a quien tanto quiero y admiro, gracias por tu ejemplo, por haber hecho de mí la mujer que soy, gracias por tu apoyo incondicional, por tu amor y generosidad.

A mi esposo William, pilar fundamental de este logro; gracias por tu compañía durante este largo periodo fuera de nuestro país. Este es otro sueño que hacemos realidad juntos; espero que juntos logremos mucho más.

A mis hermanos Mauricio y Sebastián, por compartir los momentos más importantes de nuestra infancia y juventud, por su buen ánimo durante todo este tiempo y sobre todo por su sonrisa y ocurrencias, que siempre me hacen feliz.

A mis abuelitos, por sus bendiciones y consejos, y porque sé que siempre estoy en su corazón y pensamientos.

A mi familia y a mi familia política, por su apoyo y por la paciencia para esperarnos durante todo este tiempo.

A mis primos Hernán y Rocío con quienes pude compartir momentos muy especiales, gracias por hacerme sentir muy cerca de casa, a pesar de la distancia.

A mi comité Tutorial, especialmente a mi amiga y asesora Dra. Leonor Sanginés por comprender y solucionar mis inquietudes. Su intervención oportuna me impidió apartarme del objetivo central de mi trabajo de tesis. Muchas gracias por ofrecerme de manera incondicional sus valiosos aportes académicos y por establecer conmigo una relación de amiga y de maestra.

A mi tutor principal el Dr. Fernando Pérez–Gil Romo, por recibirme como una de sus alumnas, por su asesoría acertada a lo largo de este trabajo y por su colaboración especial en diferentes aspectos de esta investigación.

A la Dra. Silvia Buntinx, gracias por sus comentarios académicos en pro de mi trabajo.

A mis sinodales Dr. Francisco Castrejón y Dr. Agustín Bobadilla, por la revisión y sugerencias al escrito final de la tesis.

Al Dr. Hugo Montaldo por su asesoría en los aspectos estadísticos del trabajo.

Al Dr. Gonzalo Salazar, por su colaboración en los análisis económicos.

Al Dr. Javier Flores Cobarrubias y al Dr. Librado Melo, por su paciencia y colaboración durante el desarrollo de mi maestría.

A mi amigo Antonio Acevedo por toda su ayuda y generosa colaboración durante el trabajo de campo. Así mismo a la familia Acevedo Jácome, es especial al Doctor Virgilio

Acevedo y al señor Rafael Jácome, por su hospitalidad durante mi estancia en Boca del Monte, por hacerme sentir en casa.

En la localidad de Boca del Monte, deseo agradecer al Doctor Juan Carlos Avendaño y al señor Juan José Avendaño, por su desinteresada colaboración y por la confianza para permitirme realizar el trabajo en su finca. También a los señores Florencio Sánchez, Salomón Lagunes, José Lagunes, Julio Chaga y Rodolfo Demenigue por su participación en el desarrollo del trabajo de campo al facilitar el préstamo de sus animales. Y de manera muy especial, a la familia Castelán, por sus atenciones y finezas.

A mis amigas Katherine Arancibia y Verónica Gómora porque luego de compartir la academia también pudimos ser cómplices de muchos sueños y locuras que me llenaron de alegría.

A mi paisana y amiga Marta Sofía González, por su compañía, sus consejos tanto personales como profesionales y porque al añorar juntas nuestro Galeras y escuchar la Guaneña, nos sentimos más orgullosas de ser pastusas, Elay!!

A mis amigas en Colombia Miriam Narváz y Alejandra Aguirre, por su apoyo moral que me acompañó a lo largo de mi estancia fuera de casa.

A mis compañeras y amigas María Elena Carranco, Silvia Carrillo y Gladys Coral, por sus valiosos consejos y por ser mi respaldo tanto académico como afectivo.

A Patty, Lulú, Gladis, Claudia, Irene, Maru, Isabel, Sara, Magie, Rosa María, Enrique, José Luis, René, Daniel y Cristian, del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”, por su amistad y colaboración en la parte logística de este trabajo.

A mis compañeros de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM, Nicolás, Henry, Agustín, Martín, Paulo, Elizabeth, Adriana, Jahel, Paula, Isabel y Hortensia, porque no solamente compartieron conmigo las aulas sino también una sincera amistad.

Al Dr. Hugo Vásquez, de Laboratorios Lapisa de México, por su desinteresada y gentil colaboración.

Al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán, por la financiación de este trabajo.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, forjadora de mi formación.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Ovinocultura.....	5
2.1.1 Situación de la ovinocultura en el mundo.....	5
2.1.2 Situación actual de la ovinocultura en México.....	6
2.1.3 Hábitos de los rumiantes en pastoreo.....	8
2.1.4 Complementación nutricional de los rumiantes.....	10
2.2 Caficultura.....	12
2.2.1 Situación actual de la caficultura en el mundo.....	12
2.2.2 Situación actual de la caficultura en México.....	13
2.3 Arvenses.....	14
2.3.1 Importancia biológica de las arvenses.....	14
2.3.2 Control biológico de las arvenses.....	15
2.3.3 Especies arvenses en los sistemas agrosilvopastoriles.....	16
2.3.4 Caracterización fitoquímica de las arvenses.....	22
2.4 Etología.....	27
2.5 Pruebas de digestibilidad.....	31

2.5.1	Digestibilidad <i>in vivo</i> .....	33
2.5.2	Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	34
2.5.3	Digestibilidad <i>in situ</i> .....	35
2.5.4	Cinética de la digestión.....	40
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>44</b>
4.1	General.....	44
4.2	Específicos.....	44
<b>5</b>	<b>HIPOTESIS.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>46</b>
6.1	Ubicación.....	46
6.2	Desarrollo del trabajo experimental.....	47
6.2.1	Análisis de la biomasa vegetal.....	47
6.2.2	Prueba de comportamiento.....	49
6.2.3	Animales, alojamiento e instalaciones.....	49
6.2.4	Complementación.....	51
6.2.5	Hábitos de los ovinos en pastoreo.....	52
6.2.6	Ganancia de peso de los ovinos.....	53
6.3	Fase de laboratorio.....	53
6.3.1	Composición química y nutricional del follaje.....	53
6.3.2	Desaparición <i>in situ</i> de la MS del follaje.....	54
6.4	Análisis estadísticos.....	54
6.5	Análisis económicos.....	56
<b>7</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>57</b>
7.1	Producción de biomasa vegetal.....	57

7.2	Clasificación taxonómica de las arvenses encontradas.....	58
7.3	Prueba etológica.....	64
7.4	Prueba de comportamiento animal.....	67
7.4.1	Consumo de complemento.....	67
7.4.2	Ganancia de peso .....	70
7.5	Análisis de laboratorio.....	72
7.5.1	Análisis químico proximal.....	72
7.5.2	Fracciones de fibra.....	77
7.5.3	Metabolitos secundarios de las plantas.....	81
7.5.4	Digestibilidad <i>in situ</i> .....	84
7.5.5	Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	87
7.6	Análisis económico.....	89
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Familias y especies de arvenses más comunes en los cafetales.....	21
<b>Cuadro 2.</b>	Distribución de los tratamientos.....	49
<b>Cuadro 3.</b>	Composición nutrimental del complemento en base seca.....	51
<b>Cuadro 4.</b>	Formulación del complemento. Kg/100Kg.....	52
<b>Cuadro 5.</b>	Producción de biomasa vegetal.....	57
<b>Cuadro 6.</b>	Arvenses encontradas en el cafetal.....	59
<b>Cuadro 7.</b>	Ganancia de peso en ovinos alimentados con gramíneas o arvenses con y sin complementación.....	70
<b>Cuadro 8.</b>	Composición química de las dietas ofrecidas a los ovinos.....	73
<b>Cuadro 9.</b>	Fracciones de fibra de los forrajes ofrecidos a los ovinos.....	77
<b>Cuadro 10.</b>	Metabolitos secundarios presentes en los forrajes ofrecidos a los ovinos.....	82
<b>Cuadro 11.</b>	Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca (g/100g) de los forrajes ofrecidos a los ovinos a diferentes tiempos de incubación en el rumen, con la técnica de bolsa de nylon.....	84
<b>Cuadro 12.</b>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de los forrajes ofrecidos a los ovinos.....	88
<b>Cuadro 13.</b>	Análisis económico de una finca cafetera en Boca del Monte -Veracruz, México.....	90
<b>Cuadro 14.</b>	Análisis económico de un sistema de producción de ovinos en pastoreo de gramíneas sin complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México.....	91
<b>Cuadro 15.</b>	Análisis económico de un sistema de producción de ovinos en pastoreo de gramíneas con complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México.....	93
<b>Cuadro 16.</b>	Análisis económico de un sistema agrosilvopastoril cafetal – ovinos sin complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México.....	94
<b>Cuadro 17.</b>	Análisis de costos de un sistema agrosilvopastoril cafetal – ovinos con complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México.....	96

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Diagrama representativo de un modelo de cinética simple de la desaparición de la fibra en el rumen.....	36
<b>Figura 2.</b>	Diagrama representativo de un modelo de la desaparición de la fibra en el rumen, incorporando las fracciones potencialmente digestible (D) e indigestible (I).....	38
<b>Figura 3.</b>	Esquema representativo del área utilizada para el aforo forrajero.....	48
<b>Figura 4.</b>	Actividades realizadas por los ovinos en pastoreo.....	65
<b>Figura 5.</b>	Consumo del complemento durante la fase experimental.....	67
<b>Figura 6.</b>	Análisis económico de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificado, con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutricional.....	98
<b>Figura 7.</b>	Relación beneficio - costo de los sistemas de producción de café.....	98
<b>Figura 8.</b>	Análisis de rentabilidad de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificados con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutricional.....	99
<b>Figura 9.</b>	Utilidades de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificados con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutricional.....	100

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b>	Digestibilidad aparente de la materia seca.....	34
<b>Ecuación 2.</b>	Cinética de la digestión de los alimentos.....	35
<b>Ecuación 3.</b>	Digestibilidad de la fibra potencialmente digestible.....	37
<b>Ecuación 4.</b>	Tasa de desaparición de la fibra total.....	37
<b>Ecuación 5.</b>	Degradabilidad de un alimento con la técnica de bolsa se nylon.....	39

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue realizar la identificación taxonómica de arvenses en cafetal y evaluar el comportamiento productivo y etológico de ovinos pastoreando arvenses de cafetal, comparado con gramíneas (*Cynodon plectoslachyus* y *Pennisetum clandestinum*) con y sin complementación y la desaparición *in situ* de la materia seca. El trabajo tuvo una duración de 40 días previos a la cosecha de café. Se determinó la composición química, digestibilidad *in vitro* e *in situ* de las arvenses. La prueba biológica se realizó en el Municipio de Comapa, Veracruz, utilizándose 32 ovinos Pelibuey machos enteros de 16 Kg de peso promedio. En el cafetal se encontraron 78 especies, principalmente de las familias *Fabaceae*, *Mimosaceae*, *Caesalpinaseae*, *Gramineae* y *Asteraceae*. Fue mayor la frecuencia de consumo de alimento en los animales que pastoreaban en cafetal, sin provocar daños en hojas, ramas, tallos ni frutos. Los animales que consumieron complemento y arvenses de cafetal tuvieron la mayor ganancia de peso diario (113 g). Se encontraron diferencias significativas entre arvenses seleccionadas, colectadas y el pasto en fracción soluble (a), fracción potencialmente digestible (b), digestibilidad verdadera en rumen (c), PC (%), FDA (%), FDN (%), EB (Mcal/ Kg), EM (Mcal/ Kg). Las arvenses seleccionadas presentaron: 14.4 PC<sup>a</sup>; 21.1 FDA<sup>c</sup>; 45.9 FDN<sup>c</sup>; 3.26Mcal/Kg EB<sup>a</sup>; 2.83Mcal/Kg EM<sup>a</sup>; a= 9.3<sup>a</sup>, b= 74.33<sup>a</sup> y c= 61.1<sup>a</sup>; mientras las arvenses colectadas: 14.1 PC<sup>a</sup>; 34.1 FDA<sup>a</sup>; 51.9 FDN<sup>a</sup>; 3.2Mcal/Kg EB<sup>a</sup>; 2.81Mcal/Kg EM<sup>a</sup>; a= 9.2<sup>a</sup>, b= 73.2<sup>b</sup> y c= 60.4<sup>b</sup> y el pasto 7.8 PC<sup>b</sup>; 26.6 FDA<sup>b</sup>; 47.7 FDN<sup>b</sup>; 2.61Mcal/Kg EB<sup>b</sup>; 2.61Mcal/Kg EM<sup>b</sup>; a=8.8<sup>a</sup>; b= 74.6<sup>a</sup> y c=60.4<sup>b</sup>. El complemento tuvo 27.03% PC y 2.5Mcal/Kg EM. El análisis económico de la finca cafetera presentó un índice de rentabilidad negativa mientras que en los sistemas de pastoreo en gramíneas sin y con complementación fue de 34 % y 52.1 %, respectivamente, y en los sistemas cafetal-ovinos sin y con complementación fue de 68.59% y 81.02 %, respectivamente. Se concluye que la producción de ovinos en arvenses de cafetal con complementación es la opción más rentable de los sistemas estudiados. Con el pastoreo de ovinos en los cafetales, el animal se convierte en un importante generador de recursos económicos adicionales a la producción de café.

Palabras claves: Pastoreo, ovinos, arvenses, cafetal, digestibilidad *in situ*.

## ABSTRACT

The aim of this research was to identify the taxonomic of weeds in coffee plantation as well as to evaluate the productive and ethologic behavior of sheep grazing weeds of coffee plantation, compared with grasses (*Cynodon plectoslachyus* and *Pennisetum clandestinum*) with and without complementation and dry matter *in situ* disappearance. The research was conducted over a period of 40 days prior to the harvesting of the coffee crop. The chemical composition, *in vitro* and *in situ* digestibility of the weeds, was determined. The biological test was carried out in, Veracruz (México), being utilized 32 Pelibuey sheep male entire of 16 Kg of body weight average. In the coffee plantation 78 species were found, mainly of the families Fabaceae, Mimosaceae, Caesalpinaseae, Gramineae and Asteraceae. It was greater the food consumption frequency in the animals that grazing in coffee plantation. Minimal damage to leaves, branches, stems and fruits were produced by the animals. Sheep that consumed complement and weeds of coffee plantation had the greater profit of daily weight (113 g). The results indicated that selected weeds had higher CP, GE, ME, soluble fraction (a), Potential digestible fraction (b) and less ADF and NDF; The weeds selected they presented: 14.4 CP; 21.1 ADF; 45.9 NDF; 3.26Mcal/Kg GE; 2.83Mcal/Kg ME; a = 9.3, b= 74.33 and c= 61.1, respectively; while the collected weeds: 14.1 CP; 34.1 ADF; 51.9 NDF; 3.2Mcal/Kg GE; 2.81Mcal/Kg ME; a= 9.2, b= 73.2 and c= 60.4; and the grasses: 7.8 CP; 26.6 ADF; 47.7 FND; 2.61Mcal/Kg GE; 2.61Mcal/Kg ME; a= 8.8; b= 74.6 and c= 60.4. The complement had 27.03% CP and 2.5MCal/Kg ME. The economic analysis of the farm coffee pot presented an index of negative profit value while in the systems of grazing in grasses without and with nutritional complementation was of 34% and 52.1%, respectively, and in the systems coffee plantation-sheep without and with nutritional complementation was of 68.59% and 81.02%, respectively. In conclusion, the production of sheep grazing weeds of coffee plantation with nutritional complementation is the most profitable option of the systems studied. With the grazing of sheep in the coffee plantations, the animal becomes an important generator of additional economic resources to the production of coffee.

Key words: Grazing, sheep, weeds, coffee plantation, *in situ* digestibility

## INTRODUCCION

Desde que se iniciaron las prácticas agrícolas sedentarias hace unos 12000 años en Karin, Sharma y Shanider, en los montes que delimitan el este de Mesopotamia, en principio la humanidad cultivó y pastoreó especies de su entorno, para luego evolucionar hacia la adaptación biótica de zonas de vida similares y posteriormente, dispares. En sus prácticas agrícolas, la humanidad seleccionó aquellos especímenes que, considerando ciertas cualidades alimenticias, fuesen más productivas. Ese fue el principio de la agricultura empresarial, que hoy se concentra en los ecosistemas donde la tecnología ofrece sus retornos económicos más elevados (Navarro, 1999). Pero es precisamente aquí donde también se presentan graves problemas, debido a que en el propósito desaforado por buscar especies más productivas, se ha perdido una gran gama de plantas que, por no ser deseables al cultivo propuesto, se han erradicado por cualquier medio, en especial valiéndose de compuestos químicos, que han demostrado ser nocivos para los ecosistemas. A raíz de todo esto se ha llegado a reconsiderar los esquemas de control o erradicación de las otrora llamadas malezas (Forero, 2001; Huffaker, 1975).

Incrementar la producción de alimentos para una población que se ha duplicado en los últimos 50 años es un reto ante la panorámica existente. Mil 200 millones de personas en extrema pobreza y más de 5000 millones con desnutrición crónica a consecuencia de las desigualdades predominantes, la necesidad de desarrollo social y económico y el deterioro del ambiente son las características del panorama actual, en el cual la agricultura es el eje, por ser la principal fuente de alimentos (Milera *et al.*, 2002). Mientras la demanda de alimentos sea creciente, la agricultura tiene dos opciones: restar ecosistemas con prácticas extensivas o mantener e incluso devolver tierra a los ecosistemas con actuaciones intensivas que presuponen un esquema empresarial, el cual debe proceder a través de una gestión ambiental. Cuando la gestión agrícola se dirige hacia un contexto de sostenibilidad es evidente que ya no es el hombre el beneficiario indiscutible, sino la interrelación de la sociedad humana y el hábitat natural, primando éste antes que aquella, porque el medio ambiente es indispensable para la humanidad y no a la inversa. Es conocido que un

ecosistema es fundamentalmente el equilibrio entre el factor estático, productor de biomasa y el factor dinámico o consumidor de biomasa (Apraez y Rodriguez, 2001).

Una posibilidad que se ha abierto para utilizar las plantas arvenses que crecen en los cultivos es su incorporación a la dieta de los animales, ya que además de ser un potencial promisorio en el campo alimentario, constituyen una posibilidad económica adicional para el productor del campo. En diferentes trabajos se ha demostrado que la combinación simultánea de cultivo-ganado presenta múltiples ventajas sobre los sistemas convencionales de producción agropecuaria, tales como ayudar al control de arvenses, mejorar las propiedades físico-químicas-biológicas del suelo, suprimir o reducir los problemas derivados del uso de agroquímicos, hacer más eficiente el uso de los recursos disponibles, aumentar los ingresos económicos por unidad de superficie, lograr mayor estabilidad y resistencia ante las recurrentes crisis del mercado, entre otras (Torres *et al.*, 2001a).

Estudios recientes han reconocido la utilidad de productos agrícolas no convencionales en la alimentación animales, especialmente en el trópico y subtrópico, donde las pasturas naturales y los residuos de cosecha pueden formar una dieta completa y balanceada al complementarse con un alimento no convencional económico y productivo (Benavides, 1994; Mekasha *et al.*, 2002).

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Ovinocultura

#### 2.1.1 Situación actual de la ovinocultura en el mundo

Los sistemas de producción de rumiantes implementados en diferentes países del trópico americano se han caracterizado por la utilización de grandes áreas con potencial para la producción de forraje, empleo de dosis crecientes de agroquímicos, así como por el uso elevado de insumos (Alvarez *et al.*, 2003). La situación anterior ha traído como consecuencia aumento en la erosión de los suelos, deterioro y contaminación de las cuencas de agua, incrementos en la emisión de los gases asociados al calentamiento global y aceleración de la tasa de deforestación (Maldonado, 2001a; Maldonado, 2001b).

Por diversas razones, principalmente ligadas al legado colonial y a la formación académica tradicional, la producción ovina en la mayor parte de Latinoamérica se ha basado en la adaptación incompleta de modelos desarrollados en otras latitudes (Sánchez, 2001).

A nivel de economía campesina, las especies menores tienen ventajas comparativas con relación a las mayores, a saber: necesitan menor inversión financiera, el riesgo de la inversión se puede repartir entre varios animales, son más fáciles de controlar, tienen un potencial reproductivo más alto, requieren menores cantidades de alimento y se pueden sacrificar para el autoconsumo. Es así como la oveja de pelo cuenta con las ventajas propias de las especies menores. Ser rumiante y una especie adaptada a las zonas tropicales le otorga ventajas adicionales. Tienen la capacidad de utilizar alimentos con alto contenido de fibra, que no son aptos para la alimentación de monogástricos (Cooper y Thomas, 1990). De esta forma, pueden contribuir apropiadamente en un eficaz uso de los recursos fibrosos disponibles en economía campesina (Mejía y Vargas, 1993).

En Venezuela en especial, el ovino cobra cada día más importancia como una alternativa en la producción de proteína de origen animal, por los atributos antes mencionados. Debido al interés que ha suscitado esta especie, se ha venido incorporando como producción secundaria a explotaciones agrícolas y pecuarias como complemento de las mismas (Gabaldón y Combellas, 2000).

### **2.1.2 Situación actual de la ovinocultura en México**

La ovinocultura es una actividad que se ha desarrollado en México desde hace varios siglos, generando satisfactores importantes en la vida del hombre, como son carne, lana y pieles, productos de gran demanda nacional. Sin embargo, en la actualidad la producción ovina interna está muy lejos de llegar a satisfacer esta demanda (Muñoz *et al.*, 2000). Dicha producción tiene características regionales, siendo el norte zona productora de lana, mientras que el centro y las regiones tropicales lo son de carne, a partir de razas criollas y pequeños rebaños de ovinos de pelo. El consumo es también regional, especialmente en el centro del país (Alvarez, 1995).

Por otra parte, México es un país cuya ovinocultura se ha caracterizado por estar en manos de pequeños productores rurales, pobres y con escaso acceso a insumos y tecnologías modernas. Sin embargo, el crecimiento de la demanda de carne ovina ha excedido marcadamente al demográfico, lo que ha implicado mayor dependencia de importaciones, aunado al efecto en los precios internos de los ovinos y su carne, que son alrededor del doble de lo que se observa para bovinos. Estas características del mercado se han convertido en una oportunidad atractiva para intensificar los sistemas de producción ovina desde la cría hasta la finalización, y han traído la inversión a nuevas formas de producción en praderas de riego y la finalización de corderos en confinamiento con dietas altas en concentrado. (De Lucas y Arbiza, 2000).

En la actualidad, la producción ovina mexicana es deficitaria. En el caso de la carne, el consumo anual considerado por la FAO para este país es de 700 g *per capita*, el cual no se llega a satisfacer, con la consecuente importación de ganado de desecho de los Estados Unidos desde finales de la década de los 60's. Los principales países exportadores de ovinos y su carne con destino a México en los últimos años son Australia y Nueva Zelanda, seguidos de Islandia, Estados Unidos y Canadá (Muñoz *et al.*, 2000).

La promoción del cabal aprovechamiento y la multiplicación de unidades de producción intensiva han contado con muy escaso apoyo de investigación confiable, generada en las condiciones del país, que ofrezca indicadores de referencia para la planeación y operación sustentable de estas empresas. Además de que los ovinos y caprinos han sido especies poco promovidas, se ha dado una marcada carencia de profesionistas especializados en el ramo. Consecuentemente, la información científica con que se cuenta es bastante limitada, situación que evidentemente ha influido en el desarrollo de la producción ovina nacional (De Lucas *et al.*, 2003; Muñoz *et al.*, 2000). A pesar de esto, la producción de ovinos de pelo está adquiriendo cada vez mayor importancia en México, ya que por sus características de adaptación a las condiciones tropicales y utilización eficiente de los recursos forrajeros, esta especie permite su producción en pequeña, mediana y gran escala (González *et al.*, 2002).

La problemática de la cría está relacionada con las altas deficiencias en reproducción de las razas ovinas en las áreas de pastoreo, el escaso uso y alto costo de complementos alimenticios; la baja calidad genética y la alta incidencia de parásitos internos y externos; la deficiente organización de productores y la escasa asesoría técnica; los créditos limitados y con muy alto costo del dinero, y la industrialización y comercialización del producto determinado, que se realiza a base de una escasa e inoperante infraestructura (Arroyo, 2001). De acuerdo con SAGARPA (2003), el primer y segundo lugar en la producción de carne de ovinos corresponde al Estado de México e Hidalgo; el estado de Veracruz reportó una producción de 4,365 toneladas de carne en canal de ovino, que representan el 11.7% de la producción total, ocupando así el tercer lugar a nivel nacional

### 2.1.3 Hábitos de los rumiantes en pastoreo

Mientras los modelos de pastoreo óptimo ven al animal principalmente como el maximizador del proceso de pastoreo, investigaciones más recientes, empíricas y teóricas, se han enfocado en las necesidades del animal de acuerdo con las fluctuaciones de la abundancia de alimento (Inglis *et al.*, 2001).

En la mayoría de los sistemas ganaderos, los animales obtienen una proporción importante de los nutrimentos que requieren de las pasturas que defolian. A la vez, en el acto de pastorear los animales afectan directamente a las pasturas, tanto por la defoliación selectiva que ejercen como por el pisoteo. Asimismo, puede haber efectos indirectos a través del suelo, como son la compactación, el retorno de los nutrimentos y la dispersión de semillas por medio de las excretas animales. Estos factores afectan en sistemas pastoriles no sólo a la pastura, sino también al componente arbóreo (Pezo e Ibrahim, 1999).

La dieta de un organismo es un aspecto fundamental de su nicho ecológico. Cuantificar la dieta ha sido y continúa siendo uno de los primeros pasos para estudiar la ecología básica de una especie. Para los ecólogos, la dieta de los rumiantes juega un papel importante en la determinación de la dinámica de la competencia entre especies (Sih y Christensen, 2001). Cabe anotar que la dieta de los herbívoros está influida por la presencia de nutrimentos y toxinas en las plantas disponibles. Esto permite suponer que los herbívoros ingieren alimentos con altos contenidos de nutrimentos y bajas cantidades de toxinas que el promedio del alimento disponible (Alm *et al.*, 2002).

En un mundo impredecible, la calidad de la presa o del área de pastoreo cambian continuamente por factores como clima, comportamiento de otros animales u otros factores que están fuera del control de un animal; éste es el dilema que ha capturado el interés de los científicos que plantean las teorías del pastoreo (Dall *et al.*, 1999).

Las diferencias entre especies animales en cuanto a la selectividad son determinantes para definir qué especies de herbívoros introducir en un sistema silvopastoril específico y en qué momento. Por sus estructuras anatómicas bucales y hábitos de cosecha, los bovinos defolian selectivamente la vegetación herbácea de porte alto; los equinos y sobre todo los ovinos prefieren las forrajeras de crecimiento cespitoso, y los caprinos son preferentemente ramoneadores (Pezo e Ibrahim, 1999).

El conocimiento de las diferencias entre especies en cuanto a la defoliación selectiva debe ser aprovechado para diseñar estrategias de uso en los sistemas pastoriles. Así por ejemplo, sólo se justificará la inclusión temprana de caprinos en sistemas silvopastoriles cuando las leñosas cumplan preferentemente propósitos forrajeros. En cambio, los otros herbívoros pueden incorporarse una vez que la copa de las leñosas esté encima de la altura de cosecha de los animales, ya que habrá menor riesgo de que defolien las leñosas siempre y cuando se asegure de un buen balance entre la oferta del componente herbáceo y el consumo. Si la disponibilidad de las forrajeras herbáceas es escasa, los bovinos, ovinos y equinos pueden hacer defoliaciones no deseables de las otras especies vegetales (Inglis *et al.*, 2001).

En los rumiantes existe una complicación adicional, como es el cambio incierto y constante del medio. Los animales tienen requerimientos específicos cuando están pastoreando y algunas de esas demandas se encuentran bajo el control del mismo animal; así como el cuidado de los más jóvenes, consecución de compañeros y vigilancia, mientras que otras necesidades son sucesos impredecibles en cuanto al momento en el que ocurren o su duración, como por ejemplo, escape de predadores, protección ante clima adverso, así como competencia (Dall *et al.*, 1999).

De igual manera, la selectividad también puede ser aprovechada para controlar la invasión de arvenses en sistemas de plantación, donde las leguminosas cumplen la doble función de cultivo de cobertura y fijación de nitrógeno (Pezo e Ibrahim, 1999).

La conducta de los ovinos en pastoreo incluye tiempos de ingestión, rumia, descanso y ocio. En praderas de zonas templadas, el pastoreo de ovinos es más intenso en las primeras y últimas horas del día, registrándose normalmente entre tres y cinco períodos de pastoreo seguidos por períodos de rumia (Torres *et al.*, 2001b).

Debido a la tendencia de los rumiantes a agruparse, las relaciones sociales interactúan fuertemente con las preferencias por los alimentos y su distribución influye sus decisiones en el pastoreo. Condiciones como parentesco, fluctuaciones en la disponibilidad de alimento y agua afectan los patrones de pastoreo en la oveja (Boissy y Dumont, 2002).

Los ovinos desarrollan la habilidad para reconocer individuos de su grupo; varios experimentos han demostrado la compleja naturaleza del reconocimiento social de los ovinos. La discriminación social puede desarrollarse por varios mecanismos (familiarización directa o indirecta) e involucra herramientas multisensoriales. Un gran número de individuos o miembros de distintas categorías sociales o parentesco pueden ser discriminados y así, esta discriminación será reflejada en la dinámica social con un grupo y dentro del grupo de animales (Arnold y Pahl, 1974; Ligout y Porter, 2003). La información obtenida a partir de diferentes estudios provee una explicación unificada de la variación en el comportamiento de los ovinos, el cual estará dado por una función de factores internos y externos, formando un medio en el cual ocurren los eventos más obvios para el animal (Inglis *et al.*, 2001).

#### **2.1.4 Complementación nutricional de los rumiantes**

Los forrajes más abundantes en los trópicos se caracterizan por su alto contenido en fibra y bajo nivel de proteína, lo cual los convierte en fuentes no balanceadas de nutrimentos, tanto para la microbiota ruminal como para el hospedero (Preston, 1995). Sin embargo, su valor nutricional se mejora ostensiblemente con la complementación adecuada que favorezca la fermentación ruminal, tal como lo reportan trabajos anteriores (Preston y Leng, 1984;

Preston, 1995; Puga *et al.*, 2001a; Puga *et al.*, 2001b), en los cuales, al favorecer la fermentación ruminal, se optimiza la relación simbiótica entre los microorganismos ruminales y el hospedero, obteniendo mejores tasas de producción. Dicha complementación ha incorporado una gran diversidad de productos y subproductos agropecuarios (Preston, 1995; Alley *et al.*, 1999), además del uso de algunos forrajes alternativos como arvenses (Ríos, 1995; Sánchez, 2001) y árboles o arbustos (Benavides, 1994; Preston y Murgueitio, 1995; Sanginés, 1998; Sanginés, 2001; Maldonado, 2001 a; Maldonado, 2001b).

Los carbohidratos fermentables proveen la energía para la multiplicación microbiana, que permite la degradación de la fibra. Para lograr una mayor eficiencia fermentativa microbiana se ha recomendado la presencia constante de una base nitrogenada, como urea, pollinaza, sulfato de amonio o cualquier fuente de nitrógeno no proteico (Preston y Leng, 1984; Preston, 1995; Padilla-Goyo *et al.*, 2000; Segura *et al.*, 2000; Liu y Mc Meniman, 2001; Puga *et al.*, 2001a), acompañada de carbohidratos fácilmente fermentables como melaza (Preston, 1995; Russell y Wilson, 1996; Liceaga *et al.* 1991) y otros elementos que contribuyen a la fermentación microbiana óptima, como álcalis que eleven el pH a la neutralidad, combinados con sustancias buffer, como el cemento (Ward *et al.*, 1979; Wheeler, 1979; Wheeler *et al.*, 1981; Preston, 1995; Russell y Wilson, 1996; Puga *et al.*, 2001b).

El crecimiento animal no puede ser sostenido únicamente por los productos de la fermentación digestiva, por lo que se hace necesaria la utilización de proteína de sobrepaso para el aprovechamiento de la energía de los AGV absorbidos, además de carbohidratos que escapen a la fermentación ruminal, grasa animal que aporte un incremento energético por Kg de materia seca y ácidos grasos de cadena larga que aumenten el NADPH (Preston y Leng, 1984; Preston, 1995; Liu y Mc Meniman, 2001; Puga *et al.*, 2001a).

También se ha demostrado que la complementación con una fuente de energía de fácil fermentación, como la melaza del complemento utilizado en este trabajo, incrementa la digestibilidad y el consumo (Mertens, 1977; Wells y Russel, 1996), debido a que la

microbiota ruminal es incapaz de obtener energía de la celulosa para sus funciones celulares hasta que la molécula sea digerida (Mertens, 2003; Ried y Mills, 1962; Russell y Wilson, 1996).

Por otra parte, cabe anotar que la complementación con minerales estimula la actividad metabólica de la microbiota ruminal; minerales como fósforo, potasio, calcio, sodio ejercen un efecto benéfico en la degradación de los carbohidratos estructurales de los forrajes, al formar parte de los complejos enzimáticos celulares (Theodorou y France, 1993; Preston, 1995; Preston y Murgueitio, 1995) o nitrógeno proteico. El azufre, por su parte, contribuye a la síntesis de aminoácidos azufrados, favoreciendo así el crecimiento y actividad de la microbiota ruminal, mejorando el consumo, la digestibilidad y la retención del nitrógeno en animales alimentados con forrajes de baja calidad (Preston y Leng, 1984; Liu y Mc Meniman, 2001; Puga *et al.*, 2001a).

## **2.2 Caficultura**

### **2.2.1 Situación actual de la caficultura en el mundo**

El café es uno de los cultivos más importantes no sólo para los 56 países productores del Tercer Mundo, sino también para Estados Unidos, Europa y Japón, los cuales consumen el 80% del grano producido. En la década pasada el café generó uno de los más altos ingresos para las economías locales de más de 50 países tropicales, precedidos en algunos casos sólo por el petróleo y el turismo (Bartra, 1999).

Sin embargo, actualmente en América Latina la crisis de la caficultura colombiana está enmarcada en la situación a la que se enfrenta el sector en general, debido al impulso de compañías multinacionales a la siembra de café amargo en Asia. Dicha crisis, iniciada con la ruptura en 1989 del pacto mundial de cuotas de producción de café entre países exportadores, se agudizó en 1999 con la sobreoferta favorecida por nuevos países

productores. En esos países se cosecha el grano con costos muy reducidos y, por tanto, a precios muy bajos para el mercado. Por otra parte, las abundantes cosechas de Brasil y Vietnam desplazaron a Colombia del segundo lugar en la producción mundial; además, se provocó una sobreoferta de 600.000 toneladas a nivel mundial (Ferrer, 2002).

Esa situación se debe al actual desequilibrio entre la oferta y la demanda del grano. La producción total de café durante la cosecha del 2001/2002 (octubre-septiembre) se calculó en 6.8 millones de toneladas aproximadamente, mientras que el consumo mundial fue sólo ligeramente superior a 6.3 millones de toneladas. La producción de café ha ido aumentando a razón de un 3.6% al año en término medio, mientras que la demanda lo ha hecho únicamente a razón del 1.5%. Esa superabundancia de café tiene su origen en la rápida expansión de la producción de Vietnam y de las nuevas plantaciones del Brasil, que en el año 2002 obtuvo una cosecha sin precedentes (Osorio, 2002).

## **2.2.2 Situación actual de la Caficultura en México.**

La caficultura es una actividad agrícola muy importante para México, ya que se desarrolla en doce estados de la República Mexicana, con 282 mil productores involucrados, en una superficie de 750,000 Ha, con una producción promedio de 240,000 toneladas /año. Se emplean en esta actividad unos 350 mil jornaleros por año (Rodríguez, 2001). En el ámbito mundial, México ocupa el quinto lugar como productor y exportador. A pesar de la importancia que tiene este cultivo para el país, actualmente está pasando por una de las crisis más agudas de la historia, ya que los precios que se pagan al productor no resarcan los costos, provocando efectos como empobrecimiento y emigración, abandono de plantaciones, descapitalización, así como deterioro de los recursos naturales. Aún bajo estas condiciones existen alternativas para disminuir los efectos de la crisis cafetalera, como incrementar la productividad, conservando a la vez los recursos, mejorar la calidad, la diversificación, la integración vertical y la organización para la autogestión (Rodríguez, 2001; Bartra, 1999).

La Confederación Nacional Campesina (CNC) sostiene que desde 1990 los productores de café han perdido 70% de lo que obtenían por su actividad, debido a la caída de los precios internacionales en el mercado y precisa que, aunque actualmente se exportan 240,000 toneladas, con un valor aproximado de 600 millones de dólares, a los productores les llega el 6% de esta cifra, lo cual explica la “pobreza ancestral de los productores y la descapitalización progresiva de sus bienes”, ya que en este país alrededor de 3 millones de familias dependen de esta actividad (La Jornada, 2002).

De 1998 a la fecha la caficultura mundial ha sufrido una crisis que ha impactado negativamente los precios del grano debido a una sobre oferta en el mercado mundial y a la suspensión del sistema de cuotas del Convenio Internacional del Café. En México esta crisis se ha agudizado por la concurrencia de factores internos, como la ausencia de una política cafetalera de carácter nacional, la desaparición de los mecanismos de regulación y control de calidad del café de exportación, la autorización para la importación, la desaparición del Instituto Mexicano del Café, así como una mayor presencia de las empresas transnacionales en los procesos de beneficiado seco y exportación (Bartra, 1999).

De acuerdo con el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos de 2001 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA, 2003), el estado de Veracruz produjo 388,455 toneladas de café cereza, ocupando el segundo lugar, con un 23.6% de la producción nacional entre los 12 estados caficultores del país, siendo Chiapas el primer estado en cuanto a la producción.

## **2.3 Arvenses**

### **2.3.1 Importancia biológica de las arvenses**

El vocablo arvense proviene del latín “arvos”, que significa del campo o silvestre (Fryer y Evans, 1968). Es así, como por definición, que una planta arvense, erróneamente llamada

maleza, es aquella que crece donde no se desea, o bien fuera de lugar (León, 1987). Las arvenses abarcan todo tipo de plantas, como árboles, aquellas de hojas anchas, pastos, juncos; también incluye a las acuáticas y flores de plantas parásitas (Forero, 2001). Debido a esto Esquivel (1999) planteó la necesidad de una correcta clasificación de las arvenses, para programar prácticas de control y el reconocimiento de su uso potencial.

De acuerdo con Bastín (1970) y Urbano (1992), las arvenses se clasifican en plantas de hoja angosta y hoja ancha, semejándose fuertemente a los pastos y nombrándose, erróneamente de esa manera, ya que no lo son. La mayoría de las plantas, incluyendo las arvenses, se clasifican de acuerdo con su ciclo de vida en anuales, bianuales o perennes. Las anuales completan su ciclo de vida en un año; es decir, la emergencia de la planta, crecimiento vegetativo, floración y producción de semillas ocurre en 12 meses. Las plantas bianuales necesitan dos años para completar el ciclo, generalmente, el primero para su crecimiento y el segundo para aumento de follaje, mientras que las perennes tienen una duración mayor de dos años y son generalmente arbóreas (Klingman y Ashton, 1980; Forero, 2001).

En la actualidad existen dos posiciones con relación a las arvenses. Una defiende y estimula su uso, mientras que la otra las considera una plaga. Contrario a los conceptos de la agricultura convencional, las arvenses benefician en forma muy importante a los cultivos, pues son el abono para ellos y el alimento para los animales y microorganismos del suelo, por lo que, señala Forero (2001), que es un grave error llamar malezas a las plantas nativas arvenses, que no son malezas sino “buenezas o buenísimas”, resultando ser estas plantas nativas parte fundamental y clave del éxito del sistema de la agricultura natural (Poppi y Norton, 1995).

### **2.3.2 Control biológico de las arvenses**

El objetivo del control biológico jamás es la erradicación, sino la reducción a niveles económicos de la densidad de la población de una arvense. Esto se puede lograr por medio

de la acción directa o indirecta de los organismos que la utilicen. El control biológico se basa en el hecho de que hay organismos que pueden combatir determinadas arvenses, animales como ovejas y cabras, utilizadas desde hace mucho tiempo para la disminución de las poblaciones de estas plantas. Sin embargo, el control mediante animales domésticos difiere en su modo de operación de la que es propia de los organismos introducidos, tales como insectos (Consejo Nacional de Investigación, Subcomité de Plantas Nocivas, 1990; Rivera, 2002).

Los métodos convencionales para el control de arvenses a través de sustancias químicas, supresión mecánica y física son efectivos, pero pueden resultar costosos en términos de tiempo, daño a la población vegetal deseable o el aumento de la erosión de la tierra (Consejo Nacional de Investigación, Subcomité de Plantas Nocivas, 1980; Alley *et al.*, 1999; Gallagher *et al.*, 1999; Rivera, 1997).

### **2.3.3 Especies arvenses en los sistemas agrosilvopastoriles**

El deterioro de los recursos naturales ha renovado el interés por el uso de alternativas de producción sostenible, por lo que los sistemas silvopastoriles están presentando un importante desarrollo en los últimos años, pues encuentran aplicación en la mayor parte de los climas, aunque en los tropicales su aprovechamiento es mejor por la diversidad arbórea (Arroyo, 2001).

Los sistemas silvopastoriles, principalmente en las regiones tropicales húmedas, son una opción importante de producción integral, porque tienden a incrementar la productividad y el beneficio neto, acelerando la obtención de ingresos económicos en el mediano y largo plazo (Arroyo, 2001). Además, la incorporación del componente animal al cultivo genera rendimientos de cosecha más altos, mejorando la fecundidad y humedad de la tierra, lo cual conlleva al control de la erosión (Loker, 1994; Fischler y Wortmann, 1999).

Entre los beneficios atribuidos a la incorporación de la producción animal en los sistemas de leñosas en plantaciones figuran las siguientes (Pezo e Ibrahim, 1999; Mirrón *et al.*, 2001):

- El incremento en los ingresos y diversificación de la empresa.
- Aprovechamiento más uniforme de la mano de obra a lo largo del año, en especial cuando los animales incorporados al sistema son de ordeño.
- Mejor uso de los recursos escasos, además que cualquier manejo aplicado al componente herbáceo, por ejemplo, la fertilización y el control de arvenses benefician indirectamente el cultivo.
- Mayor estabilidad del suelo.
- Rendimientos más altos en las plantaciones, como consecuencia de un mejor control de “malezas”, reciclaje de nutrientes más eficiente y un aumento del nivel de nitrógeno del suelo.

Es importante mencionar en cuanto al periodo de pastoreo, el efecto de los ovinos pastoreando en cafetales y la composición florística de las arvenses en el cafetal; que la presencia del ovino no influye ni en la producción del cafetal ni en la composición florística de las arvenses, obteniendo, por el contrario, un recurso forrajero de alto valor nutritivo, capaz de sustentar la explotación ovina bajo estas condiciones típicas del cafetal (López y Benezra, 1986).

Existen algunas desventajas del pastoreo en plantaciones. Así, se tiene que no cualquier especie forrajera se puede incorporar al sistema, ya que algunas son sensibles a la competencia por luz, agua o nutrientes. Por otra parte, las herbáceas pueden ser vectores de enfermedades o atraer plagas que atacan al cultivo. Otro inconveniente es que la presencia de animales puede provocar daños al cultivo, ya sea por defoliación, pisoteo o raspado de la corteza (Pezo e Ibrahim, 1999).

La baja producción de biomasa y bajo consumo de las especies arbóreas y arbustivas, así como su costo de establecimiento, hacen que los sistemas pastoriles en el trópico se sujeten

más al aprovechamiento de las plantaciones arbóreas de especies maderables o frutales. Sin embargo, los bancos de proteína representan un papel importante por su complementariedad en la nutrición balanceada, por lo que los sistemas silvopastoriles jugarán un papel destacado en la producción animal (Norton, 1994; Poppi y Norton, 1995; Arroyo, 2001).

Por otra parte, las arvenses presentes en las áreas de cobertura basal en los cultivos pueden aportar cantidades importantes de nutrimentos con la factibilidad de ser utilizados adecuadamente para la alimentación animal, pues éstos pueden consumirlas y controlar, así, el crecimiento y producción de plantas invasoras que compiten por los nutrimentos con el cultivo y, de esta manera, los animales se convierten en controladores biológicos de las arvenses. Esta modalidad en el sistema de producción podría permitir al productor un ahorro económico importante por concepto del costo del control de esas plantas y por la fertilización que aportan las deyecciones orgánicas (Arroyo, 2001).

Venezuela es en Latinoamérica el país pionero en la implementación de ovinos para el control de arvenses en los cafetales. Este método, además de una práctica sustentable, es fuente de diversificación en las fincas y, por ende, un factor para el mejoramiento del ingreso de los productores cafetaleros (Benezra, 1987).

Los ovinos se alimentan de una gran variedad de hierbas que crecen en las plantaciones de café, presentando un alto consumo y adecuado crecimiento. Otra posibilidad es el uso de ovinos en el control de arvenses en caminos y espacios adyacentes a galpones donde se tienen otras especies animales. En estos espacios se genera un gasto por el mantenimiento, desperdiciándose el material vegetativo que allí crece. Al consumir los animales este material habría un ahorro en los costos de limpieza y un ingreso extra por la venta de los animales (Gabaldón y Combellas, 2000).

El empleo de esta especie animal se debe principalmente a su tamaño pequeño, que permite la adaptación a fincas pequeñas, disminuyendo el daño mecánico que causan a las plantas por ramoneo o por el mismo tráfico de los animales, y otra ventaja es su docilidad, lo cual

permite que cualquier miembro de la familia los pueda manejar. Por otra parte, los ovinos consumen bien y crecen satisfactoriamente, alimentándose de una gran diversidad de hierbas que aparecen espontáneamente dentro de las plantaciones de café. No obstante, aunque parecen evidentes las ventajas que presentan las asociaciones de esta naturaleza, también tienen sus desventajas y limitaciones, sobretodo relacionadas con las agresiones de los animales a las plantas, que se deben tener en cuenta para evitarlas o controlarlas y no fracasar en este tipo de explotación (Sánchez, 1999).

En América Latina y el Caribe es frecuente el pastoreo en plantaciones de mangos, cítricos, achiote (*Bixa orellana*), chontaduro (*Bactris gassipaes*) y marañón (*Anacardium occidentale*), sin que ello signifique una práctica sistematizada (Pezo e Ibrahim, 1999). No obstante, se indica que se espera que en los años venideros estos sistemas tomen más relevancia, pues hay cada vez mayor actividad de reforestación en las áreas hoy cubiertas por praderas degradadas. Por otra parte, en la zona del Mediterráneo es tradicional el pastoreo en los olivares para controlar las arvenses y reducir los incendios (Sánchez, 2001). En el sudeste asiático se pastorean plantaciones de caucho y palma de aceite o coco, existiendo un gran potencial de producción, tanto ovina como vacuna, basado en los recursos forrajeros que crecen en dichas plantaciones, así como en los subproductos del procesamiento industrial y artesanal de los frutos de la palma aceitera (Sánchez, 2001).

Actualmente, se están realizando investigaciones en la Universidad Ciego de Avila en Cuba sobre la integración de ovinos en plantaciones de cítricos, que incluyen el uso de cultivos de cobertura con leguminosas rastreras. Una aplicación más inmediata existe con la integración de caballos en cítricos, ya que controlan los agresivos pastos tropicales y consumen sólo los frutos caídos, sin dañar los troncos o el follaje de los frutales. Así mismo, en un estudio conducido por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey en Matanzas, Cuba (Hernández *et al.*, 2001), se están cuantificando el comportamiento de los caballos y el efecto sobre la calidad y cantidad de la fruta.

Con base en resultados obtenidos en diferentes investigaciones observando el pastoreo de ovinos, se concluye que es factible el desarrollo de tecnologías integrales, como los sistemas agrosilvopastoriles, que asocian el componente animal a la actividad primaria con base de árboles, manteniendo indicadores aceptables en los diferentes componentes del sistema y reduciendo los costos de mantenimiento (Arroyo, 2001; Torres *et al.*, 2001b).

El uso económico, alimenticio, forrajero, medicinal, apícola y como cobertura de protección del suelo a manera de práctica preventiva de la erosión, cuando se manejan convenientemente y se hace su selectividad, permite el crecimiento de arvenses entre los surcos de los cafetos y la eliminación total en la zona de mayor incidencia de las raíces de los mismos. A estas especies se les llama “malezas nobles” o “coberturas nobles” por su bajo grado de interferencia, debido a su crecimiento reducido en altura, por su sistema radical ralo y superficial y por su capacidad de cubrimiento y dominancia poblacional (Gómez y Rivera, 1995).

El conocimiento tradicional, el uso integral y diversificado de los recursos, las herramientas manuales, la división organizada del trabajo por edad y sexo entre los miembros de la familia y un calendario de manejo flexible, adaptado a la variabilidad de las condiciones ambientales, son las características principales del sistema agrosilvopastoril (Nahed *et al.*, 2001).

De acuerdo con Esquivel (1999), estudios sobre especies arvenses en el departamento del Tolima en Colombia indican que un 25% de las especies identificadas en la zona de estudio se utilizan como forraje. Los sistemas silvopastoriles permiten la integración de la producción animal a las plantaciones de árboles y, al mismo tiempo, la conservación de los recursos naturales y el equilibrio del ambiente, obteniendo una producción variada y una economía caracterizada por la generación y mejor distribución de los ingresos (Arroyo, 2001).

En el Cuadro 1 se indican las especies y familias de arvenses más comunes de los cafetales a nivel mundial y, en particular, de México y Colombia.

**Cuadro 1. Familias y especies de arvenses mas comunes en los cafetales.**

Arvenses en cafetales	Familias	Especies	Fuente
<b>A nivel mundial</b>	Poaceae Cyperaceae Amarantaceae Asteraceae Lamiaceae Poaceae Portulacaceae Comelinaceae Solanaceae	<i>Cynodon dactylon</i> <i>Cyperus rotundus</i> <i>Amaranthus</i> <i>Bidens pilosa</i> <i>Galinsoga parviflora</i> <i>Pennisetum clandestinum</i> <i>Portulaca oleracea</i> <i>Commelina</i> <i>Solanum nigrum</i>	Nishimoto, 1996
<b>Mexicanas</b>	Asteraceae	No reporta	Torres, 2001
<b>Colombianas</b>	Asteraceae	<i>Acmella brachyglosa</i> <i>Acmella cillata</i> <i>Emilia fosbergii</i> <i>Bidens pilosa</i>	Esquivel, 1999

Ante la crisis económica que padece la caficultura como consecuencia de los bajos precios internacionales del grano, altos costos de producción, bajos rendimientos, problemas fitosanitarios y la dependencia de un solo cultivo, algunos caficultores del estado de Veracruz se encuentran practicando el pastoreo de ovinos en sus fincas, buscando con ello alternativas que amortiguen los problemas antes mencionados (Torres *et al.*, 2001b).

### 2.3.4 Caracterización fitoquímica de las arvenses

Una planta puede contener uno o varios principios tóxicos de acción selectiva hacia determinados órganos o de una acción generalizada sobre todo el organismo animal. La toxicidad de las plantas depende del principio químico y de su concentración y ésta, a su vez, del lugar donde crece la planta, estado de desarrollo, tiempo e, incluso, la hora del día. La concentración de las sustancias tóxicas puede variar en las diferentes partes de la planta (Bastín, 1970; Buff y Vander, 1998).

Las praderas típicas con plantas tóxicas se caracterizan por crecer en topografía accidentada, precipitación pluvial baja y errática y pobre desarrollo de suelos. Los cambios estacionales influyen en la disponibilidad de diferentes especies de vegetales y de su composición química (Foley *et al.*, 1979).

Las leguminosas arbóreas han jugado un papel importante al proveer sombra a las plantaciones de café, como barreras vivas, combustible y, más recientemente, para ser usados en la nutrición animal. Una de las características de las leguminosas es que recirculan a través de su metabolismo cantidades altas de nitrógeno y la presencia de proteína unida a compuestos químicos, especialmente a compuestos de tipo fenólico, que permiten su escape de la degradación ruminal (proteína sobrepasante) y son fuente importante de proteína de alta calidad biológica para rumiantes (Preston y Murgueitio, 1995; Sih y Christensen, 2001).

De acuerdo con González (1989) y Buff y Vander (1998), una forma de clasificar los tóxicos naturales es en alcaloides, alcoholes, ácidos orgánicos, fitotoxinas, glucósidos y minerales.

**ALCALOIDES:** Son compuestos que contienen nitrógeno; generalmente son sustancias básicas, amargas e insolubles en agua; la mayoría de ellos son tóxicos. Así se tienen (Buff y Vander, 1998):

- Pirrolizidínicos: Tienen efecto hepatotóxico causando daño irreversible.
- Pirridínicos: Afectan el sistema nervioso central y son teratogénicos.
- Indol: Implicados en el edema pulmonar.
- Quinolizidina: Tienen efecto teratogénico.
- Esteroides: Afectan el sistema nervioso central e inhiben la colinesterasa.
- Tropanos: Causan efectos muy importantes en el sistema nervioso central; los síntomas de la intoxicación incluyen sed intensa, disturbios en la visión, delirio y comportamiento violento.
- Piperidínicos: Son los más frecuentes e importantes en la ganadería, afectan el sistema nervioso central y causan efectos teratogénicos.

**ALCOHOLES:** De acuerdo con González (1989), algunas plantas poseen alcoholes tóxicos como la cicutoxina, presente en el género *Cicuta*, y el trementol, del género *Eupatorium*.

**ACIDOS ORGANICOS:** Incluyen los ácidos oxálico, tánico y otros. Los oxalatos son importantes, pues producen la disminución de calcio en la sangre, provocando hipocalcemia (González, 1989). Por otra parte, los taninos se definen como compuestos polifenólicos, solubles en agua, de alto peso molecular, que forman complejos con las proteínas solubles o insolubles en agua; estos compuestos tienen la propiedad de precipitar las proteínas. Estos antifisiológicos han recibido gran atención por sus efectos en la digestibilidad de la proteína en herbívoros. El impacto de los taninos en los herbívoros ha sido difícil de dilucidar, debido a la complejidad de la química de los taninos y a la fisiología animal (Hagerman *et al.*, 1992; Reed, 1995; Rosales, 2000).

Los taninos son constituyentes muy extendidos en el reino vegetal. Algunos biólogos los consideran directamente productos de desecho de las plantas o el resultado de un error en el metabolismo de estos productos de desecho, mientras otros autores sugieren que son un mecanismo de defensa de las plantas, en respuesta al ataque de los herbívoros. A menudo actúan como tóxicos o inhibidores de la digestión (Muller-Harvey, 1999). La diversidad en los efectos de los taninos en la digestión se debe, en parte, a la variación en la capacidad

fisiológica de los animales para percibir los taninos y, por otro lado, a las diferencias en la reacción de los animales a las clases de taninos. Se puede afirmar que los taninos se encuentran en mayor o menor proporción en todos los vegetales (Bastín, 1970; Hagerman *et al.*, 1992).

De acuerdo con Rosales (2000), los métodos para la cuantificación de los taninos se basan en las propiedades químicas que poseen o su capacidad para unirse a los sustratos, particularmente proteínas.

Los taninos se dividen en dos clases según su estructura química (Hagerman *et al.*, 1992):

- Hidrolizables: Son principalmente ésteres de ácido gálico o ácido hexahidroxidifénico. Son compuestos que por hidrólisis de ácidos o enzimas dan como resultado ácidos fenólicos y azúcares (Reed, 1995). La mayoría tienen amplio espectro de actividad microbiana y pueden afectar la tasa de fermentación en el rumen y algunos son inhibidores de las enzimas. Son más solubles en agua y, a menudo, más susceptibles a la hidrólisis enzimática y no enzimática que los taninos conjugados (Muller-Harvey, 1999).
- Condensados: Son polímeros flavonoides, estables en condiciones anaerobias (Hagerman *et al.*, 1992; Reed, 1995, Galindo *et al.*, 1989). No tienen valor alimenticio, pero pueden disminuirlo; la intoxicación puede presentarse en todas las especies animales (Jurado, 1989).

Se plantea que las diferencias estructurales entre taninos condensados e hidrolizables tendrían un efecto sustancial en la actividad del tanino; de la misma manera, se afirma que los taninos condensados disminuyen la digestibilidad de la proteína y la materia seca, mientras los hidrolizables no la afectan; por el contrario, se degradan en el intestino en pequeños fenoles, los cuales no interactúan con las proteínas (Hagerman *et al.*, 1992).

**FITOTOXINAS:** También conocidas como toxoalbúminas. Pueden provocar estado de alergia en el animal, ya que el principio tóxico posee las características de un alergen. Entre las plantas que contienen estos componentes se puede citar al *Ricinus communis* (Bastín, 1970; González, 1989).

**GLUCOSIDOS:** Son sustancias amargas, que se relacionan con la acción enzimática cuando el tejido de la planta está dañado por el molido, la congelación, la masticación o el pisoteado (Bastín, 1970; Provenza *et al.*, 1992; Buff y Vander, 1998).

- Cianogénicos: Son un potente inhibidor de la citocromo oxidasa.
- Bociogénicos: Disminuyen la producción de hormonas tiroideas; para compensar la reducción en la producción de tiroxina, principalmente, la glándula tiroides se hipertrófia, produciendo bocio.
- Cumarina: Induce la deficiencia de vitamina K.
- Cardiacos: Estimuladores potentes del tono cardíaco; son extremadamente tóxicos para el ganado.
- Saponinas: Tienen propiedades espumantes, cuando se mezclan con solución acuosa. Están ampliamente distribuidas en plantas y en nutrición animal son particularmente importantes en leguminosas forrajeras de clima templado. Tienen propiedades de disminuir el crecimiento y han sido involucradas en el timpanismo ruminal. Son compuestos amargos que afectan la gustosidad y el consumo del alimento (González, 1989).

**MINERALES:** Niveles altos de minerales como cobre, cadmio, flúor, manganeso, molibdeno, nitrógeno, plomo y selenio, pueden causar intoxicaciones a través de las plantas. De los anteriores, el nitrógeno y el selenio probablemente son los responsables de la mayoría de las intoxicaciones documentadas (González, 1989).

## 2.4 Etología

La etología es una subdisciplina de la psicobiología, que aborda el estudio de la conducta espontánea de los animales en su medio natural; es una disciplina relativamente nueva dentro de la ciencia animal, aunque algunos de sus principios han sido usados en la producción animal por años. Konrad Lorenz, considerado el fundador de la etología, descubrió el proceso de “impronta”, es decir, un proceso de aprendizaje especialmente rápido y relativamente irreversible que ocurre usualmente dentro de horas o a los pocos días después del nacimiento de aves y ganado. Esto incluye como concepto básico un animal aprendiendo quién es su madre y a qué especie pertenece. Los animales, como las personas, son sociables; interactúan, se comunican, desarrollan relaciones amistosas o apegos, unos son dominantes y otros son subordinados o sometidos, tienen alguna necesidad de privacidad o territorio y son afectados por las interrelaciones sociales (Provenza *et al.*, 1998; Alm *et al.*, 2002; Petrina, 2002; Duncan *et al.*, 2003).

Los procesos de domesticación influyen sobre el comportamiento animal en aquellas especies cuyas características permiten el control y el manejo de los animales por los humanos. Aunque están influidas por el ambiente, son ampliamente heredadas (Arnold y Dudzinski, 1978; Arnold, 1981; Provenza, 1994). En un determinado momento estas características se fijaron durante la evolución de estas especies y, en consecuencia, permitieron la domesticación. Se han observado diferentes características como son:

- Gregariedad: Los animales de granja pueden estar reunidos en grupos o rebaños, En ovinos, especialmente en la raza Merino, existe un fuerte instinto gregario (Arnold, 1981; Grandin, 2000).
- Organización social: Los miembros de rebaños se organizan a través de la dominancia social (Arnold y Dudzinski, 1978; Provenza, *et al.*, 1998). En el caso de los ovinos, muchos experimentos ilustran la compleja naturaleza del reconocimiento social (Arnold, 1981; Ligout y Porter, 2003). Se puede aprovechar el

comportamiento natural de seguimiento que tiene el ganado para facilitar sus desplazamientos. El valor de los animales líderes es algo reconocido desde los antiguos pastores. Los mismos animales van a la cabeza de la manada de cientos de animales día tras día. Un buen líder es generalmente un animal sociable, no un animal dominante (Grandin, 2000).

- **Adaptabilidad:** Los animales domésticos se adaptan a un amplio rango de ambientes, incluyendo sistemas de manejo y alimentación. La habilidad para adaptarse a situaciones nuevas o no familiares es un requerimiento fundamental para que los animales puedan vivir en un ambiente estocástico y complejo (Arnold, 1981; Provenza, 1994; Petrina, 2002; Inglis *et al.*, 2001).
- **Agilidad limitada y temperamento dócil:** Debido a estas características, los ovinos pueden ser controlados con cercos simples (Arnold, 1981; Provenza, 1994; Petrina, 2002).

Los herbívoros aprenden cómo seleccionar sus forrajes para alimentarse a través de dos sistemas interrelacionados: el afectivo y el cognoscitivo: El sistema afectivo integra el sabor del alimento con una respuesta que los condiciona a aceptar o rechazar el alimento. El sistema del conocimiento integra el olfato y la vista para seleccionar o rechazar alimentos específicos además de las experiencias acumuladas, que provienen tanto del aprendizaje de la madre como de los otros individuos de su misma especie a través de la prueba de ensayo y error (Foley *et al.*, 1979; Provenza, 1994; Arsenos *et al.*, 2000; Lemon, 2000)

Los patrones de comportamiento influyen en la manera en la cual los herbívoros utilizan los pastizales de manera extensiva; las decisiones acerca del tamaño y la forma de la pastura, la carga animal por grupo, la distribución del agua, la complementación y el pastoreo continuo o rotativo son algunos de ellos (Provenza *et al.*, 1998). Si se vigila el comportamiento de los animales que viven bajo condiciones regularmente uniformes, típicas de la domesticación, se encuentra frecuentemente que hacen las mismas cosas día tras día a tiempos regulares. Parte

de esto es causado por los cambios regulares en las condiciones ambientales a medida que el día cambia de noche a día (Arnold, 1981; Petrina, 2002). Así mismo, se sabe de los efectos directos del espacio permitido para el pastoreo en los grandes herbívoros; la densidad animal no puede ser fácilmente alterada sin afectar la vegetación y se puede confundir con la disponibilidad de pasto (Birrell, 1991; Sibbald *et al.*, 2000). Se ha establecido que factores negativos, como el riesgo de la predación, competencia y consumo de plantas tóxicas, pueden tener una influencia negativa en la estrategia de pastoreo de los herbívoros (Provenza *et al.*, 1998).

En ambientes espacialmente heterogéneos, los herbívoros pastorean de una manera más o menos selectiva, de acuerdo con la distribución, abundancia y calidad de la vegetación. Con el fin de cubrir sus requerimientos de nutrientes y energía, los animales necesitan obtener información acerca de su ambiente y usarla para pastorear de una manera más eficiente (Dumont y Gordon, 2003). La selección de la dieta es una tarea compleja para los herbívoros, debido a que deben seleccionar de un conjunto de alimentos que difieren en valor nutricional y toxicidad en tiempo y espacio (Duncan *et al.*, 2003). Los herbívoros generalistas pueden comer una mezcla de diferentes plantas para obtener una dieta balanceada porque sus mecanismos de desintoxicación no toleran una gran cantidad de una sola toxina. Entonces, la dieta de un mamífero herbívoro está influida por la presencia tanto de nutrientes como de toxinas. Es así como su dieta contiene grandes cantidades de nutrientes y bajas cantidades de toxinas; en otros términos, la dieta de los herbívoros se basa en la calidad de los alimentos disponibles y la frecuencia con la que se encuentran. La complejidad de esta situación radica en que los mamíferos herbívoros son sensibles a un gran número de metabolitos secundarios con concentraciones que varían de acuerdo con el tipo de planta, parte de la planta o estación (Alm *et al.*, 2002; Provenza, 1994; Duncan *et al.*, 2003).

Alm *et al.* (2002) señalan que los herbívoros generalistas están dispuestos a probar nuevos alimentos; por ejemplo, después de ofrecer diferentes sabores, las ovejas prefieren consumir alimentos similares con sabores variados. Los animales que viven en medios influidos por

las estaciones están forzados a cambiar sus dietas de acuerdo con la estación (Early y Provenza, 1998).

El sistema afectivo en el ganado en pastoreo extensivo integra la prueba del alimento y su retroalimentación después de la ingestión, causando cambios en el consumo; es así como los animales tienen la capacidad para detectar componentes tóxicos en la dieta, si la respuesta fue de aceptación o repulsión (Provenza *et al.*, 1992). Los herbívoros que han consumido previamente una planta evitan las hojas ricas en taninos y tienen la capacidad de recordar una muestra de alimento (Provenza *et al.*, 1992), lo cual les provee la información sobre la abundancia de una sustancia específica en el alimento escogido (Parson *et al.*, 1994)

Los ovinos pastorean preferencialmente, si es posible escoger, en áreas libres de contaminación con heces; se plantea que esta preferencia puede producirse para evitar la infestación por parásitos, que produce anorexia y disminución del apetito y, por ende, pérdida de la condición corporal (Cooper *et al.*, 2000; Hutchings *et al.*, 2001). El rechazo que los animales sienten por el estiércol puede ser aprovechado para mantenerlos alejados de los cultivos, esparciendo los bordes de las parcelas con heces.

Además, los ovinos prefieren pastorear en lugares que ofrecen una mayor variedad de sabores o características nutrimentales y alimentos que difieran de su dieta basal (Scott y Provenza, 1998). La variedad de ingredientes y sabores de la dieta afectan la selección del lugar de pastoreo en ovinos, por esta razón prefieren lugares que ofrezcan mayor variedad, reduciendo de esta manera la probabilidad de sobreingerir toxinas y permitiendo satisfacer sus requerimientos nutricionales (Scott y Provenza, 1998; Duncan *et al.*, 2003).

La distribución espacial de las ovejas durante el pastoreo está influida por factores externos, tales como disponibilidad de alimento, topografía y clima, pero también por las respuestas sociales de los animales (Lynch *et al.*, 1985; Sibbald *et al.*, 2000).

La tendencia grupal de los ovinos tiene marcada influencia en el comportamiento del pastoreo. Se ha investigado que los lazos familiares influyen en el comportamiento del ovino al momento de escoger el sitio donde pastorear. Se ha observado que cuando están entre familiares permanecen menos vigilantes y ocupan un área mayor que aquellos ovinos que pastorean con animales ajenos a la familia (Boissy y Dumont, 2002).

Por otra parte, los ovinos son animales que temen a lo novedoso y se habitúan a las rutinas. Poseen buena memoria, por lo que los animales que tengan una buena experiencia previa de manejo serán más fáciles de manejar que aquellos que vienen de una historia de manejo rudo. Tanto los factores genéticos como la experiencia influyen en la forma en que el animal reaccionará. Una buena comprensión de los patrones de comportamiento natural facilitará el trabajo con los animales. Para reducir el estrés, los productores progresistas deberán trabajar a modo de habituarlos a una variedad de métodos calmos de manejo, incluyendo la gente a pie, a caballo o en vehículos (Grandin, 2000). Así, Petrina (2002) menciona algunas medidas generales que deberían tenerse en cuenta en los animales en pastoreo, como son: trabajar sin apuro, en silencio, prescindir de personal agresivo y miedoso, no usar perros a menos que estén entrenados en el manejo del ganado, no agredir a los animales, azuzarlos o presionarlos físicamente, y crear rutinas en cuanto a horarios, lugares e indumentaria. En este aspecto, Dantzer (1993) comentó que los efectos de las novedades súbitas es altamente estresante para el ganado, siendo probable que se estresen al llegar a un nuevo lugar o ver a su manejador con ropa diferente. Es importante aprovechar el comportamiento natural de seguimiento que tienen los ovinos para facilitar los desplazamientos. Así mismo, es importante valorar a los animales para facilitar el manejo del rebaño (Grandin, 2000).

Ried y Mills (1962) y Grandin (2000) mencionan que los animales pueden ser entrenados para aceptar ciertas irregularidades en el manejo, lo cual podría contribuir a reducir las reacciones violentas ante las novedades en el futuro. Por ejemplo, si se expone a los animales a niveles razonables de música o sonidos variados se aminorará su reacción de miedo ante ruidos súbitos e inesperados. Se ha comprobado que si se tocaba algún instrumento musical o se escuchaban sonidos variados de hasta 75 decibeles, la ganancia de

peso aumentaba en los ovinos, pero los sonidos más fuertes reducían las ganancias. Además, los animales pueden ser entrenados para que se acerquen al ser llamados, ya que los animales aprenden a asociar un sonido con la hora de la comida.

## **2.5 Pruebas de digestibilidad**

La digestibilidad de un alimento está definida por el potencial de degradación del material, la tasa de degradación de su fracción potencialmente degradable y el tiempo de retención en el rumen, además de su digestión posterior a nivel de intestino (Orskov *et al.*, 1980).

El análisis de la digestibilidad de un alimento es muy importante, ya que marca la diferencia entre la alimentación cuantitativa de la cualitativa, determina la proporción de los nutrimentos consumidos y los absorbidos que pueden ser aprovechados por el animal, permite predecir el valor nutrimental de los alimentos y cómo afectaría la dieta la población microbiana y el estado fisiológico del animal; además de relacionar factores que pueden interrumpir los procesos digestivos (Johnson, 1966; Mertens y Ely, 1982).

Por otra parte, el valor nutricional potencial de un alimento se determina en primera instancia por el análisis químico proximal, pero el valor real del mismo para el animal. Sólo puede lograrse a través del análisis de las pérdidas que ocurren en la digestión, absorción y metabolismo (Udden y Van Soest, 1984).

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de algunos forrajes o raciones en rumiantes figuran (Van Soest, 1982; Church y Pond, 1987; Orskov *et al.*, 1980):

- La cantidad y presentación del alimento consumido, ya que al aumentar éste y disminuir el tamaño de partícula, aumenta la tasa de pasaje, reduciéndose la digestibilidad.

- Cantidad de fibra o lignina en el alimento: como regla general, la digestibilidad de los forrajes disminuye conforme los porcentajes de fibra ácido detergente y lignina aumentan.
- Diferencia entre las especies: los bovinos digieren los forrajes mejor que los ovinos, que a su vez digieren mejor los concentrados que los primeros; inclusive entre animales de la misma especie existen diferencias; se ha visto que el ganado cebú tiene mayores tasas de fermentación que el ganado europeo.
- Deficiencias nutricionales: numerosos experimentos indican que la relativa o absoluta deficiencia de proteína resulta en una reducción de la energía digestible; también es notorio que la deficiencia de algunos macro y micro minerales (Mg, P, S, Fe, Co, Mn, Zn) disminuye la digestión ruminal.
- Factores que afectan el apetito: cualquier aspecto que afecte el apetito tiene efecto en la digestibilidad; éstos incluyen tanto la naturaleza física de la dieta como la ausencia o presencia de algún nutrimento.
- Preparación del alimento: al rolar los granos, se aumenta la digestibilidad; en este rubro pueden incluirse los tratamientos que reciben los esquilmos o pajas (físicos, químicos o biológicos).
- Efecto asociativo del alimento: se ha observado que una combinación del pellet de alfalfa y ensilado de maíz tiene mayor digestibilidad que ofrecerlos por separado.
- Adaptación a cambios de dieta: los microorganismos ruminales requieren como mínimo diez días de adaptación; de no ser así, la digestibilidad disminuirá.

En el caso de los rumiantes, Orskov *et al.* (1980) señalan que la fibra es un compuesto nutricional, física y químicamente muy variable, por lo que cualquier sistema que establezca

valores sobre los requerimientos de fibra es inadecuado, pues el tamaño del rumen, el nivel de ingesta y la producción afectan estos requerimientos. Otro factor que afecta los requerimientos de fibra es el tamaño de partícula, ya que dos de las funciones más importantes de la fibra son la estimulación de la rumia y la insalivación, para mantener un sistema que funcione como control del tiempo de pasaje de las partículas y absorción de nutrimentos. Es así como el tamaño de la partícula convierte al rumen en un sistema buffer (Mertens y Ely, 1982).

La mayor parte de los componentes no fibrosos de la dieta son casi prácticamente digeridos o fermentados durante su paso a través del tracto digestivo de los animales. La fibra representa una fracción significativa en la dieta de los herbívoros; es así como su productividad está limitada por su habilidad para consumir y digerir la porción fibrosa de la dieta. Siendo la fibra resistente a la digestión de enzimas de los mamíferos, las limitantes de los microbios ruminales en la digestión de la fibra son factores críticos, que limitan la productividad de los rumiantes (Udden y Van Soest, 1984; Allen y Mertens, 1988; Smith *et al.*, 1971).

### **2.5.1 Digestibilidad *in vivo***

Existen diferentes formas de aproximarse a la digestibilidad de un alimento (Minson y McLeod, 1972; Orskov *et al.*, 1980; Mertens y Ely, 1982). El análisis de la digestibilidad de un alimento es muy importante, ya que existen diferentes moléculas en éste, unas que se digieren y absorben fácilmente y otras que son resistentes a la degradación bacteriana y enzimática, por lo tanto, excretadas en las heces; es precisamente este tipo de análisis lo que marca la diferencia entre alimentación cuantitativa y cualitativa (Minson y McLeod, 1972).

En una prueba de digestibilidad *in vivo* se alimenta a un animal con cantidades determinadas de una dieta de composición conocida, para medir cuidadosamente la ingestión de los diferentes nutrimentos por parte del animal durante un tiempo determinado, y se acompaña

de la recolección total de las heces, requiriéndose que éstas se encuentren libres de contaminación urinaria y que representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento previamente medido. Posteriormente, se analizan tanto el alimento como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en ambas muestras (Orskov *et al.*, 1980; Mertens y Ely, 1982).

La digestibilidad aparente de la materia seca se calcula de acuerdo con la **Ecuación 1** (Church y Pond, 1987):

$$\%DMS = \frac{C - E}{C} \times 100 \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

C = Consumo de materia seca

E = Heces en base seca

Este método para medir la digestibilidad, implica el empleo de animales vivos, por lo que resulta costoso en cuanto a tiempo, mano de obra calificada, grandes cantidades de alimento y análisis químicos, aunque poseen menos posibilidades de error con relación a los métodos alternativos (Maynard *et al.*, 1986; Huntington y Givens, 1995; Soita *et al.*, 2002).

### 2.5.2 Digestibilidad *in vitro*

Los estudios *in vitro* o en rumen artificial se han desarrollado debido a que las técnicas *in vivo* requieren de bastante tiempo y son muy costosas, además de utilizar grandes cantidades de alimento (Mertens, 1977; Plaizier *et al.*, 2001).

El sistema de dos etapas de Tilley y Terry (1963) es el más comúnmente utilizado (Singh *et al.*, 1992; Mertens, 1977). En este método se lleva a cabo una fermentación anaerobia,

utilizando una muestra en una solución amortiguadora similar a la composición de la saliva, en la que se adiciona como inóculo líquido ruminal filtrado, saturando todo el medio de CO<sub>2</sub>. La preparación debe mantenerse a una temperatura constante (39 a 40°C) y agitarse de vez en cuando. Los productos finales de la fermentación son principalmente bióxido de carbono, metano, ácidos grasos volátiles y masa microbiana (Tilley y Terry, 1963; Mertens, 1977).

El método Tilley y Terry es un método aparente porque los residuos microbianos generados durante la fermentación quedan en el residuo indigestible, análogo del residuo endógeno fecal (Mertens y Ely, 1982).

### 2.5.3 Digestibilidad *in situ*

Los métodos *in situ* se utilizan para estimar la cinética de la digestión de la materia seca, de la proteína o de las paredes celulares, ya que se pueden medir efectos combinados del alimento y del animal. El objetivo fundamental es medir el grado de digestión del alimento, considerando que la digestibilidad es proporcional a la concentración de sustrato (Vanzant *et al.*, 1998). Como se expresa en la Ecuación 2 (Mertens, 1977):

$$S/t = -K_s * S \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Donde:

S = Sustrato

T = Tiempo

S/t = Velocidad a la que disminuye la concentración de sustrato (S)

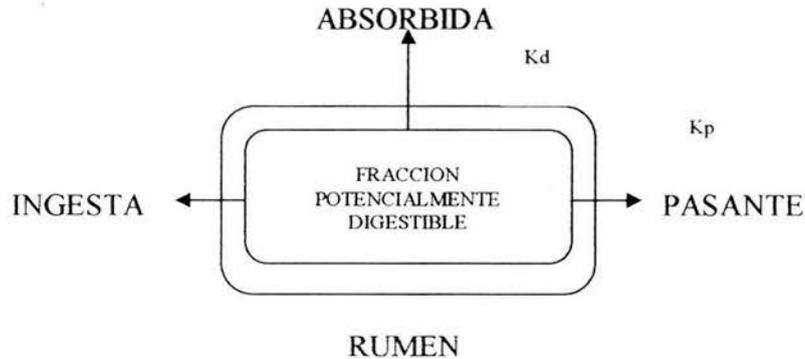
K<sub>s</sub> = Constante de velocidad de la desaparición del sustrato

El procedimiento *in situ* se puede utilizar para cuantificar las fracciones soluble, degradable y no degradable del alimento, así como la tasa de digestión de la fracción degradable. Sin

embargo, la técnica no puede ser utilizada para cuantificar la velocidad a la que la fracción soluble es degradada (Singh *et al.*, 1992).

Bajo ciertas condiciones dietéticas, los rumiantes deben complementarse con proteína que no se degrade en el rumen (proteína sobrepasante), para aumentar la eficiencia de utilización de los nutrientes y, por lo tanto, la tasa de producción. Es por eso que existe la necesidad de una técnica que sea capaz de cuantificar el potencial de degradabilidad en el rumen de complementos comerciales. Aunque la precisión de la técnica esté influida por diversos factores, sin embargo, proporciona un medio relativamente sencillo de calificar los complementos en términos de su potencial de degradabilidad. La tasa de desaparición del material fuera de las bolsas de nylon es muy sensible a la dieta básica del animal fistulado (Kempton, 1980).

En la Figura 1 se esquematiza un modelo simple del flujo de la fibra:



**Figura 1. Diagrama representativo de un modelo de cinética simple de la desaparición de la fibra en el rumen (Allen y Mertens, 1988).**

(Kd = Constante de digestión; Kp = Tasa de pasaje)

La digestibilidad es la resultante de la competencia entre las tasas de pasaje y digestión (Waldo *et al.*, 1972; Allen y Mertens, 1988). Asumiendo que la masa pasante o digerida

por unidad de tiempo es proporcional a la masa en el rumen y que el flujo es constante, la digestibilidad de la fibra potencialmente digestible se calcula como se indica en la Ecuación 3:

$$\text{Dig f} = \frac{\text{Kd}}{\text{Kd} + \text{Kp}} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Entonces, Allen y Mertens (1988) señalan que la digestibilidad se determina como la tasa fraccional de la constante de digestión (Kd) dividida por la tasa fraccional de la constante de desaparición en el rumen (Kd+Kp), que está dada por la sumatoria de la constante de digestión (Kd) y la tasa de pasaje (Kp). Esta ecuación determina que la digestibilidad está directamente relacionada con la tasa de digestión; la digestibilidad disminuye conforme la tasa de pasaje aumenta.

La tasa de desaparición de la fibra total se expresa en la ecuación 4 como:

$$\text{Des f} = \text{D} + \text{I} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

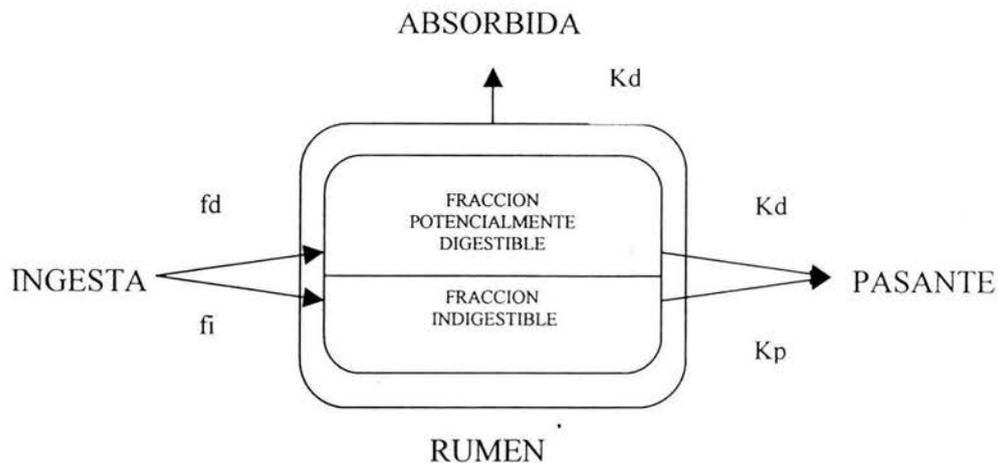
Donde:

D = Fracción potencialmente digestible

I = Fracción indigestible

Sin embargo, este modelo presenta una deficiencia, puesto que existe una fracción de la fibra resistente a la fermentación por parte de la microbiota ruminal. La tasa constante de digestión es válida para la fracción potencialmente digestible (D). La fracción indigestible (I) tiene una tasa constante de digestión igual a cero (Allen y Mertens, 1988).

De esa manera, la tasa de desaparición de la fibra total no se puede interpretar, es por eso que Waldo *et al.* (1972), plantearon un modelo que se esquematiza en la Figura 2, la cual incluye dos fracciones de fibra, basados en su potencial de digestibilidad, y constituye la representación más simple de la digestibilidad de la fibra.



**Figura 2. Diagrama representativo de un modelo de la desaparición de la fibra en el rumen, incorporando las fracciones potencialmente digestible (D) e indigestible (I).**

**(Waldo *et al.*, 1972).**

( $f_i$  = Fracción indigestible;  $f_d$  = Fracción digestible;  $K_d$  = Constante de digestión;  
 $K_p$  = Tasa de paso)

El método de la bolsa de nylon involucra la suspensión de hasta 10 bolsas de nylon, cada una conteniendo una cantidad conocida (5g) de muestra, de un hilo de nylon en el rumen de ovinos o bovinos canulados ruminalmente. Las bolsas son sacadas del rumen a intervalos conocidos durante un período de entre 24 a 96 horas, según la naturaleza de la muestra, y luego son lavadas en agua. Las bolsas se secan a una temperatura de 70°C durante 24 horas y la tasa de degradabilidad se calcula normalmente a partir de la desaparición de la materia seca (MS) y la proteína, en la bolsa, según el tiempo (Kempton, 1980).

Muchos factores influyen en la medición de la degradación *in situ*. Algunos de estos factores son: la porosidad de las bolsas, el peso de la muestra, el área superficial de la bolsa, el tamaño de la partícula del sustrato y la variabilidad debida al animal (Singh *et al.*, 1992; Vanzant *et al.*, 1998). El tamaño de partícula influye en la degradación de la proteína y el

almidón, especialmente en el caso de las leguminosas. La incubación de partículas gruesas y finas en bolsas de nylon suspendidas en el rumen resulta en la degradación mayor de las partículas finas en relación con las gruesas (Bayourthe *et al.*, 2000).

De acuerdo con Mertens (1997), para el cálculo y la interpretación de resultados, la desaparición del material del rumen es la suma del material degradado por la fermentación microbiana y el material con tamaño de partícula apropiada para ser lavada fuera del rumen. La desaparición del material de las bolsas de nylon con el tiempo, por lo tanto, es un estimado de la degradabilidad por la actividad microbiana. El mismo autor señala que los espacios de los intervalos de incubación son importantes para optimizar el diseño de los experimentos de cinética de la degradación y sugiere que la digestión de los alimentos en el rumen se presenta en tres fases:

- Fase inicial: conocida como fase lag
- Periodo de degradación rápida
- Digestión lenta.

La fase Lag de la digestión se define como el periodo de fermentación inicial cuando la digestión es constante o se presentan tasas muy reducidas y se debe a la adherencia o asociación de los microorganismos al sustrato antes de la digestión enzimática. Por esta razón, medir la hora cero es necesario para distinguir la solubilidad del alimento y estimar el efecto de la fase lag (Udded, 1984).

Para determinar la degradabilidad de un alimento con la técnica de bolsa de nylon, se ha desarrollado la Ecuación 5 (Orskov y Mc Donald, 1979):

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Donde:

P = potencial de degradación

- t = tiempo de incubación
- a = representa la fracción inmediatamente soluble y completamente degradable, que es rápidamente lavada y eliminada de la bolsa
- b = la diferencia entre el intercepto (a) y la asíntota; representa el sustrato insoluble, pero potencialmente degradable, el cual fue degradado por los microorganismos
- c = tasa constante de la función b, por la cual la fracción b es degradada

Es así como la expresión:  $100 - (a + b)$  es la fracción no degradada en el rumen; parte de esta fracción depende de la naturaleza del alimento y podrá ser degradada en el intestino delgado (Orskov *et al.*, 1980).

#### **2.5.4 Cinética de la digestión**

La evaluación de la relación del grado y tasa de digestión en la utilización del forraje, requiere que la desaparición del alimento en el tracto digestivo se separe en componentes y reacciones que se puedan definir y conceptualizar. El dinámico proceso digestivo en el rumiante se puede dividir conceptualmente en tres componentes, que varían entre los forrajes (Kempton, 1980; Orskov *et al.*, 1980):

- Tamaño de las fracciones potencialmente digestibles
- Tasa o porcentaje de digestión
- Duración o retraso de la digestión

Los factores que afectan a cada uno de los componentes no están claros. De los tres componentes del modelo de digestión se ha demostrado que es el tamaño de las fracciones potencialmente digestibles el que tiene el mayor efecto sobre la digestibilidad del forraje (Mertens, 1977).

Cabe anotar que la digestión en los rumiantes es un proceso complejo que involucra interacciones dinámicas entre la dieta, la población microbiana y el animal. La cinética de la digestión es importante porque con ella se determina la proporción de nutrimentos consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, además de no describir sólo la digestión, sino que caracteriza las propiedades intrínsecas de los alimentos que limitan su disponibilidad para los animales a partir de modelos desarrollados con base en principios biológicos, clasificando a los alimentos en fácilmente digestibles, de lenta digestión o en indegeribles (Mertens, 1993).

### 3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los criterios de sostenibilidad que hoy se manejan para las actividades agrarias han permitido repensar las técnicas y los procedimientos que sólo buscan la productividad a toda costa. En este sentido, se ha observado que algunas arvenses pueden ser controladas por medios distintos a los químicos y que podrían incorporarse a dietas animales, constituyéndose en un potencial tanto económico, nutrimental y ecológico, promisorio en este campo. Ante la limitante en la alimentación de rumiantes debida principalmente a la disponibilidad del recurso del forraje y a los costos de los alimentos concentrados, se hace necesario valorar otro tipo de plantas, que sin ser de uso común, han mostrado bondades agronómicas y bromatológicas que posibilitan su utilización con fines alimenticios (Apráez y Rodríguez, 2001).

En Latinoamérica existen bastas zonas tropicales desfavorecidas por la presencia de gran cantidad de arvenses que a la fecha se han manejado, en lo general, con cuatro métodos para su destrucción o control: en primer lugar, el chapeo mecánico, los herbicidas y las quemas, métodos que agreden frontalmente los recursos naturales y aumentan los costos económicos de producción, contradiciendo los principios de sostenibilidad; en segundo lugar, el control biológico, que está en experimentación, utilizando ovinos y caprinos en el control de arvenses, en donde los resultados son prometedores y permiten una utilidad extra con la obtención de carne, leche y/o lana (Salamanca, 1999; Navarro, 1999; Flores Menéndez, 1987).

Los países desarrollados en la última década han reducido su inventario ovino, debido a políticas de conservación del ambiente. México aun no está inmerso en esta tendencia; por el contrario, la ovinocultura se ha vuelto una actividad atractiva por su rentabilidad y poca oferta nacional, por lo que su desarrollo en el trópico se basa en las expectativas del aprovechamiento de los recursos forrajeros presentes en las plantaciones y los atractivos precios de los productos finales (Arroyo, 2001).

Aún cuando el pastoreo de ovinos en plantaciones arbóreas tanto maderables como no maderables, está limitado a la visión de utilizar el recurso forrajero disponible temporalmente y sin un sistema específico de manejo, es factible diseñar un modelo tecnológico, integrando simultáneamente la producción agrícola y ovinos de pelo en la misma unidad de superficie para diversificar los productos y para hacer un uso adecuado de los recursos naturales, con el fin de contribuir al bienestar de la población rural (Arroyo, 2001).

Por otra parte, ante la crisis económica que padece la caficultura como consecuencia de los bajos precios internacionales del grano, altos costos de producción, bajos rendimientos, problemas fitosanitarios y de la dependencia de un solo cultivo entre otras razones, algunos caficultores, particularmente del estado de Veracruz, México, han iniciado la práctica del pastoreo de ganado ovino en sus fincas, buscando con ello alternativas que amortigüen los problemas antes mencionados (Mirrón *et al.*, 2001).

Con base en las anteriores consideraciones, la propuesta de investigación que se plantea persigue los siguientes objetivos:

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento productivo y etológico de ovinos en pastoreo de arvenses de cafetal, comparado con gramíneas con y sin complementación, y observar su efecto en la desaparición *in situ*.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar taxonómicamente diferentes especies de arvenses presentes en el cultivo del café.
- Analizar la composición química de las arvenses y gramíneas.
- Realizar la cinética de desaparición *in situ* de la materia seca en ovinos de las arvenses y gramíneas.
- Llevar a cabo una prueba de comportamiento animal, comparando la ganancia de peso en ovinos alimentados con arvenses de cafetal o con gramíneas, con o sin complementación.
- Evaluar el impacto económico de la utilización de arvenses del cultivo de café en la engorda de ovinos de pelo.

## 5. HIPOTESIS

Las arvenses del cultivo del café, que han demostrado ser de mejor calidad que algunos forrajes de uso tradicional, representan un recurso alternativo para la alimentación de ovinos de pelo.

Los ovinos de pelo pastoreando bajo cafetales tendrán un mejor comportamiento productivo que aquéllos en pastoreo en potrero de gramíneas.

Los ovinos de pelo en pastoreo de arvenses de cafetal y que reciban complementación tendrán un mejor comportamiento productivo que aquéllos no complementados.

El sistema agrosilvopastoril implementado con ovinos introducidos en el cultivo de café, representa una alternativa viable, que manejado de manera sostenible, mejorará la rentabilidad de la unidad productiva.

## 6. MATERIALES Y METODOS

El trabajo de investigación se dividió en dos fases. En la primera se consideró la identificación taxonómica de las arvenses colectadas en el cafetal y una prueba etológica del consumo voluntario de las arvenses. La segunda comprendió las pruebas biológicas, que consistieron en la determinación de la composición nutrimental de las arvenses, la prueba de comportamiento (determinación de la ganancia de peso de los ovinos en los diferentes tratamientos), así como la digestibilidad *in vitro* y la determinación de la desaparición *in situ* de la materia seca.

### 6.1 Ubicación

El trabajo de campo se realizó en el rancho “Proveedora Agropecuaria Comapa”, situado en la región de Boca de Monte, municipio de Comapa, estado de Veracruz, ubicado a 27 Km de la ciudad de Huatusco, Veracruz y localizado geográficamente a los 19° 20' latitud norte y 96° 30' longitud este, a una altitud de 950 msnm. El clima de la región es cálido subhúmedo y lluvioso en verano, con una temporada de sequía de tres meses, con influencia de los monzones, Aw (m) de acuerdo con la clasificación de Copen, modificado por García, (1988). La temperatura medial anual es de 23°C con una precipitación anual de 1300 mm.

El rancho tiene una extensión de 23 has, de las cuales 10 has están destinadas al cultivo del café; las variedades de café existentes son Costa Rica (2 has), Colombia (4 has), Criollo (2 has) y Caturra (2 has). La densidad de siembra es de 6500 plantas por hectárea, iniciándose la cosecha del grano maduro del café en el mes de noviembre y extendiéndose hasta el mes de enero. Las 13 has restantes son potreros cubiertos por pastos, con predominancia de las gramíneas *Cynodon plectoslachyus* y *Pennisetum clandestinum*, y presencia de algunos *Demodium sp* y otras arvenses en mínima proporción; los potreros están destinados a la alimentación del hato ovino del rancho.

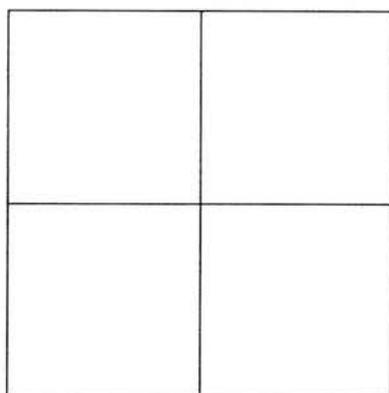
Las características del manejo permiten categorizar a la finca como “de mediana tecnología”. Se realiza fundamentalmente el control biológico de arvenses y anualmente un solo chapeo mecánico, posterior a la cosecha; la fertilización es a base de excretas de los ovinos en pastoreo y se complementa con la aplicación de un fertilizante a base de nitrógeno, a razón de 150 Kg/ha año.

En el municipio de Comapa, la caficultura es una de las actividades agroeconómicas más importantes, lo que constituye un alto potencial para la implementación de sistemas agrosilvopastoriles con ovinos. En esta zona la actividad ovina se basa en rebaños pequeños de la raza Pelibuey, combinada con la agricultura, aunque pocos productores usan un sistema organizado de producción. Algunos caficultores utilizan sus predios para el pastoreo de ovinos bajo la cobertura arbórea, para bajar los costos de mantenimiento de la huerta, producir carne para el autoconsumo y como aporte económico por la venta de corderos, los cuales se comercializan en la zona, con un peso mínimo de 22 Kg.

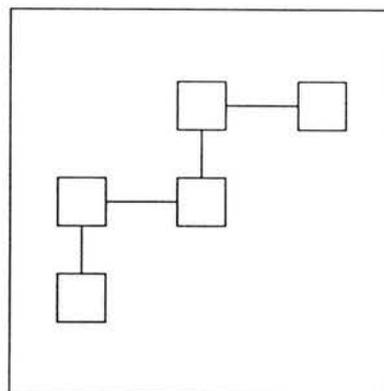
## **6.2 Desarrollo del trabajo experimental**

### **6.2.1 Análisis de la biomasa vegetal**

La producción de forraje, tanto de la pradera con predominancia de gramíneas como de las arvenses del cafetal, se determinó a partir de cinco puntos diferentes de un cuarto de hectárea, en cada uno de los cuales, se hicieron cinco lanzamientos de un cuadro de 25 cm x 25 cm para el aforo. El muestreo se realizó al “azar dirigido”, en forma de zigzag, cada 15 m, como se indica en la Figura 3:



Una hectárea



Un cuarto de hectárea

**Figura 3. Esquema representativo del área utilizada para el aforo forrajero.**

Las muestras se pesaron inmediatamente después de ser colectadas; posteriormente, se sometieron a secado a temperatura ambiente, bajo sombra, durante dos días; se registró el nuevo peso y se obtuvo el valor de humedad del material vegetativo, conservándose en bolsas de papel para posteriores análisis.

Para la clasificación taxonómica, se recorrió todo el cafetal durante los meses de septiembre a noviembre, mientras los animales pastoreaban, registrando surco por surco, todas las especies existentes, las cuales se denominaron “arvenses colectadas” y se observó las que eran consumidas, mismas que se denominaron “arvenses seleccionadas”, así como las rechazadas por los ovinos. Se colectaron dos muestras de cada una de las arvenses encontradas, de acuerdo con la técnica referida por Harrington y Durell (1957). Estas se guardaron en prensa, cubiertas por papel periódico para su protección y almacenamiento, y se llevaron al Herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México para su identificación y clasificación, la cual se realizó de acuerdo con la técnica de clasificación de caracteres florales y vegetativos de Cronquist (1981). La valoración de la frecuencia se hizo con base en la presencia de la especie por cada surco y la densidad, tomando como referencia el área de una hectárea (Toral *et al.*, 2001). Cabe anotar que

también se observó la presencia de las especies arvenses en cuatro cafetales más de la zona en estudio, ubicados en diferentes puntos, en un radio de 15 Km.

En el mes de abril de 2003 (época de secas) se realizó una segunda inspección por el terreno, colectando y caracterizando las arvenses presentes en el cafetal, lo cual se llevó a cabo bajo el procedimiento antes mencionado

### **6.2.2 Prueba de comportamiento**

Los animales se distribuyeron al azar en cuatro grupos, correspondientes a cada uno de los tratamientos, como se indica en el Cuadro 2:

**Cuadro 2. Distribución de los tratamientos.**

Tratamiento 1 Pastoreo en gramíneas sin complemento	Tratamiento 2 Pastoreo en cafetal sin complemento
Tratamiento 3 Pastoreo en gramíneas con complemento	Tratamiento 4 Pastoreo en cafetal con complemento

### **6.2.3 Animales, alojamientos e instalaciones**

Se utilizaron 32 ovinos Pelibuey, machos enteros, los cuales se marcaron en los costados con números de pintura acrílica fosforescente, para observar su identificación a una distancia aproximada de ocho metros y no perturbar a los animales, sobretodo en el desarrollo de la

prueba etológica. Durante un periodo de quince días, los animales se adaptaron al manejo, a los operarios y al cerco eléctrico. Se alojaron en un corral con un área de 100 m<sup>2</sup>, con paredes de ladrillo, techo de lámina de zinc, piso de cemento, cubierto con cama de aserrín, que se cambió periódicamente; el piso se encaló en cada cambio. El corral se subdividió en cuatro partes para separar a los ovinos que pastorearon en potrero de aquéllos que lo hicieron en cafetal y los que recibieron complementación de los que no. Las instalaciones estaban provistas de comedero de madera y bebederos metálicos.

El peso promedio de los animales fue de 16.45 Kg.  $\pm$  1.6. Una semana antes del inicio del experimento se procedió a desparasitarlos con levamisol al 1%, en dosis de 1ml/20 Kg de peso y se vitaminaron con un producto comercial de vitamina B<sub>12</sub>, en dosis de 1ml/20 Kg de peso.

El pastoreo se realizó durante los meses de septiembre a noviembre de 2002, en un período de 40 días, correspondientes a la etapa anterior a la pepena o cosecha temprana del café, la cual se realiza como parte del manejo agronómico del cultivo y consiste en la cosecha de los granos que han madurado precozmente. Se tomó como indicador el comienzo de la pepena para la finalización del pastoreo del cafetal con los ovinos, con el propósito de evitar posibles agresiones a los frutos por parte de los animales.

La colecta de las arvenses en el cafetal se realizó durante el pastoreo de los animales, que fue de ocho horas diarias, desde las 8 hasta las 16 horas. Posteriormente las ovejas eran llevadas al corral, donde se separaban en cuatro grupos correspondientes a los distintos tratamientos, dos de los cuales recibían un complemento alimenticio a voluntad, antes de salir al pastoreo. La cantidad ofrecida fue de 3 Kg a cada grupo de 8 animales, en el periodo de adaptación exclusivamente en campo y en el periodo experimental, tanto en el campo como en el corral de estabulación. El consumo por grupo se calculó por la diferencia entre la cantidad ofrecida y la rechazada.

Se determinó una extensión de una hectárea para el desarrollo de este trabajo tanto del cafetal como del potrero. La hectárea se dividió en 16 lotes de 25m x 25m, cada uno de los cuales se delimitó valiéndose de la cerca establecida en la finca, cerco eléctrico y malla borreguera. Los animales se cambiaron de área de pastoreo teniendo en cuenta el ajuste de producción de biomasa con la carga animal, o bien cuando se observaba en el área poca disponibilidad de material vegetativo, aproximadamente cada tres días de ocupación, de acuerdo con los planteamientos de Savory y Butterfield (1998), quienes recomiendan la rotación de potreros con el objeto de utilizar el forraje cuando posee su valor nutrimental más alto y proporcionar a las plantas el descanso necesario para recuperarse antes del próximo pastoreo.

#### 6.2.4 Complementación

A los tratamientos correspondientes (2 y 4) se les ofreció un complemento a voluntad; durante el periodo de adaptación se ofreció en el campo, donde nunca fue consumido, por lo que se optó por ofrecerlo en el campo durante el pastoreo diario y en el corral, antes de salir a pastoreo. La composición nutrimental del alimento se indica en el Cuadro 3 y la formulación por cada 100 Kg del alimento utilizado, en el Cuadro 4.

**Cuadro 3. Composición nutrimental del complemento en base seca.**

<b>NUTRIMENTO</b>	<b>%</b>
Humedad	8.43
Proteína cruda	27.03
Extracto etéreo	6.93
Cenizas	19.21
Fibra bruta	5.79
Energía bruta	3,860 Kcal/ Kg
Energía metabolizable	2.5Mcal/ Kg

**Cuadro 4. Formulación del complemento (Kg/100 Kg)**

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Melaza	20
Pollinaza	20
Maíz	17
Pulidura de arroz	17
Harina de pescado	4
Sal	4
Cal	3.2
Harinolina	3
Ortofosfato	3
Sulfato	2.2
Urea	2
Sebo	2
Cemento	1.6
Minerales	1

### **6.2.5 Hábitos de los ovinos en pastoreo**

Se realizó en el predio “Proveedora Agropecuaria Comapa”, utilizando ocho animales, dos por cada tratamiento y la técnica descrita por Nelson y Furr’s (1966). Esta técnica consiste en observar el número de veces en que los animales consumían arvenses o pasto, complemento y/o agua, orinaban, defecaban, rumiaban o descansaban durante las 24 horas del día. La primera observación se realizó a las 4:00 horas, posteriormente cada cuatro horas y en cada hora se observó a los minutos 0, 10, 20, 30, 40 y 50, para un total de 36 observaciones por día. Esta prueba se desarrolló durante tres días consecutivos y en dos periodos; el primero fue al inicio del experimento (septiembre 26, 27 y 28 de 2002) y el segundo, al final del periodo experimental (noviembre 1, 2 y 3 de 2002). Los animales estuvieron en pastoreo restringido con cerco eléctrico y se les proporcionó el complemento *ad libitum*.

Para la prueba etológica se requirió identificar a los animales dominantes de cada grupo, eliminándolos como unidades experimentales en esta etapa, considerando que sus hábitos se alteran por su posición social dentro del hato, de acuerdo con las recomendaciones de Ligout y Porter (2003).

### **6.2.6 Ganancia de peso de los ovinos**

Los animales se pesaron en una báscula de piso al inicio y al final del periodo experimental, previo ayuno de 12 horas y antes de salir al pastoreo. La ganancia de peso se calculó a través de la diferencia entre el peso final y el peso inicial; la ganancia dividida entre los días de pastoreo permitió obtener la ganancia diaria de peso.

## **6.3 Fase de laboratorio**

### **6.3.1 Composición química y nutricional del follaje**

Los análisis correspondientes se llevaron a cabo en los laboratorios del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”. Las determinaciones del análisis químico proximal se realizaron al follaje de las arvenses identificadas, de acuerdo con los métodos establecidos por la A.O.A.C. (1990), que incluyen el contenido de humedad (método 930.04), proteína cruda por el método de Kjeldahl (Nx6.25)(método 955.04), cenizas (por calcinación a 550°C) (método 930.05), extracto etéreo (método 962.09) y fibra bruta (método 920.39). La energía bruta (EB) se determinó por medio de bomba calorimétrica, las fracciones de fibra de acuerdo con el método de Goering y Van Soest (1970), la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica, con la técnica descrita por Tilley y Terry (1963), modificada por Minson y McLeod (1972). Los análisis se hicieron por triplicado.

De los metabolitos secundarios de las plantas (MSP) se midieron alcaloides (Domínguez, 1974), glucósidos cianogénicos (método 936.11 de A.O.A.C), saponinas (método de Monroe *et al.*, 1952) y ácido tánico (método 952.03 de A.O.A.C).

### **6.3.2 Desaparición *in situ* de la MS del follaje**

La degradación ruminal *in situ* de la MS se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”, en la Ciudad de México, mediante la técnica de la bolsa de nylon (Orskov *et al.*, 1980). Se emplearon cuatro ovinos los cuales recibieron una dieta a base de los pastos *Cynodon plectoslachyus* y *Pennisetum clandestinum* y fueron complementados con el alimento ofrecido a los ovinos en campo. Los ovinos estaban fistulados estaban dotados con cánulas fijas (Bar Daimond), considerando tiempos de incubación de 0, 3, 6, 9, 12, 24, 30, 36, 48, 72 y 96 horas, utilizando bolsas de nylon con una porosidad promedio de 1200 a 1600 orificios por cm<sup>2</sup>, con un tamaño de 12 x 8 cm. de acuerdo con las recomendaciones de Mertens (1977), a las cuales se les introdujo 5 g de muestra. Después de ser retiradas las bolsas del rumen, se lavaron cinco veces por agitación mecánica por un minuto hasta obtener un líquido de enjuague claro y transparente, para posteriormente secarlas a 65°C durante 48 horas. Para el cálculo y la interpretación de resultados de la desaparición del material del rumen, se utilizó un modelo exponencial del programa Neway de Orskov *et al.*, (1980). La variable de estudio fue la desaparición de la materia seca.

### **6.4 Análisis estadísticos**

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2, con P<0.05. En el caso de la prueba de comportamiento, los 32 ovinos se dividieron en cuatro tratamientos. El primer factor fue el pastoreo en gramíneas o cafetal y el segundo factor, la complementación, siendo la variable de respuesta la ganancia diaria de peso.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

- $Y_{ij}$  = Valor de todas las observaciones  
 $\mu$  = Media general de las observaciones  
 $\alpha_i$  = Efecto debido al primer factor ( $i = 1,2$ )  
 $\beta_j$  = Efecto debido al segundo factor ( $j = 1,2$ )  
 $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto debido a la interacción del primer y segundo factor  
 $\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio

La diferencia entre medias se realizó con la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$

$$q = \frac{\bar{Y}_i - Y_{i'}}{\sqrt{CME/r}} \pm q\alpha (t, n-t)$$

Para los análisis químicos (análisis químico proximal, fracciones de fibra y ácido tánico), digestibilidad *in situ* e *in vitro*, se empleó un análisis de varianza de un diseño completamente al azar y  $n = 4$ , con  $P < 0.05$ , con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

- $Y_{ij}$  = Valor de todas las observaciones  
 $\mu$  = Media general de las observaciones  
 $\tau_i$  = Efecto del  $i$ ésimo tratamiento ( $i = 3$ )  
 $\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio

La producción de forraje verde y materia seca del potrero y el cafetal, se analizó con una prueba de t de Student con alfa 0.05

Para la prueba etológica (n = 2), se utilizó un modelo de regresión logística para variables nominales con el siguiente modelo:

$$\ln \frac{\pi}{1-\pi} = \alpha + \beta_i x_i + \beta_j x_j + \beta_k x_k + \varepsilon$$

$\pi$  = Proporción

$\alpha$  = Constante

$\beta_i x_i$  = Parámetro de regresión logística (pastoreo en potrero o cafetal)

$\beta_j x_j$  = Parámetro de regresión logística (inicio o final del experimento)

$\beta_k x_k$  = Parámetro de regresión logística (día de experimento)

$\varepsilon$  = Error

Los análisis de resultados se realizaron con ayuda del paquete estadístico SAS (1985). (JMP Versión 6.0)

## 6.5 Análisis económicos

Se obtuvo la relación de ingreso y egresos de los sistemas de producción de café y ovinos en pastoreo en cafetal con y sin complementación. A partir de esa información, se calculó la relación beneficio / costo, el porcentaje de rentabilidad y la utilidad de cada sistema, de acuerdo con los planteamientos de Brillman y Maire, 1990 y Basaña *et al.*, 1992.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Producción de biomasa vegetal

En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos de la producción de biomasa vegetal, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos.

**Cuadro 5. Producción de biomasa vegetal.**

PRODUCCION DE MATERIAL VEGETAL	PRADERA DE GRAMINEAS (Kg/ha)	ARVENSES DE CAFETAL (Kg/ha )
FORRAJE VERDE	4,150±70.7 <sup>a</sup>	3,900±66.7 <sup>a</sup>
MATERIA SECA	3,000±84.4 <sup>a</sup>	3,010±80.5 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ).

Resultados semejantes (3,000 Kg/ha) fueron encontrados por Gabaldón y Combellas (2000), quienes realizaron muestreos de terrenos con incidencia de arvenses en Venezuela durante la época de lluvias. Por su parte, Sibbald *et al.* (2000), utilizando un método de aforo de potreros similar al usado en este trabajo, en la misma época del año, en Escocia, en una pradera con predominancia de ryegrass perenne y trébol, evaluando diferentes espacios de pastoreo permitidos para ovejas, encontraron una producción de 1440 Kg/ha en 133 m<sup>2</sup> permitidos por animal y 1550 Kg/ha en 200 m<sup>2</sup>. Las cantidades obtenidas en el presente estudio duplicaron a las mencionadas por Sibbald *et al.* (2000).

Los altos volúmenes en producción de biomasa (forraje verde y materia seca) en cafetal, semejantes a los encontrados en el potrero, se pueden atribuir al manejo agronómico que se le prestó al cultivo de café, pues en esta finca de mediana tecnología se realiza control

biológico de arvenses, sin la utilización de medios químicos, contando exclusivamente con el componente animal y solamente una vez al año se chapea con machete. Además, se aplica fertilización con excretas de los ovinos y se complementa con fertilizante comercial a base de nitrógeno a razón de 150Kg/ha año. Por el contrario, la cantidad de material vegetal aportada por las arvenses es muy baja en fincas altamente tecnificadas, por las altas densidades de cultivo y el control químico de arvenses, de acuerdo con lo mencionado por Sánchez (1999).

Cabe anotar que el aporte al cafetal de nitrógeno proveniente del fertilizante y la fijación simbiótica de las bacterias nodulares presentes en las leguminosas (Flores, 1980) de la cobertura basal del cafetal, además de las excretas de los ovinos, posiblemente permitieron mejorar la composición nutrimental de las arvenses encontradas en este cultivo, especialmente en aquéllas que fueron consumidas por los ovinos, tal como lo indican los resultados obtenidos en esta investigación y que se presentan a lo largo de este trabajo.

En este sentido, Elías (1983) afirmó que la respuesta de la fertilización nitrogenada está relacionada con niveles más altos de proteína en las plantas, lo cual se puede apreciar en el Cuadro 8, que muestra que las arvenses duplicaron el valor de la proteína cruda del pasto y mejoró la digestibilidad del material vegetal (Cuadros 11 y 12). Es así como la digestibilidad aumentó cuando el forraje era joven, invirtiéndose en forma negativa o no significativa cuando el forraje estaba en estado de madurez avanzada.

## **7.2 Clasificación taxonómica de las arvenses encontradas**

Al determinar la composición botánica de la pradera bajo el cultivo de café donde se realizó el experimento de pastoreo con ovinos, los resultados mostraron la presencia de 78 especies, en su mayoría de las familias Fabaceae, Mimosaceae, Caesalpinaceae, que pertenecen al orden Leguminosales, y otras familias, como Gramineae, Asteraceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae.

Especies como *Cenchrus echinatus*, *Cenchrus olearaceus*, *Taraxacum officinale*, *Cassia tora*, *Senna pistaciaefolia*, *Bidens pilosa*, *Acmella cilliata*, *Senecio sp.*, *Sonchus sp.*, *Poa sp.*, *Atriplex, sp.*, *Ricinus comunis*, *Galisonga parviflora*, *Sida setosa*, *Solanum jamaicense*, *Psidium guajava*, *Cyathula achyainthoides*, *Lantana camara*, *Oxalis tuberosum*, *Chenopodium album* se presentaron en mayor cantidad en los aforos forrajeros.

En el Cuadro 6 se muestra la frecuencia de las diferentes familias de arvenses presentes en el cafetal.

**Cuadro 6. Arvenses encontradas en el cafetal**

FAMILIA	FRECUENCIA (%)
Fabaceae	9.0
Mimosaceae	7.7
Caesalpinaceae	6.4
Gramineae	6.4
Lamiaceae	6.4
Asteraceae	6.4
Euphorbiaceae	6.4
Rubiaceae	6.4
Melastomataceae	5.1
Chenopodiaceae	5.1
Amaranthaceae	5.1
Malvaceae	3.8
Solanaceae	3.8
Verbenaceae	3.8
Myrtaceae	3.8
Portulacaceae	3.8
Lytraceae	3.8
Dioscoreacea	2.6
Oxalidaceae	1.3
Myrsinaceae	1.3
Primulaceae	1.3

Los datos obtenidos en este estudio difieren de los reportados por Esquivel (1999), quien encontró que la familia Asteraceae fue la de mayor frecuencia entre las especies arvenses en cafetales del departamento del Tolima, en Colombia. De la misma manera, Torres *et al.* (2001b) notificaron también a la familia Asteraceae como la dominante en la cubierta vegetal del suelo de los cafetales de la zona de Tlaltetela, Veracruz; seguida por las familias Gramínea, Labiatae y Cyperaceae. Esto pudo deberse a las características edafológicas y a las modificaciones de cada familia vegetal para adaptarse a factores como clima o manejo, considerando a este último como factor principal, debido posiblemente, a un sobrepastoreo del terreno.

Por su parte, Gabaldón y Combellas (2000) mencionaron que la composición botánica del área bajo pastoreo con ovejas estaba formada por diversas especies de porte bajo, principalmente gramíneas y ciperáceas (*Echinochloa colonum*, *Paspalum conjugatum*, *Cynodon nlemfluensis* y *Cyperus rotundus*), en menores cantidades leguminosas (*Dermatus virgatum* y *Centrocoma pubescens*) y algunas plantas de hoja ancha (*Euphorbia spp* y *Sida spp*).

Es importante señalar que de los diferentes tipos de arvenses en los cultivos agrícolas, generalmente sólo algunas especies se encuentran en un cultivo específico (Gill y Vear, 1965; Bastín, 1970). Muchas arvenses están confinadas o son comunes a un tipo determinado de cultivo o suelo. Las condiciones que regulan esta asociación entre arvenses y las plantas agrícolas y, en el caso específico de este estudio, el cafetal, pueden ser debidas a las particularidades ecológicas y en especial edafológicas que precisan las arvenses y que son similares a las del cultivo (Caballero y Cortés; 2001; Toledo *et al.*, 1994). Es así como las arvenses pueden eventualmente convertirse en plantas indicadoras de las condiciones físicoquímicas del suelo (Gill y Vear, 1965). En el caso del cafetal, se puede mencionar que por la naturaleza edafológica de la zona, aunado al manejo agronómico del cafetal, en lo referente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, el suelo del cultivo se puede considerar alto en nitrógeno y las arvenses que en él se encuentran son arvenses anuales, típicas de suelos de esta naturaleza (Gill y Vear, 1965), como *Senecio sp.* y *Camomila sp.* de

la familia Asteraceae, además de *Chenopodium sp.* de la familia Chenopodiaceae y otras de la familia Euphorbiaceae.

Cabe anotar que al observar la presencia de las especies arvenses en cuatro cafetales más de la zona en estudio, se encontraron similitudes en la composición botánica de la cobertura basal. La incidencia de especies de arvenses no presentó especiales diferencias entre los cafetales, ubicados en diferentes puntos, en un radio de 15 Km. El fenómeno anterior se puede explicar desde el punto de vista ecológico a través del proceso de sucesiones vegetales (Caballero y Cortés, 2001; Toledo *et al.*, 1994). En los ambientes intervenidos por el hombre se forman claros de vegetación, que son colonizados fácilmente por especies pioneras de rápido crecimiento, como es el caso de las arvenses, las cuales se diseminan con ayuda involuntaria del viento (anemocoria), el agua (hidrocoria), los insectos (entocoria) y el hombre (antropocoria) (Gill y Vear, 1965; Bastín, 1970).

Los ovinos que pudieron seleccionar forraje entre varias especies vegetales, es decir en el cafetal, prefirieron los follajes proteicos, provenientes particularmente de especies pertenecientes al orden Leguminosales; sin embargo, se observó un alto consumo de otras familias como Asteraceae, Amaranthaceae, Mimosacea y Chenopodiaceae. Las especies preferidas por los ovinos de pelo para el consumo fueron varias especies de *Acacia* (*A. farnesiana*, *A. tricanta*, *A. pennatula*), sobretodo en estado joven, además de varias especies de *Leucaena* (*L. leucocephala*, *Leucaena sp.*), *Gliricidia sepium*, *Galisonga parviflora*, *Centrosema pubescens*, *Cenchrus echinatus*, *Bidens pilosa*, *Taraxacum officinale*, *Chenopodium sp.*, *Sonchus sp.*, *Poa sp.*, *Desmodium sp.* y *Guzmania sp.*

También se observó que los ovinos evitaron el consumo de algunas arvenses, probablemente por la presencia de factores tóxicos (Arnold y Dudzinski, 1978; Flores, 1980; Gill y Vear, 1995; Scott y Provenza, 1998), las cuales se mencionan a continuación:

- *Xanthium sp.*, llamada vulgarmente cadillo, perteneciente a la familia Asteraceae, de acuerdo con Flores (1980) y González (1989), contiene un glucósido llamado carboxil-atractolisida en sus hojas y semillas.
- *Senecio sp.*, perteneciente a la familia Asteraceae, su toxicidad se atribuye varios alcaloides presentes, siendo uno de los más importantes la longilobina, perteneciente al grupo de las pirrolizidina (Flores, 1980).
- *Ricinus communis*, de la familia Euphorbiaceae, llamada comúnmente ricino, cuyo bajo consumo se debe a la presencia de ricina, una fitotoxina presente en toda la planta, especialmente en la semilla, la hace poco apetecida por los animales (González, 1989; Bastín, 1970).
- *Lantana camara*, perteneciente a la familia Verbenaceae, cuyo nombre vernacular es confitillo; de acuerdo con Jurado (1989) y González (1989) contiene un triterpenoide policíclico llamado lantadene, que sería el causante del rechazo por parte de los animales.
- *Cassia sp.*, especie del orden Leguminosales, llamada coloquialmente ejotillo; su principio tóxico, de acuerdo con González (1989), es desconocido, aunque se conoce su rechazo por parte de los animales.
- *Solanum jamaiscense*, llamada comúnmente huevo de gato; no fue consumida por los animales, debido a la presencia de espinas, llamadas tomento espinoso (Gill y Vear, 1965; Bastín, 1970), en la superficie de las hojas y una densa pubescencia en toda la planta, inclusive en los frutos, y por la presencia de un glucoalcaloide con propiedades saponificantes, denominado solanina (Bastín, 1970; González, 1989).

Se observó el rechazo de otras especies como *Alloplectus*, *Clidemia* y *Cuphea*, de las cuales se desconoce su contenido de metabolitos secundarios o la razón por la cual no son consumidas.

Las particularidades físicas y químicas de las plantas pueden considerarse mecanismos de defensa del reino vegetal para evitar el consumo por parte de los animales, de acuerdo con los planteamientos de Arnold y Dudzinski (1978) y Scott y Provenza (1998).

En la colecta realizada durante el mes de abril, correspondiente a la época de secas, se encontró menor cantidad y variedad de arvenses, con relación a la época de lluvias; es importante mencionar que el manejo del cafetal en esta época es limpiar de forma manual el terreno para favorecer la captación de agua para los arbustos. Las familias presentes fueron: Mimosaceae, Acanthaceae, Asteraceae, Caesalpinaceae, Fabaceae, Apocynaceae, Buddlejaceae, Euphorbiaceae, Labiateae, Laminaceae, Malvaceae, Solanaceae, Araceae, Bromeliaceae y Melastomataceae. Entre las predominantes se identificaron como mayoría aquéllas no consumidas por los ovinos, tal es el caso de *Solanum jamiscense* y *Alloplectus sp.*

Con respecto a las arvenses del cafetal en este estudio, cabe destacar su importancia como forraje (Balée y Gély, 1989), aunado a que la mayoría de estas especies son melíferas o de interés apícola, ya que su presencia es aprovechada por las abejas para captar el néctar y de esta forma se benefician los propietarios de apiarios, que son comunes en la zona cafetera. Tomando en consideración que el principal recurso natural de la explotación apícola es la flora (Carballido *et al.*, 1980), tanto el cafetal como las arvenses ofrecen este recurso natural, que favorece el desarrollo integral de la abeja y que permite el avance normal de la unidad productiva. Los autores en mención indican que la apicultura desempeña un papel muy importante de apoyo a la agricultura, la cual es una de las bases primordiales para el desarrollo de México. Este apoyo es proporcionado a través de la polinización entomófila, en la cual las abejas desempeñan un papel muy importante al transferir polen a las partes femeninas de las flores, logrando con esto, una mayor producción en los cultivos agrícolas, en especial en el café.

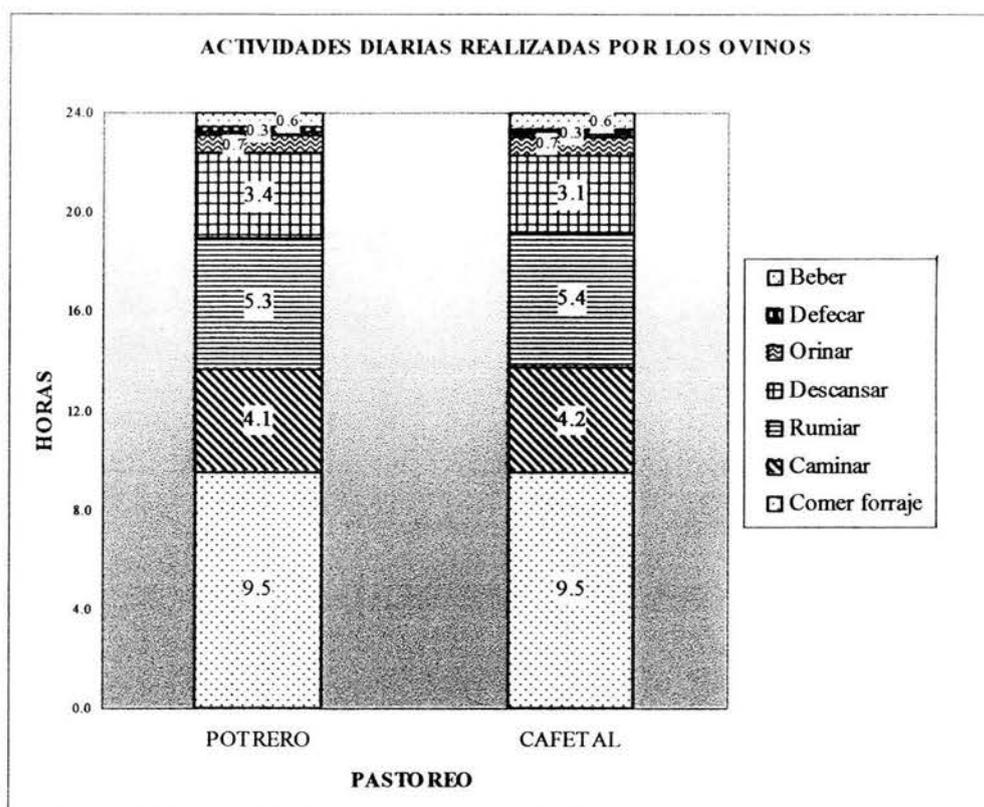
En los estudios de grupos Mesoamericanos reportados por Caballero y Cortés (2001) y Toledo *et al.* (1994) y entre grupos amazónicos, realizados por Baleé y Gély (1989), se

comprueba que las especies pioneras de las sucesiones vegetales son reconocidas entre la gente por sus variados usos. En este sentido, es importante señalar que existen dentro del cafetal especies utilizadas en medicina tradicional y en la alimentación humana, y otras proveedoras de sombra en cultivos como el café, en jardines y en huertos; estas son generalmente árboles grandes y frondosos. Las identificadas en el cafetal en estudio pertenecen al orden Leguminosales y fueron las especies *Inga sp.*, *Albizia sp.*, *Erythrina sp.* y *Leucaena sp.*, cuyas plántulas o plantas en estado joven fueron consumidas por los ovinos en pastoreo.

### 7.3 Prueba etológica

En la Figura 4 se muestra la duración de las actividades diarias, realizadas por los ovinos en pastoreo, tanto en el potrero con predominancia de gramíneas como en el cafetal. Después de realizarse el análisis estadístico de regresión logística para variables nominales (Silva y Cañón, 2000), se obtuvo una  $P=0.83$  para la diferencia entre los tratamientos (pastoreo en potrero de gramíneas y pastoreo en arvenses de cafetal). Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P=1.0$ ) entre días o fase o para las interacciones entre tipo de pastoreo y fase.

Estos resultados corroboran el planteamiento de Arnold (1981); en cuya disertación menciona que si se vigila el comportamiento de los animales que viven bajo condiciones regularmente uniformes típicas de la domesticación, estos hacen frecuentemente las mismas cosas día a día a tiempos regulares, lo que es causado por la formación de hábitos, así como por cambios regulares en las condiciones ambientales, a medida que se cambia de noche a día, lo cual puede deberse a los ritmos fisiológicos internos que son parcialmente independientes de los eventos externos, lo que se repite aproximadamente con intervalos de 24 horas y, por ende, se le denomina “ritmo circadiano”. Cualquiera que sea el factor que esté involucrado, la mayoría de los animales tienden a vivir una existencia altamente regular día a día, tal como se observó en esta investigación.



**Figura 4. Actividades realizadas por los ovinos en pastoreo.**

También informó el autor en mención, que los animales son más activos a medio día o a media noche, apreciaciones que no se evidenciaron en este trabajo, ya que por el contrario, en nuestros resultados se observó que los animales estuvieron más pasivos en estas horas; ya que al medio día descansaron, para lo cual prefirieron las áreas con sombra y a la media noche durmieron.

En cuanto al tiempo gastado en el pastoreo o consumo de forrajes, los resultados de este trabajo (9.5 horas tanto en potrero de gramíneas como en cafetal), concordaron con los obtenidos por Scott y Provenza (1998), quienes al pastorear ovinos en dos potreros con

diferente ubicación, parcelados de acuerdo con la variedad o monotonía de material vegetal disponible, no encontraron diferencias en el tiempo de pastoreo.

Se observó que los ovinos caminaron (4.1 hrs. en potrero y 4.2 hrs. en cafetal) e intermitentemente se echaron para descansar y rumiar, estos resultados coinciden con lo mencionado por Arnold (1981), quien señala que este patrón de comportamiento se repite varias veces al día, apreciaciones que también se evidenciaron en los resultados obtenidos en esta investigación.

Se observó una tendencia a consumir agua de una a cuatro veces al día, tal como lo mencionó Petrina (2002), quien señaló además que la frecuencia de consumo de líquido depende de la temperatura, ingestión y tipo de alimento. Por otra parte, los resultados obtenidos en este trabajo (5.3 hrs. en potrero y 5.4 en cafetal) concuerdan con Arnold (1981), quien observó que los ovinos le dedicaban entre cuatro y diez horas a la rumia en un periodo de 24 horas y que estas estaban repartidas entre quince a veinte periodos durante el día, además de presentarse un considerable descanso durante esos momentos.

Las pruebas etológicas desarrolladas en el presente trabajo se realizaron a finales de otoño y principios de invierno, las cuales no son épocas fuertemente contrastantes, por lo cual los animales no modificaron radicalmente sus hábitos y por lo tanto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en cuanto a las diferentes actividades dependiendo de la época. Por otra parte, se observó al final del experimento, cuando se registró un descenso de la temperatura y presencia de lluvias, que los animales se mantuvieron menos activos y disminuyó el consumo de alimento. Esto no resultó significativo debido al corto periodo de tiempo en que se presentaron dichas condiciones meteorológicas.

El pastoreo en la presente investigación se realizó bajo una plantación con árboles de tallo y copa completamente maduros, con una edad aproximada de 8 años. Los ovinos fueron de talla chica y tuvieron un peso menor a 30 Kg. El nivel de asignación de forraje y el

suministro de complementación fue suficiente, por lo que se constató que los árboles no sufrieron daño alguno por los animales ni en sus hojas, ni en ramas, tallos y mucho menos en frutos. Al respecto, Torres *et al.* (2001a), señala que el ovino es una especie que generalmente suele morder las hojas, ramas y tallos de los árboles con buena palatabilidad, cuando el forraje disponible no es suficiente para cubrir sus necesidades de nutrimentos o existe alguna deficiencia de minerales; sin embargo, cuando las condiciones de la pradera son buenas, el ataque a los árboles suele ser de menor impacto a mínimo.

## 7.4 Prueba de comportamiento animal

### 7.4.1 Consumo del complemento

Se ofreció *ad libitum* un complemento cuya composición nutrimental se presenta en el Cuadro 4 y su formulación se indica en el Cuadro 3. En la Figura 5 se muestra el consumo de complemento durante la fase experimental.



Figura 5. Consumo del complemento durante la fase experimental.

El consumo de complemento para los animales en pastoreo en el potrero fue de 0.56 Kg en promedio diario por grupo y el de los animales que pastorearon en el cafetal fue de 0.60 Kg respectivamente. Aunque la cantidad de complemento consumido por los animales fue muy poca, su contenido de PC (27.03 %) y EM (2.5 Mcal) permitieron obtener ganancias de peso superiores, en estos tratamientos en relación a los grupos que no recibieron la complementación. En los primeros se presentó probablemente un efecto sinérgico ocurrido al complementar a la microbiota ruminal y de ésta forma se incrementó el potencial fermentativo de la población microbiana ruminal a través de un alimento que aporta carbohidratos fácilmente fermentables, nitrógeno no proteico, proteína fermentable y de sobrepaso, minerales, álcalis y buffers, elementos presentes en la formulación del complemento utilizado y que al parecer, incrementaron el potencial fermentativo de la población microbiana ruminal.

El complemento utilizado en este trabajo fue altamente energético (2.5 Mcal/ Kg EM) y el aporte de carbohidratos fácilmente fermentables, como los de la melaza, posiblemente estimuló la fermentación de la celulosa, el componente más abundante de la pared celular de los forrajes (Theodorou y France, 1993; Russell y Wilson, 1996). Por lo tanto, los microorganismos ruminales celulolíticos, entre los cuales se encuentran un gran número de bacterias, hongos y protozoarios, desempeñaron un papel primordial en la digestión de este material, haciendo más eficiente el aprovechamiento del alimento (Orskov, 1994; Mertens, 1977; Wells y Russell, 1996), lo cual se expresó en la ganancia de peso. Fue así como los tratamientos que recibieron complementación presentaron un mejor comportamiento que aquéllos que no la recibieron, lo que se puede observar en el Cuadro 7.

Cabe anotar que la complementación con nitrógeno en forma de proteína (Preston, 1995; Preston y Murgueitio, 1995) o nitrógeno no proteico (Preston y Leng, 1984; Padilla-Goyo *et al.*, 2000; Segura *et al.*, 2000; Liu y Mc Meniman, 2001; Puga *et al.*, 2001a), como el proveniente de la pollinaza, harina de pescado, pulidura de arroz, harinolina y urea, utilizadas en la formulación del complemento (Cuadro 4), se requieren tanto para la síntesis de proteína microbiana como para mejorar las características digestivas de los forrajes de

baja calidad, tales como las gramíneas *Cynodon plectoslachyus* y *Pennisetum clandestinum* en las que se pastorearon los animales en el potrero, pues esto genera a nivel ruminal una gran proliferación de microorganismos celulolíticos, que contribuyen a cubrir sus requerimientos de nitrógeno por la presencia de amoniaco en el rumen, proveniente de la hidrólisis de la urea o de las proteínas, de acuerdo con los planteamientos de Theodorou y France (1993), Preston (1995) y Preston y Murgueitio(1995).

Como se mencionó anteriormente, el complemento contó en su formulación con excretas de aves, las cuales se consideran como ingredientes adecuados para utilizarse en la formulación de dietas para rumiantes, por su contenido de 3 a 6% de nitrógeno, observándose en la pollinaza los siguientes valores, de acuerdo con Alvarez *et al.* (2003): MS, 89%; FC, 16.5%; EE, 1.9%; ELN, 29.7%; PC, 26.1%.

El consumo de 56 g/día de complemento para animales en pastoreo en gramíneas y 60 g/día para animales en pastoreo en cafetal fue menor al señalado por Mejía y Vargas (1993), quienes mencionaron un consumo diario de 120 a 130 g por animal de un complemento a base de pollinaza, con una dieta base de cogollos de matarratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichantea gigantea*) y leucaena (*Leucaena Leucocephala*). Cabe anotar que las ovejas utilizadas en su ensayo tuvieron acceso al complemento antes de ser destetadas, lo que garantizó un adecuado acostumbramiento al mismo. Pese al libre acceso a forrajes proteínicos, el consumo se conservó dentro de los valores obtenidos en forma comercial. Por su parte, Mejía y Vargas (1993) plantean que el factor que más influye sobre el consumo del complemento es el grado de acostumbramiento al mismo, por lo que es posible que en el caso del complemento utilizado en el presente ensayo las ovejas hubieran requerido de mayor tiempo para adaptarse al alimento, antes de alcanzar niveles apreciables de consumo. Otro aspecto que pudo haber influido fue que en la composición del complemento empleado se utilizaron diferentes materias primas que favorecieron la mezcla de sabores. De acuerdo con Arnold y Pahl (1974), Arnold y Dudzinski (1978) y Arnold (1981), las ovejas prefieren sabores puros y rechazan o minimizan el consumo de complementos con mezclas de sabores. Por su parte, Provenza *et al.* (1992) y Scott y Provenza (1998) señalaron la preferencia de los

ovinos hacia los alimentos saborizados en el orden: manzana, anís, banano y coco. Estas esencias, adicionadas en pequeñas cantidades, entre 0.0015% y 0.0075% del total de la fórmula, estimularon potentemente el consumo, lo cual abre la posibilidad de usarlas en futuros trabajos con el objeto de aumentar la aceptación de los complementos por parte de los animales.

#### 7.4.2 Ganancia de peso

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de la ganancia de peso que obtuvieron los animales de los diferentes tratamientos

**Cuadro 7. Ganancia de peso en ovinos alimentados con gramíneas o arvenses con y sin complementación**

TRATAMIENTO	PESO INICIAL (Kg)	PESO FINAL (Kg)	GANANCIA DIARIA DE PESO (Kg)
PASTOREO EN GRAMINEAS	16.6±1.8 <sup>a</sup>	17.9±1.4 <sup>c</sup>	0.033±0.02 <sup>c</sup>
PASTOREO EN CAFETAL	16.6±1.5 <sup>a</sup>	19.3±1.6 <sup>b</sup>	0.068±0.03 <sup>b</sup>
PASTOREO EN GRAMINEAS CON COMPLEMENTO	16.7±1.6 <sup>a</sup>	19.4±1.4 <sup>b</sup>	0.068±0.04 <sup>b</sup>
PASTOREO EN CAFETAL CON COMPLEMENTO	16.7±1.8 <sup>a</sup>	21.2±1.6 <sup>a</sup>	0.113±0.02 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

En el peso inicial no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (P>0.05), pues al seleccionar a los animales para el experimento, se buscó que fueran de pesos y edades similares, para homogenizar la muestra y disminuir así la variabilidad.

La ganancia de peso diaria fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento pastoreo en cafetal con complemento ( $0.113 \text{ Kg} \pm 0.02$ ). Los tratamientos pastoreo en cafetal sin complemento y pastoreo en potrero con complemento no manifestaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre sí, ( $0.68 \text{ Kg} \pm 0.03$  y  $0.068 \text{ Kg} \pm 0.04$ , respectivamente). La ganancia diaria de peso fue menor en el tratamiento pastoreo en potrero sin complemento ( $0.033 \text{ Kg} \pm 0.02$ ). Pesos similares registraron Gabaldón y Combellas (2000), indicando que es factible mantener rebaños de ovejas pastoreando arvenses, obteniéndose índices productivos comparables y hasta superiores a los de animales pastoreando gramíneas establecidas cuando se les suministra minerales o concentrado en pequeñas cantidades.

Por su parte, Segura *et al.* (2000), pastoreando ovinos en praderas de *Panicum maximum* y complementando con un producto con ingredientes y formulación similares al utilizado en esta investigación, especialmente en lo referente al alto contenido de pollinaza, obtuvieron pesos mayores en los animales que recibieron complementación en comparación con los animales no complementados.

Los resultados obtenidos en este trabajo en pastoreo en cafetal con complementación también fueron similares a los reportados por Alvarez *et al.* (2003), quienes al complementar ovinos Pelibuey con semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza, obtuvieron una ganancia diaria de peso de  $0.111 \text{ Kg}$ . Por otra parte, González *et al.* (2002) también reportaron una menor ganancia diaria,  $0.088 \text{ Kg}$  en ovinos en pastoreo en praderas establecidas principalmente con pasto Pangola (*Digitaria decumbens*), Rhodes (*Chloris gayana*), así como con gramas nativas (*Paspalum spp*), en menor grado, y complementación de minerales y cáscara de cítricos.

Liceaga *et al.* (1991), con ovinos en pastoreo, complementados con diferentes combinaciones (15:25 y 20:20) de pollinaza-melaza, registraron ganancias de peso de  $132 \text{ g}$  y  $73 \text{ g}$  diarios por animal, respectivamente, concluyendo que la combinación más recomendable de pollinaza:melaza fue de 15:25. Cabe anotar que la combinación utilizada

en este trabajo fue de 20-20 y se registraron ganancias diarias de  $0.68 \pm 0.04$  Kg y  $0.113 \pm 0.2$  Kg para ovinos en pastoreo en gramíneas y cafetal, respectivamente.

Desde el punto de vista biológico, el mayor valor nutricional de la combinación de especies consumidas puede explicarse por razones asociadas al aumento de los efectos sinérgicos a nivel digestivo de los componentes de la mezcla o por un incremento en la variedad y palatabilidad de la dieta (Milera *et al.*, 2002). Probablemente debido a las anteriores consideraciones, los ovinos que pastorearon en los cafetales tuvieron mayores ganancias de peso que aquéllos que lo hicieron en el potrero de gramíneas, si se tiene en cuenta que la cobertura basal del cafetal ofreció una amplia variedad de especies vegetales que aportaron, respecto al potrero de gramíneas, en primer lugar, niveles más altos de nutrimentos, proteína especialmente, además de una gran diversidad de sabores, olores, colores y texturas, con lo cual se estimuló el consumo por parte de los ovinos y todo esto se reflejó en la ganancia de peso.

En este estudio se encontró que para mejorar la ganancia de peso en los ovinos en pastoreo, tanto de potrero de gramíneas como de arvenses, se debe utilizar un mínimo de complementación. En la práctica, la recomendación de la formulación del complemento y la selección de las materias primas para su elaboración dependerán de la disponibilidad y el costo en las diferentes zonas.

## **7.5 Análisis de laboratorio**

### **7.5.1 Análisis químico proximal**

Los resultados del análisis químico de los forrajes evaluados se presentan en el Cuadro 8. En él se puede observar que sobresalen los mayores contenidos de proteína, cenizas y energía de las arvenses, tanto seleccionadas como colectadas, en relación al pasto, y en éste último es mayor el contenido de fibra bruta.

**Cuadro 8. Composición química de las dietas ofrecidas a los ovinos (Base seca).**

NUTRIMENTO	ARVENSES SELECCIONADAS	ARVENSES COLECTADAS	PASTO
PROTEINA CRUDA (%)	14.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	14.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	7.8 ± 0.4 <sup>b</sup>
EXTRACTO ETereo (%)	2.51 ± 0.7 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.9 <sup>a</sup>	2.58 ± 0.7 <sup>a</sup>
CENIZAS (%)	11.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	10.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	8.8 ± 0.1 <sup>b</sup>
FIBRA BRUTA (%)	8.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	11.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	11.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
ENERGIA BRUTA (Mcal/Kg)	3.26 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.25 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.81 ± 0.1 <sup>b</sup>
ENERGIA METABOLIZABLE (Mcal/Kg)	2.83 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.81 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.61 ± 0.2 <sup>b</sup>
TND	78.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	77.7 ± 0.5 <sup>b</sup>	72.2 ± 0.2 <sup>a</sup>
HUMEDAD (%)	85.7 ± 0.9 <sup>a</sup>	83.7 ± 0.8 <sup>b</sup>	75.5 ± 0.8 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

Las diferencias en la composición química de los diferentes forrajes colectados se pueden explicar al analizar la composición botánica tanto del cafetal como del potrero, siendo predominantes en el primer grupo (arvenses seleccionadas) especies pertenecientes al orden Leguminosales, mientras que en el grupo de las arvenses colectadas se encontraron además de leguminosas, una mayor diversidad de familias tales como Gramineae, Lamiaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Melastomataceae y Chenopodiaceae, entre otras, y en el potrero predominaron los pastos *Cynodon plectoslachyus* y *Pennisetum clandestinum*, de la familia Gramineae, lo cual se reflejó en el contenido principalmente de proteína cruda, fibra cruda y energía bruta de los grupos correspondientes. Como lo mencionaron Gallagher *et al.* (1999) y Poppi y Norton (1995), los forrajes tropicales presentan niveles bajos de nitrógeno. Tal es el caso de las gramíneas del potrero, a diferencia de la mezcla de los diferentes órdenes de arvenses obtenidas en el cafetal, entre los cuales prima el orden

Leguminosales, cuyas familias (*Fabaceae*, *Mimosaceae* y *Caesalpinaceae*) se caracterizan por presentar niveles altos de nitrógeno, que se expresa como proteína (Preston, 1995; Rosales, 1999).

La cantidad de proteína cruda en las arvenses fue superior a la obtenida por Gabaldón y Combellas (2000), quienes al analizar la composición química de una pradera en Venezuela cubierta por arvenses, encontraron valores entre 5.8 y 11.8 %. Esto pudo deberse a la composición botánica del área en estudio, la cual está determinada por las características agronómicas y ecológicas de la zona (Gill y Vear, 1965). En el área estudiada por los autores en Venezuela existió predominancia de gramíneas, mientras que en el área donde se desarrolló la presente investigación, predominaron las leguminosas, reconocidas por sus altos contenidos de proteína. La elevada presencia de arvenses del orden Leguminosales en la cobertura basal de cítricos también fue informada por Torres (2001) en la misma zona de estudio de la presente investigación. Resultados similares reportaron Ríos y Salazar (1995), al analizar *Tithonia diversifolia*, arvense utilizada en la alimentación de ovinos en la zona cafetera colombiana.

Elías (1983) afirma que la respuesta de la fertilización nitrogenada está relacionada con niveles más altos de proteína en las plantas, lo cual pudo suceder en el caso de las arvenses del cafetal, que prácticamente duplicaron el contenido de este nutrimento en el material proveniente del potrero.

En cuanto a extracto etéreo, Norton y Poppi (1995) y Beever y Mould (2000) indican que los valores en las plantas se encuentran entre 2 y 4%. Estos niveles varían poco, lo que se observó en esta investigación, al obtener valores entre 2.48 y 2.58% (Cuadro 8). Por su parte, Torres (2001) encontró contenidos entre 1.7 y 2.1% en arvenses que crecen en plantaciones de cítricos, señalando que el orden Leguminosales, al cual pertenecen las familias *Fabaceae*, *Mimosaceae* y *Caesalpinaceae* presentó en promedio la mayor cantidad de extracto etéreo (2.29%), seguidas en orden descendente, por las familias *Asteraceae* (1.97%) y *Gramineae* (1.77%).

En el contenido de cenizas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre los diferentes tipos de arvenses (11.7 % y 10.9%, respectivamente); el pasto presentó un porcentaje significativamente menor (8.8%,  $P<0.05$ ). El mayor contenido de cenizas en el cafetal podría deberse a un mayor suministro de abonos al cultivo respecto de la pradera (Ríos y Salazar, 1995), si se tiene en cuenta que el manejo agronómico del cafetal exige la aplicación constante de fertilizantes químicos y abonos orgánicos (mediante las excretas de los animales). Es así como los resultados obtenidos en este estudio fueron mayores a los informados por Norton y Poppi (1995), quienes señalan valores entre 2 y 3.1% de cenizas para leguminosas tropicales, y similares a los de Torres (2001), quien encontró valores de 10.21 a 10.69% en arvenses de cultivos de naranja, sin y con pastoreo, respectivamente.

En el contenido de fibra bruta no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre las arvenses colectadas (11.4 %) y el pasto (11.2%), mientras que las arvenses seleccionadas presentaron un menor contenido ( $P<0.05$ ) de fibra bruta (8.2 %). Al comparar el material consumido con el ofrecido, el primero presentó un contenido menor de fibra bruta, corroborando el planteamiento de Arnold (1981), quien señala que las preferencias se presentan hacia el material vegetal tierno, jugoso y, además, con mayor contenido de proteína y energía bruta. Sin embargo, en este trabajo no se encontraron diferencias en cuanto al contenido de estos nutrimentos ( $P>0.05$ ), como se presenta en los resultados del análisis químico proximal.

Por otra parte, se puede mencionar que el contenido de fibra cruda fue menor que los obtenidos por Torres (2001) en arvenses del cultivo de naranja, cuyos valores promediaron 31.89% en época de lluvias y 34.87% en la época de secas. Devendra (1995) y Beever y Mould (2000) indican que existen muchos factores que producen variaciones en los resultados de los análisis de la fibra cruda en los forrajes, tales como el estado de maduración y tipo de planta, entre otros. Es así como las arvenses seleccionadas, que fueron más jóvenes, presentaron menor contenido de fibra que las arvenses colectadas, pues estas fueron en su mayor parte, plantas maduras. Señalan también, que en las plantas el contenido

de fibra cruda aumenta con el incremento de la madurez y disminuye la digestibilidad. El contenido de fibra cruda es un buen indicador de la digestibilidad de la materia seca de los forrajes, premisa que corrobora los resultados obtenidos en la digestibilidad *in situ* e *in vitro* (Cuadros 11 y 12).

En lo referente al contenido de energía bruta, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre las arvenses seleccionadas (3.26 Mcal/ Kg) y las arvenses colectadas (3.25 Mcal/ Kg), mientras que el pasto presentó un contenido significativamente menor (2.81 Mcal/ Kg,  $P<0.05$ ). Por otra parte, la energía metabolizable (EM) no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre las arvenses (2.83 y 2.81 Mcal/ Kg, para las arvenses seleccionadas y las colectadas) y fue diferente y menor en el pasto (2.61 Mcal/ Kg,  $P<0.05$ ). Cabe anotar que la EM se obtuvo a partir del cálculo de TND y éste, a su vez, considera la cantidad de fibra cruda presente en el forraje.

El nivel de energía obtenido en las arvenses fue similar al reportado por Maldonado (2001b), 3.23 Mcal/Kg en follaje de *Erythrina americana*. El mencionado autor añade que estos niveles de energía metabolizable son característicos de un forraje de muy buena calidad, premisa que permite catalogar a las arvenses de este estudio como de buena calidad. Por otra parte, la energía metabolizable de las gramíneas del potrero de este estudio fue menor a la obtenida por Sanginés (2001) en *Pennisetum clandestinum* (2.96Mcal/Kg.), resultados que confirman el bajo aporte de energía de los pastos, especialmente de las gramíneas del trópico.

Las arvenses seleccionadas, constituidas por aquellas especies preferidas por los ovinos para su consumo, registraron contenidos altos de energía metabolizable y proteína y el más bajo de fibra bruta. Estos resultados concuerdan con los planteamientos de Savory y Butterfield (1998), quienes afirman que el rumiante en pastoreo utiliza el forraje con más alto valor nutrimental, el cual se encuentra cuando las plantas son jóvenes, es decir, poco antes de iniciar su floración, después de la cual, los niveles de proteína en follaje disminuyen, al

desplazarse a la formación del fruto y el contenido de fibra aumenta por el proceso natural de maduración de la planta.

Así mismo, la mejor calidad nutricional de las arvenses seleccionadas se puede atribuir a que estaban constituidas, en gran parte, por plántulas y plantas jóvenes que, de acuerdo con Flores (1980) y Beever y Mould (2000), tienen mayor valor nutricional por tener una mayor cantidad de hojas y menor número de tallos, que son menos nutritivos. La proporción de hojas en el forraje disminuye a medida que el pasto va madurando, tal como se evidenció en las arvenses colectadas, que fueron plantas más maduras, con más cantidad de tallos y menor proporción de hojas. Lo anterior también se reflejó en el contenido de humedad de las mismas (Cuadro 8).

### 7.5.2 Fracciones de Fibra

En el Cuadro 9 se presentan los resultados obtenidos de las fracciones de fibra de los forrajes en estudio.

**Cuadro 9. Fracciones de fibra de los forrajes ofrecidos a los ovinos**

MATERIAL VEGETAL	FDA	FDN	HEMICELULOSA	CELULOSA	LIGNINA
ARVENSES SELECCIONADAS	21.1 ± 0.4 <sup>c</sup>	45.9 ± 0.2 <sup>c</sup>	24.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	15.4 ± 0.5 <sup>c</sup>	5.9 ± 0.4 <sup>b</sup>
ARVENSES COLECTADAS	34.1 ± 0.5 <sup>a</sup>	51.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	17.8 ± 0.5 <sup>c</sup>	24.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	9.4 ± 0.4 <sup>a</sup>
PASTO	26.6 ± 0.8 <sup>b</sup>	47.7 ± 0.4 <sup>b</sup>	21.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	17.5 ± 0.2 <sup>b</sup>	9.1 ± 0.1 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

De los diferentes tipos de material vegetal sobresalen en las arvenses colectadas los mayores contenidos de FDA (34.1%), FDN (51.9%) y celulosa (21.1%) en relación con el pasto y las arvenses seleccionadas por los ovinos; estas últimas presentaron los menores contenidos de estas fracciones. En cuanto al contenido de lignina, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las arvenses colectadas (9.4%) y el pasto (9.1%) y fue menor y diferente ( $P < 0.05$ ) en las arvenses seleccionadas (5.9%).

Los valores para FDA obtenidos en este trabajo en arvenses seleccionadas y pasto fueron menores a los indicados por Kerley (2003), quien al tomar como referencia a la alfalfa, obtuvo un valor de 30%. Por su parte, Van Soest *et al.* (1991), analizando también a la alfalfa, encontraron un valor de 35%, similar al reportado en el presente trabajo para las arvenses colectadas. Los resultados de FDA de las arvenses seleccionadas son menores que los informados por Norton y Poppi (1995), quienes señalan valores entre 25 y 49% de FDA para leguminosas tropicales. Es así como de las arvenses, solo las colectadas, se encuentran dentro de dicho rango.

Es importante tener en cuenta que existe una estrecha relación entre FDA y FDN con el estado de madurez de las plantas; a medida que aumenta la edad de la planta, los niveles de FDA y FDN son mayores, tal como lo señalan Beever y Mould (2000) y Mertens (2003). En el caso del material vegetal del presente trabajo, las arvenses seleccionadas fueron principalmente hojas y tallos tiernos y jóvenes, mientras que las arvenses colectadas se encontraron en diferentes estados de madurez, con predominancia de plantas con tallos duros, indicador de una mayor edad, por lo cual los niveles de FDA y FDN fueron mayores.

Los contenidos de FDN fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) entre los tres tratamientos. En arvenses colectadas los contenidos fueron mayores (51.9 %) que los del pasto (47.7 %) y éstos, a su vez, mayores que las de las arvenses seleccionadas (45.9 %). Los valores de FDN de las arvenses seleccionadas y del pasto fueron menores que los valores obtenidos por Mertens (2003) quien reportó un promedio de 52.2% de FDN en forrajes, utilizando el método de aFDN (fibra neutro detergente - amilasa), que es el método aprobado por la A.O.A.C (1990),

y se toma como referencia en el programa de evaluación de forrajes de Estados Unidos de América, mientras que las arvenses colectadas presentaron similitud con los resultados informados por este autor.

Los resultados de FDN obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro del rango planteado por Norton y Poppi (1995), quienes indican valores entre 36 y 62% de FDN para pastos y leguminosas tropicales. El contenido de FDN de las arvenses seleccionadas concuerda con el reportado por Van Soest *et al.* (1991) para la alfalfa (46%). Cabe anotar que en este grupo predominaban las especies pertenecientes al orden Leguminosales, en el cual también se clasifica la alfalfa.

Así mismo, los contenidos de FDN de todos los tipos de material vegetal estudiados en este trabajo fueron menores a los obtenidos por Gabaldón y Combellas (2000), quienes informaron contenidos de FDN entre 76.3 y 86.7% en muestras de arvenses, constituidas principalmente por gramíneas colectadas en época de lluvias en Venezuela. También fueron menores a los reportados por Maldonado (2001b), quien informó valores de 53.76 y 54.4% en forrajes de *Erythrina americana* y *Albizia lebbek*, especies que se encontraron en los afloramientos forrajeros del presente trabajo.

De acuerdo con Norton y Poppi (1995) y Beever y Mould (2000), el contenido de FDN es indicador de la digestibilidad de un forraje. Es por esto que los resultados obtenidos en esta parte del estudio se pueden relacionar con los resultados de digestibilidad *in situ* e *in vitro* de los cuadros 11 y 12, que se indican más adelante. Al respecto, las arvenses seleccionadas, en las cuales predominó el follaje inmaduro, presentaron menor contenido de FDN respecto a las arvenses colectadas y el pasto, que contenían plantas maduras y gran cantidad de tallos.

En cuanto a la variable hemicelulosa se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Los resultados obtenidos en la presente investigación en las arvenses seleccionadas son similares a los reportados por Norton y Poppi (1995) para leguminosas tropicales (25%). Sin embargo, estos autores reportan en

gramíneas tropicales contenidos de hemicelulosa de 28%, superiores a los obtenidos para el pasto en este trabajo.

En los resultados de celulosa se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre los tres tipos de material vegetal, presentando las arvenses colectadas el mayor contenido de celulosa (24.9 %), seguidas del pasto (17.5 %) y hubo un menor contenido en las arvenses consumidas (15.4 %). Estas diferencias se pueden deber a los diferentes grados de maduración vegetativa de las muestras; las arvenses seleccionadas estaban constituidas por plantas jóvenes, mientras que las colectadas eran maduras y el pasto se encontraba en un estado intermedio de maduración vegetativa.

Los niveles de celulosa de los dos grupos de arvenses fueron menores a los informados por Norton y Poppi (1995), quienes reportaron valores de 32% para forrajes de leguminosas tropicales. Los autores en mención indican también un valor promedio de 14% para los pastos tropicales, menor al encontrado para el pasto en esta investigación.

En la variable lignina no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre las arvenses colectadas y el pasto (9.4 % y 9.1 %, respectivamente), mientras el contenido de lignina de las arvenses seleccionadas (5.9 %) fue menor y diferente ( $P<0.05$ ). Estos resultados corroboran el planteamiento de Flores (1980), quien indicó que mayores contenidos de celulosa y lignina están relacionados con la edad y una mayor maduración de las plantas, como en el caso de las arvenses colectadas.

Las muestras de arvenses seleccionadas o de aquellas especies preferidas por los ovinos presentaron los menores contenidos de FDA, FDN, celulosa y lignina, resultados que pueden atribuirse a que los animales en pastoreo escogieron el forraje con más alto valor nutricional. De la anatomía de la planta, prefirieron las hojas, pues, de acuerdo con Savory y Butterfield (1998) y Flores (1980), eran más apetecibles y presentaron un mayor contenido de proteína y menos lignina que los tallos, los cuales, por el proceso de maduración de la planta, se endurecieron para darle sostén y protección al evitar la evapotranspiración.

Por los anteriores planteamientos, la menor calidad nutrimental del pasto y las arvenses colectadas respecto a las seleccionadas se pudo deber, entre otros factores, a la presencia, en este último grupo, de plantas jóvenes, que tuvieron mayor valor nutrimental por tener una mayor conformación de hojas, ricas en proteína y pobres en lignina, y menor presencia de tallos, que son menos nutritivos y cuyo contenido de lignina se eleva al aumentar la edad de la planta, de acuerdo con Gill y Vear (1965) y Flores (1980).

De acuerdo con Schroeder (1994) y Beever y Mould (2000), la lignina es el factor que más influye en la determinación de las fracciones de la fibra de los forrajes; conforme la lignina aumenta, los porcentajes de FDA y FDN aumentan. Esta premisa se cumplió en los resultados obtenidos en esta investigación. Las arvenses seleccionadas presentaron los contenidos más bajos de lignina, FDA y FDN, mientras que las arvenses colectadas presentaron los niveles más altos.

### **7.5.3 Metabolitos secundarios de las plantas**

En el Cuadro 10 se pueden observar los resultados obtenidos de los metabolitos secundarios presentes en los forrajes ofrecidos a los ovinos en pastoreo en la presente investigación.

El grupo de las arvenses seleccionadas presentó un contenido de ácido tánico de 1.21 g/100g, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) con el contenido de ácido tánico del material vegetal obtenido en el potrero (1.12 g/100g). Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre las dos muestras anteriores y las arvenses colectadas, siendo éstas mayores (2.76 g/100g) que las antes mencionadas. Estos resultados indican que los ovinos que pastorearon en los cafetales y pudieron escoger entre las arvenses de la cobertura basal, seleccionaron aquéllas con menores concentraciones de ácido tánico y otros factores. Estos resultados se pueden corroborar con los planteamientos de Rosales (1999) y Boissy y Dumont (2002), quienes

afirman que la dieta de los herbívoros está determinada por la presencia de nutrimentos y toxinas en las plantas disponibles.

**Cuadro 10. Metabolitos secundarios presentes en los forrajes ofrecidos a los ovinos**

MATERIAL VEGETAL	ACIDO TANICO (g/100g)	ALCALOIDES	SAPONINAS	GLUCOSIDOS CIANOGENICOS
ARVENSES SELECCIONADAS	1.21 ± 0.4 <sup>b</sup>	++	-	-
ARVENSES COLECTADAS	2.76 ± 0.54 <sup>a</sup>	++	-	-
PASTO	1.12 ± 0.3 <sup>b</sup>	++	-	-

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

+++ abundante; ++ moderado; + escaso o dudoso; - negativo.

Al respecto, otros autores (Foley *et al.*, 1979; Provenza *et al.*, 1992; Early y Provenza, 1998) indican una clara tendencia de los animales por consumir menores cantidades o en el mejor de los casos, evitar el consumo de material vegetal que contenga metabolitos secundarios, en particular, ácido tánico (Haggerman *et al.*, 1992; Reed, 1995).

De igual manera se observa un menor contenido de ácido tánico en las arvenses seleccionadas y en el pasto, con respecto a lo reportado por Maldonado (2001b), quien determinó un valor promedio de 2.65 g/100 g en follajes de *Erythrina americana*, *Albizia lebbek* y *Morus alba*. Los valores reportados por este autor son semejantes a los reportados en el presente trabajo en las arvenses colectadas (2.76 g/100 g), mientras que los datos de ácido tánico reportados por Sanginés (2001) para el pasto *Pennisetum clandestinum* son menores (0.38g/100 g) que los obtenidos en este trabajo en todos los tipos de material vegetal.

La diferencia en los niveles de ácido tánico entre las arvenses colectadas y las consumidas por los ovinos, puede confirmar las apreciaciones de Alm *et al.* (2002), Dumont y Gordon (2003) y Parson *et al.* (1994), quienes indican que los herbívoros ingieren alimentos con cantidades más bajas de toxinas (arvenses seleccionadas) que el promedio del alimento disponible (arvenses colectadas).

En los tres grupos de material vegetal analizados se presentaron cantidades moderadas de alcaloides (++) y no se encontraron o no existieron (-) saponinas ni glucósidos cianogénicos. La presencia similar de alcaloides tanto en las muestras del pasto, como en las arvenses seleccionadas y colectadas, pudo deberse a la predominancia en el potrero de gramíneas y la presencia de cantidades menores de algunas leguminosas, particularmente, varias especies de *Desmodium*, que se caracterizan por la presencia de alcaloides (Flores, 1980; Gill y Vear, 1995).

Los resultados obtenidos en esta investigación, que indican que los ovinos consumieron los forrajes (arvenses seleccionadas) con menores contenidos de metabolitos secundarios, permiten confirmar los planteamientos de Arnold y Pahl (1974) y Scott y Provenza (1998), quienes afirman que en la medida de lo posible, los ovinos ingieren, dentro de una gran variedad de especies vegetales, aquéllas con menores contenidos de toxinas, más nutritivas y agradables, para, de esta manera, cubrir sus requerimientos nutricionales, evitar la sobreingestión de toxinas y lograr su satisfacción sensorial.

Un concepto clave en la preferencia o el rechazo de las arvenses es que este fenómeno es el resultado de un estímulo sensorial (olor, sabor o textura) o una respuesta posterior al consumo (efecto de los nutrimentos y toxinas sobre los químico y mecanorreptores), particulares para cada caso, de acuerdo con lo referido por Gill y Vear (1965) y Flores (1980).

#### 7.5.4 Digestibilidad *in situ*

En el Cuadro 11 se pueden observar los resultados de la digestibilidad *in situ* de la materia seca de los forrajes ofrecidos a los ovinos en la presente investigación. En relación a la desaparición *in situ* de la materia seca, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) en la fracción soluble (a) o la tasa de digestión. La fracción soluble obtenida en este estudio fue mayor a la reportada por Sanginés (2001), en la gramínea *Pennisetum clandestinum* (5.54%).

**Cuadro 11. Digestibilidad *in situ* de la materia seca (g/100g) de los forrajes ofrecidos a los ovinos a diferentes tiempos de incubación en el rumen, con la técnica de bolsa de nylon.**

MATERIAL VEGETAL	<b>a</b> FRACCION SOLUBLE	<b>b</b> FRACCION POTENCIALMENTE DIGESTIBLE	FRACCION INDIGESTIBLE (100-(a+b))	TASA DE DIGESTION	TASA DE PASAJE Kp	DIGESTIBILIDAD VERDADERA EN EL RUMEN
ARVENSES SELECCIONADAS	9.3 ± 0.7 <sup>a</sup>	74.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	16.4 ± 0.5 <sup>b</sup>	0.05 ± 0.0001 <sup>a</sup>	0.015 ± 0.005 <sup>c</sup>	61.1 ± 1.85 <sup>a</sup>
ARVENSES COLECTADAS	9.2 ± 0.9 <sup>a</sup>	73.2 ± 0.9 <sup>b</sup>	17.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.0001 <sup>a</sup>	0.017 ± 0.004 <sup>a</sup>	57.3 ± 1.19 <sup>c</sup>
PASTO	8.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	74.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	16.6 ± 0.3 <sup>b</sup>	0.05 ± 0.0001 <sup>a</sup>	0.016 ± 0.003 <sup>b</sup>	60.4 ± 1.11 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P<0.05$ ).

No se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ) entre arvenses seleccionadas (74.3 %) y pasto (74.6 %) en cuanto a la fracción potencialmente digestible; cabe anotar que estos valores fueron superiores ( $P<0.05$ ) a los encontrados en las arvenses colectadas (73.2 %).

En cuanto a la fracción indigestible, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre las arvenses colectadas y los forrajes consumidos por los animales (arvenses seleccionadas y el pasto); la fracción fue mayor en las arvenses colectadas (17.6%) y menor, aunque sin encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ), entre las arvenses seleccionadas (16.4 %) y el pasto (16.6 %). En general, la fracción indigestible de la materia seca en el rumen de los diferentes tipos de material vegetal utilizados en el presente trabajo fue baja, lo cual pudo deberse a la cantidad de fibra detergente neutro (Cuadro 9) que se encontró en las muestras y a las 96 horas de incubación a las cuales éstas fueron sometidas. Al respecto, Mertens y Ely (1982) indican que el efecto del tiempo de fermentación predetermina el residuo indigestible sobre la tasa de digestión, usando la transformación logarítmica en regresión lineal, y que un tiempo de 48 horas puede subestimar la fracción potencialmente digestible. Por otra parte, se menciona que existe una competencia entre la tasa de pasaje y la tasa de digestión, lo cual se observa en la Ecuación 3 (Allen y Mertens, 1998).

Los resultados de este trabajo fueron significativamente menores a los reportados por Sanginés (2001), quien encontró una fracción indigestible de 62.29% para *Pennisetum clandestinum* y valores entre 61.29 y 64.09% para *Buddleja skutchii*. La fracción indigestible está relacionada con el contenido de lignina de los forrajes. Es así como la digestibilidad de un forraje disminuye conforme el contenido de lignina aumenta (Mertens y Ely, 1982). En este caso, los contenidos de lignina, presentados en el Cuadro 9, fueron mayores en las arvenses colectadas y en el pasto que en las arvenses seleccionadas, por lo cual, la fracción indigestible también fue mayor en las arvenses colectadas; sin embargo, esta fracción en el pasto fue menor y similar a las arvenses seleccionadas.

La tasa de digestión, en todos los casos permaneció constante (0.05) y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los forrajes estudiados. Esta tasa de digestión depende de las características intrínsecas de la materia, incluyendo la composición química y su estructura física. Aunque la fracción potencialmente digestible incluye más a la celulosa y hemicelulosa, este modelo supone que la tasa constante puede

describir adecuadamente la digestión de todos los constituyentes de la fibra. Sin embargo, la máxima tasa de digestión de la fibra va a ser modificada por factores que no son propiamente del alimento, como el ataque microbiano y la producción y actividad enzimática, los cuales no están incorporados en el modelo, de acuerdo con lo planteado por Allen y Mertens (1988). En este mismo contexto, los resultados obtenidos con los materiales en estudio se encuentran dentro de los rangos encontrados por Kibon y Orskov (1993), quienes mencionan tasas de digestión entre 0.022 y 0.081 para follajes de especies arbóreas y arbustivas.

En cuanto a la tasa de pasaje ( $K_p$ ), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo mayor en las arvenses colectadas (0.017), seguidas por el pasto (0.016) y menor en las arvenses seleccionadas (0.015). Al tener una menor tasa de pasaje se dio la oportunidad a la flora microbiana del rumen para mejorar el aprovechamiento del forraje (Allen y Mertens, 1988; Huntington y Givens, 1995; Khorasani *et al.*, 2000), tal como se obtuvo en los resultados de digestibilidad verdadera que se refieren más adelante.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en cuanto a la digestibilidad verdadera de las arvenses seleccionadas (61.1), que fue mayor que la del pasto (60.4), mientras que la digestibilidad de las arvenses colectadas se vio deprimida (57.3). Estos resultados se encuentran en un rango entre 57 y 61%, el cual se considera alto de acuerdo con Allen y Mertens (1988), quienes señalaron que con una tasa de digestión ( $K_d$ ) de 0.04 y una tasa de pasaje ( $K_p$ ) de 0.060, se obtiene una digestibilidad verdadera de 40%. La alta digestibilidad verdadera de las arvenses seleccionadas puede atribuirse a que, en su mayor parte, la biomasa estaba constituida por leguminosas, las cuales presentan una rápida tasa de desaparición, debido quizá a su contenido de nitrógeno rápidamente degradado por la microbiota ruminal para su crecimiento y degradación de los sustratos (Orskov *et al.*, 1980; Van Soest, 1982). Estos valores obtenidos en cuanto a la digestibilidad *in situ* están relacionados con la habilidad del animal para digerir el forraje: conforme la FDA aumenta, la digestibilidad del forraje usualmente disminuye, de acuerdo con lo planteado por

Schroeder (1994) y esto ocurrió en las arvenses colectadas si se compara con las arvenses seleccionadas.

Elías (1983) afirma que entre los factores que afectan la digestibilidad de los forrajes figura la disponibilidad de nitrógeno. Al considerar factores como el aporte de nitrógeno al cafetal, proveniente del fertilizante que se aplica como parte del manejo agronómico, y la alta incidencia de arvenses del orden Leguminosales, se podría explicar la mayor digestibilidad en las arvenses seleccionadas respecto al pasto.

Por su parte, Norton y Poppi (1995) afirman que la digestibilidad de las plantas depende en gran medida de su grado de lignificación. Este planteamiento permite explicar los resultados obtenidos para la digestibilidad *in situ*, a partir de los resultados de fracciones de fibra (Cuadro 9): el menor contenido de lignina se presentó en las arvenses seleccionadas, mismas que registraron la mayor digestibilidad *in situ*.

### **7.5.5 Digestibilidad *in vitro***

En el Cuadro 12 se aprecian los resultados de la digestibilidad *in vitro* de los diferentes tipos de material vegetal ofrecido en este estudio.

En la digestibilidad *in vitro* de la materia seca se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tres tratamientos, siendo mayor en las arvenses seleccionadas (58.63%), seguidas por arvenses colectadas (55.48%) y el pasto (48.98%). Los resultados obtenidos para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de las arvenses, tanto seleccionadas como colectadas, fueron similares a los reportados por Norton y Poppi (1995), quienes informaron valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca entre 53 y 67% en leguminosas tropicales.

**Cuadro 12. Digestibilidad *in vitro* de los forrajes ofrecidos a los ovinos**

MATERIAL VEGETAL	MATERIA SECA	MATERIA ORGANICA/ 100 g MATERIA SECA
ARVENSES SELECCIONADAS	58.6 ± 0.95 <sup>a</sup>	68.4 ± 0.99 <sup>a</sup>
ARVENSES COLECTADAS	55.4 ± 0.66 <sup>b</sup>	57.7 ± 1.02 <sup>c</sup>
PASTO	48.9 ± 0.74 <sup>c</sup>	60.8 ± 0.83 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

Así mismo, los resultados de la digestibilidad de la materia seca de las arvenses colectadas, constituidas principalmente por plantas del orden Leguminosales, fueron similares a los reportados por Devendra (1995), quien informó niveles de digestibilidad entre 50 y 58% para las leguminosas *Leucaena leucocephala* y *Erythrina poeppigiana*, respectivamente.

La digestibilidad *in vitro*, tanto de materia seca como de materia orgánica, fue superior en las arvenses seleccionadas. Estos valores se pueden catalogar como altos, tomando como referencia las apreciaciones de Church y Pond (1987) y Van Soest (1982), quienes califican como superiores, resultados mayores a 58 %. Cabe anotar que los resultados obtenidos mediante la técnica de digestibilidad *in vitro*, presentan una tendencia similar a los de la digestibilidad *in situ* (Cuadro 11).

En cuanto a la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMS), se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) entre los tres tipos de material vegetal. La DIVMS fue superior en las arvenses seleccionadas (68.4%), seguidas del pasto (60.8%) y de las arvenses colectadas (57.7%). Al respecto, Norton y Poppi (1995) señalaron valores de DIVMS de leguminosas tropicales entre 57 y 63%, los cuales son similares a los obtenidos en las arvenses colectadas y menores que las de las arvenses seleccionadas. Los mismos autores señalan para pastos tropicales niveles de digestibilidad de la materia orgánica entre 61 y 70%, similares a los resultados del pasto en este trabajo.

De acuerdo con Norton y Poppi (1995), quienes analizaron comparativamente la composición de las paredes celulares de pastos tropicales, arbustos forrajeros y árboles de leguminosas, una importante diferencia entre pastos y leguminosas es que estas últimas, a menudo, presentan contenidos de lignina más altos que los pastos (como en el caso de las arvenses colectadas, Cuadro 9), y solamente el xilema de su tejido vascular está lignificado. Por el contrario, en los pastos la lignina se distribuye a través de todos los tejidos de la planta. En consecuencia, la digestibilidad de las leguminosas está más relacionada con la proporción de tejido vascular que con el contenido de lignina.

Por otra parte, las hojas de las leguminosas (material vegetal preferido por los ovinos en el presente estudio) tienen comparativamente menores contenidos de tejido vascular (Flores, 1980), lo que posiblemente permitió que la digestibilidad fuese mayor en las arvenses seleccionadas que en los pastos. Además, las arvenses seleccionadas presentaron mayor digestibilidad *in situ* (Cuadro 11) e *in vitro* (Cuadro 12), respecto a las arvenses colectadas, que registraron los valores más bajos, posiblemente como resultado de niveles elevados de lignina en estas últimas.

Elías (1983) afirma que entre los factores que afectan la digestibilidad de la materia orgánica de los forrajes figura la maduración del material vegetal: conforme la edad aumenta, la digestibilidad disminuye. Esto podría explicar la mayor digestibilidad de las arvenses seleccionadas, que eran en su mayoría plantas jóvenes, en comparación a las arvenses colectadas que eran plantas maduras.

## **7.6 Análisis económico**

En el Cuadro 13 se desglosan los costos de producción del ciclo productivo de un año, de una hectárea de una finca cafetera en Boca del Monte -Veracruz, México, que se tomó como referencia para el análisis económico de los sistemas de producción en estudio.

**Cuadro 13. Análisis económico de una finca cafetera en Boca del Monte -Veracruz, México \*.**

CONCEPTO	DETALLE	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>EGRESOS</b>				
Fumigación control arvenses	Jornal	1	60	60
Herbicida FAENA	Litro	3	60	180
Abono 20-10-10	Kilogramo	300	2.2	660
Aplicación abono	Jornal	1	60	60
Limpieza del terreno	Jornal	16	60	960
Recolección del grano	Kilogramo	10000	0.8	8000
Chapeo post cosecha	Jornal	7	60	420
Empaque	Costal	200	0.5	100
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>				<b>10440</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta café	Kilogramo	10000	1	10000
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>				<b>10000</b>

\*Costos de una hectárea en pesos mexicanos, a noviembre de 2002.

$$\text{Relación Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{\$10000}{\$10440} = 0.9$$

Los egresos, es decir, las erogaciones o desembolsos realizados para adquirir un bien o un servicio (Brilman y Marie, 1990), sumaron en este ejercicio \$10,440, mientras que los ingresos provenientes de la venta de la producción lograda, solamente fueron \$10,000. De tal manera que la relación beneficio/costo de la finca cafetera a noviembre de 2002 indica que por cada peso invertido se recuperaron solamente 90 centavos.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Egresos}}{\text{Egresos}} * 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\$10,000 - \$10,440}{\$10,440} * 100$$

$$\text{Rentabilidad} = -4.21\%$$

La rentabilidad o rendimiento obtenido (Basaña *et al.*, 1992) durante el ciclo productivo que se estudió indica que existieron pérdidas por 4.21%, resultado que conduce a que, sin lugar a dudas, se considere ésta una alternativa no sustentable, debido a la generación de pérdidas en la unidad productiva.

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} = \$10000 - \$10440 = \$ -440/\text{ha}$$

La utilidad neta calcula las ganancias o pérdidas en una explotación (Brillman y Maire, 1990; Basaña *et al.*, 1992). La utilidad aquí expuesta indica que el sistema de producción de cafetal en una finca cafetera de Boca del Monte, Veracruz, generó pérdidas por \$ 440 por hectárea en el ciclo productivo del año 2002.

En el Cuadro 14, se desglosan los costos de producción de una hectárea de un sistema de producción de ovinos sin complementación en Boca del Monte -Veracruz, México.

**Cuadro 14. Análisis económico de un sistema de producción de ovinos en pastoreo de gramíneas sin complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México\*.**

CONCEPTO	DETALLE	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>EGRESOS</b>				
Abono 20-10-10	Kilogramo	300	2.2	660
Aplicación abono	Jornal	2	60	120
Herbicida FAENA	Litro	1	60	60
Fumigación control arvenses	Jornal	1	60	60
Limpieza del terreno y arreglo cercas	Jornal	6	60	360
Compra corderos engorda	Animal	16	150	2400
Manejo sanitario (Vacunas, vitaminas, medicamentos, veterinario)	Global	Global	Global	500
Mano de obra	Salario mensual	6	500	3000
<b>TOTAL EGRESOS</b>				<b>7160</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta de semovientes	Animal	16	600	9600
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>9600</b>

\*Costos de una hectárea en pesos mexicanos, a noviembre de 2002.

$$\text{Relación Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{\$9,600}{\$7,160} = 1.3$$

Los egresos calculados en este sistema de producción de ovinos en pastoreo de gramíneas sin complementación suman \$7,160; por otra parte, los ingresos provenientes de la venta de ovinos fueron \$9,600. Es así como la relación beneficio/costo (Brilman y Marie, 1990) del sistema de producción de ovinos sin complementación, a noviembre de 2002, señala que por cada peso invertido se puede obtener \$1.3

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\$9,600 - \$7,160}{\$7,160} * 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 34 \%$$

El rendimiento obtenido por cada peso invertido en este sistema productivo señala que se pueden generar ganancias por 34 %.

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} = \$9,600 - \$7,160 = \$2,440/ \text{ha}$$

La utilidad calculada (Brilman y Marie, 1990) para el sistema de producción de ovinos sin complemento señala que con una inversión de \$9,600 se pueden generar ganancias por \$2,440 por hectárea

En el Cuadro 15 se desglosan los costos de producción de una hectárea de un sistema de producción de ovinos con complementación en Boca del Monte -Veracruz, México.

**Cuadro 15. Análisis económico de un sistema de producción de ovinos en pastoreo de gramíneas con complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México\*.**

CONCEPTO	DETALLE	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>EGRESOS</b>				
Abono 20-10-10	Kilogramo	300	2.2	660
Aplicación abono	Jornal	2	60	120
Herbicida FAENA	Litro	1	60	60
Fumigación control arvenses	Jornal	1	60	60
Limpieza del terreno y arreglo cercas	Jornal	6	60	360
Compra corderos engorda	animal	24	150	3600
Complementación	Kilogramo	405	1.5	607.3
Manejo sanitario (Vacunas, vitaminas, medicamentos, veterinario)	Global	Global	Global	1000
Mano de obra	Salario mensual	6	500	3000
<b>TOTAL EGRESOS</b>				<b>9467.3</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta de semovientes	animal	24	600	14400
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>14400</b>

\*Costos de una hectárea en pesos mexicanos, a noviembre de 2002.

$$\text{Relación Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{\$14,400}{\$9,467.3} = 1.5$$

Los egresos (Basaña *et al.*, 1992) calculados en este sistema de producción de ovinos en pastoreo de gramíneas con complementación suman un total de \$14,400; por otra parte, los ingresos totales provenientes de la venta de ovinos fueron \$9,467.3. Es así como la relación beneficio/costo del sistema de producción de ovinos con complementación, a noviembre de 2002, señala que por cada peso invertido se puede obtener \$1.5

$$\text{Rentabilidad} = \frac{14,400 - 9,467.3}{9,467.3} * 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 52.1 \%$$

El rendimiento obtenido por cada peso invertido en este sistema productivo indica que en un ciclo productivo se pueden generar ganancias por 52.1 %.

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} = \$14,400 - \$9,467.3 = \$4,932.7/\text{ha}$$

La utilidad calculada (Brilman y Marie, 1990) para el sistema productivo cafetal – ovinos con complemento señala que con una inversión de \$9,467.3, se pueden generar ganancias por \$ 4932.7 por hectárea.

En el Cuadro 16 se desglosan los costos de producción del ciclo productivo del año 2002, de una hectárea de un sistema productivo cafetal-ovinos sin complementación en Boca del Monte -Veracruz, México.

**Cuadro 16. Análisis económico de un sistema agrosilvopastoril cafetal – ovinos sin complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México\*.**

CONCEPTO	DETALLE	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>EGRESOS</b>				
Abono 20-10-10	Kilogramo	200	2.2	440
Aplicación abono	Jornal	1	60	60
Limpieza del terreno	Jornal	1	60	60
Recolección del grano	Kilogramo	10000	0.8	8000
Chapeo post cosecha y arreglo cercas	Jornal	6	60	360
Empaque	Costal	200	0.5	100
Compra corderos engorda	animal	32	150	4800
Manejo sanitario (Vacunas, vitaminas, medicamentos, veterinario)	Global	Global	Global	500
Mano de obra	Salario mensual	6	500	3000
<b>TOTAL EGRESOS</b>				<b>17320</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta café	Kilogramo	10000	1	10000
Venta de semovientes	animal	32	600	19200
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>29200</b>

\*Costos de una hectárea en pesos mexicanos, a noviembre de 2002.

$$\text{Relación Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{\$29,200}{\$17,320} = 1.6$$

Las erogaciones (Basaña *et al.*, 1992) realizadas en este sistema productivo de café y ovinos sumaron en este ejercicio \$17,320, mientras que los ingresos provenientes tanto de la venta de la producción de café y de ovinos sumaron \$29,200. De tal manera que la relación beneficio/costo del sistema agrosilvopastoril cafetal – ovinos sin complementación, a noviembre de 2002, señala que por cada peso invertido, se obtuvo \$1.6.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{29,200 - 17,320}{17,320} * 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 68.59 \%$$

La rentabilidad (Brilman y Marie, 1990), obtenida en este sistema productivo indica que en un ciclo de producción existe un margen de ganancias de 68.59 %, resultado que permite considerar a esta como una buena alternativa.

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} = \$29,200 - \$17,320 = \$11,880/ \text{ha}$$

Los resultados obtenidos indican que el sistema de producción cafetal – ovinos sin complementación, con una inversión de \$17,320, generó ganancias por \$11,880 en el ciclo productivo del año 2002.

El Cuadro 17 señala los costos de producción del ciclo productivo del año 2002, de una hectárea de un sistema productivo cafetal-ovinos con complementación en Boca del Monte - Veracruz, México.

**Cuadro 17. Análisis de costos de un sistema agrosilvopastoril cafetal – ovinos con complementación nutrimental, en Boca del Monte -Veracruz, México\*.**

CONCEPTO	DETALLE	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>EGRESOS</b>				
Abono 20-10-10	Kilogramo	200	2.2	440
Aplicación abono	Jornal	1	60	60
Limpieza del terreno	Jornal	1	60	60
Recolección del grano	Kilogramo	10000	0.8	8000
Chapeo post cosecha y arreglo cercas	Jornal	6	60	360
Empaque	Costal	200	0.5	100
Compra corderos engorda	Animal	48	150	7200
Complementación	Kilogramo	810	1.5	1214.6
Manejo sanitario (Vacunas, vitaminas, medicamentos, veterinario)	Global	Global	Global	1000
Mano de obra	Salario mensual	6	500	3000
<b>TOTAL EGRESOS</b>				<b>21434.6</b>
<b>INGRESOS</b>				
Venta café	Kilogramo	10000	1	10000
Venta de semovientes	Animal	48	600	28800
<b>TOTAL INGRESOS</b>				<b>38800</b>

\*Costos de una hectárea en pesos mexicanos, a noviembre de 2002.

$$\text{Relación Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{\$38,800}{\$21,434.6} = 1.8$$

Los egresos (Brilman y Marie, 1990) calculados en este sistema productivo de café - ovinos con complementación suman un total de \$21,434.6, y fueron superiores a los de los ejemplos anteriores. Por otra parte, los ingresos totales provenientes de la venta de la producción de café y de ovinos fueron \$38,800, notablemente mayores a los generados en los ejemplos anteriores. Es así como la relación beneficio/costo del sistema agrosilvopastoril cafetal – ovinos con complementación, a noviembre de 2002, señala que por cada peso invertido, se puede obtener \$ 1.8

$$\text{Rentabilidad} = \frac{38,800 - 21,434.6}{21,434.6} * 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 81.02 \%$$

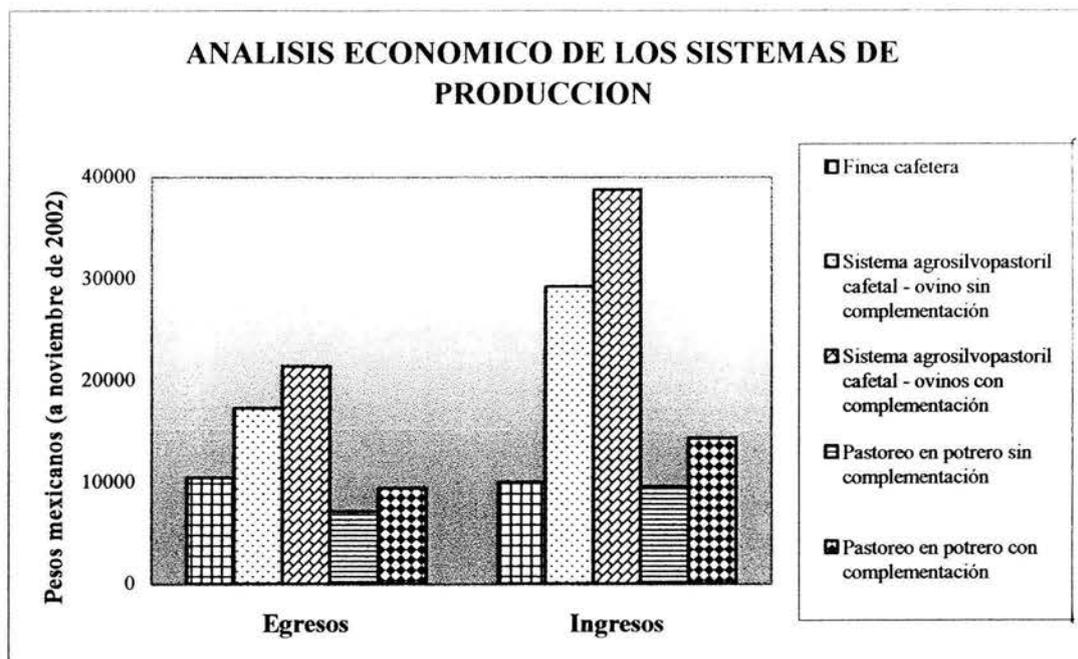
El rendimiento obtenido por cada peso invertido en este sistema productivo indica que en un ciclo productivo se pueden generar ganancias por 81.02 %. Este resultado conduce a que se considere ésta como la mejor alternativa.

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} = \$38,800 - \$21,434.6 = \$17,365.4/ \text{ ha}$$

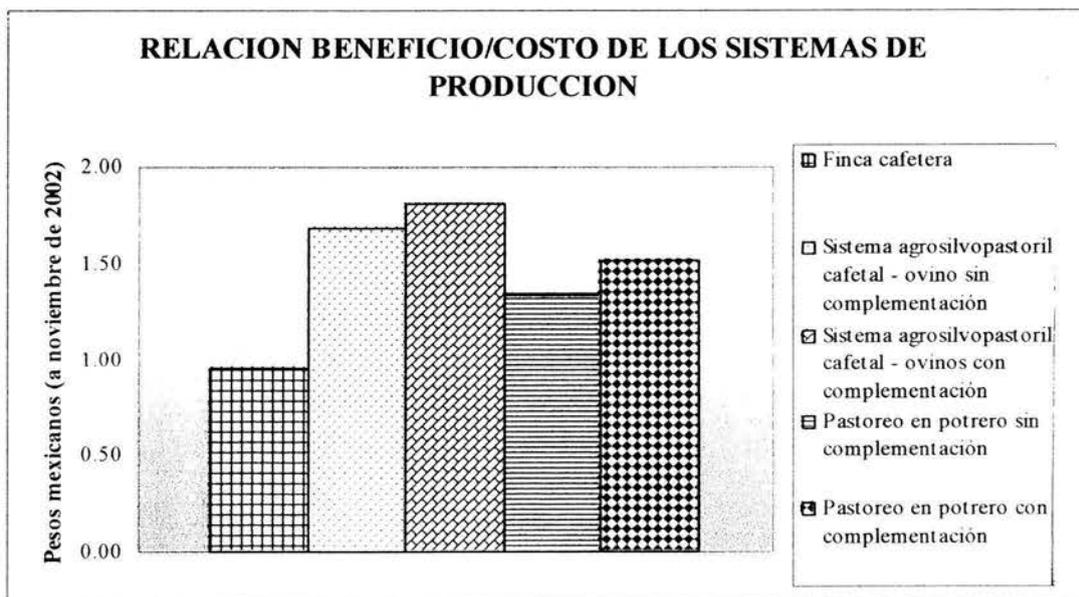
La utilidad (Basaña *et al.*, 1992) calculada para el sistema productivo cafetal – ovinos con complemento señala que con una inversión de \$38,800 se pueden generar ganancias por \$17,365.4 por hectárea.

Tomando como base los resultados de los ejemplos anteriores, se tiene que, en todos los casos, los resultados son favorables y superiores en el sistema agrosilvopastoril cafetal - ovinos con complementación, lo cual permite considerar ésta como la mejor opción, la alternativa más viable y, por ende, la seleccionada. En los sistemas agrosilvopastoriles el ovino por su venta se convierte en un importante generador de recursos económicos, adicionales a los que el productor obtiene por concepto de la producción de café por si sola.

En la Figura 6 se representa el análisis económico y en la Figura 7 se representa la relación beneficio - costo de los sistemas de producción del presente estudio.

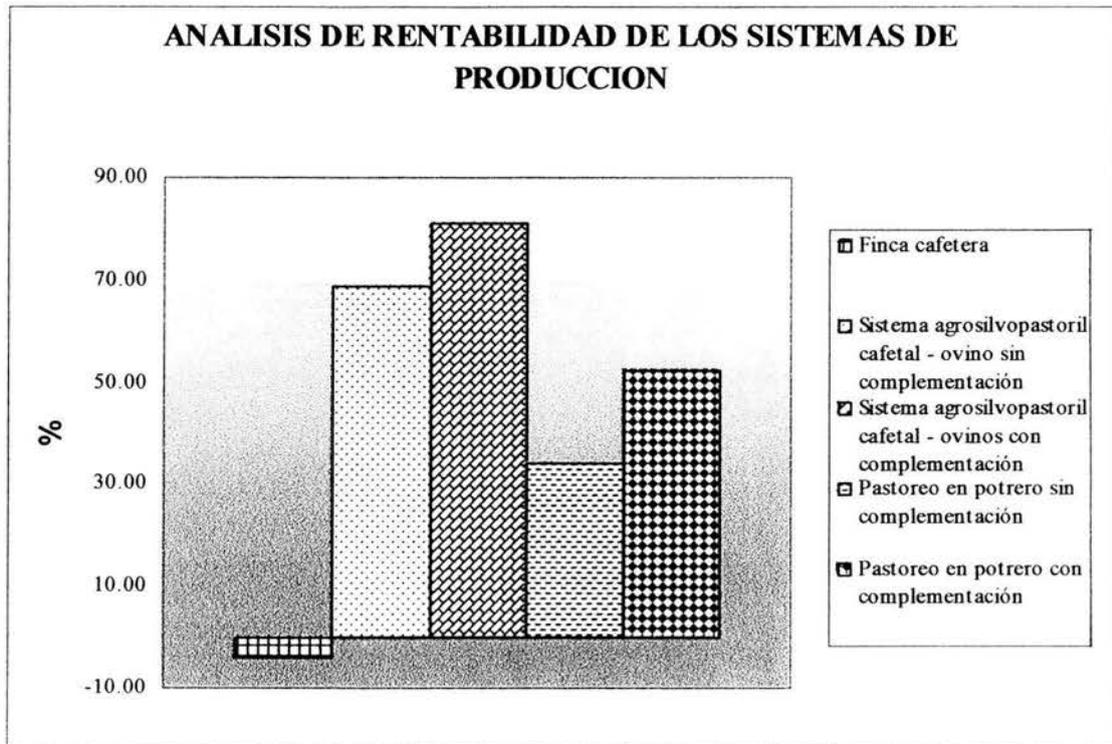


**Figura 6. Análisis económico de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificado, con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutricional.**



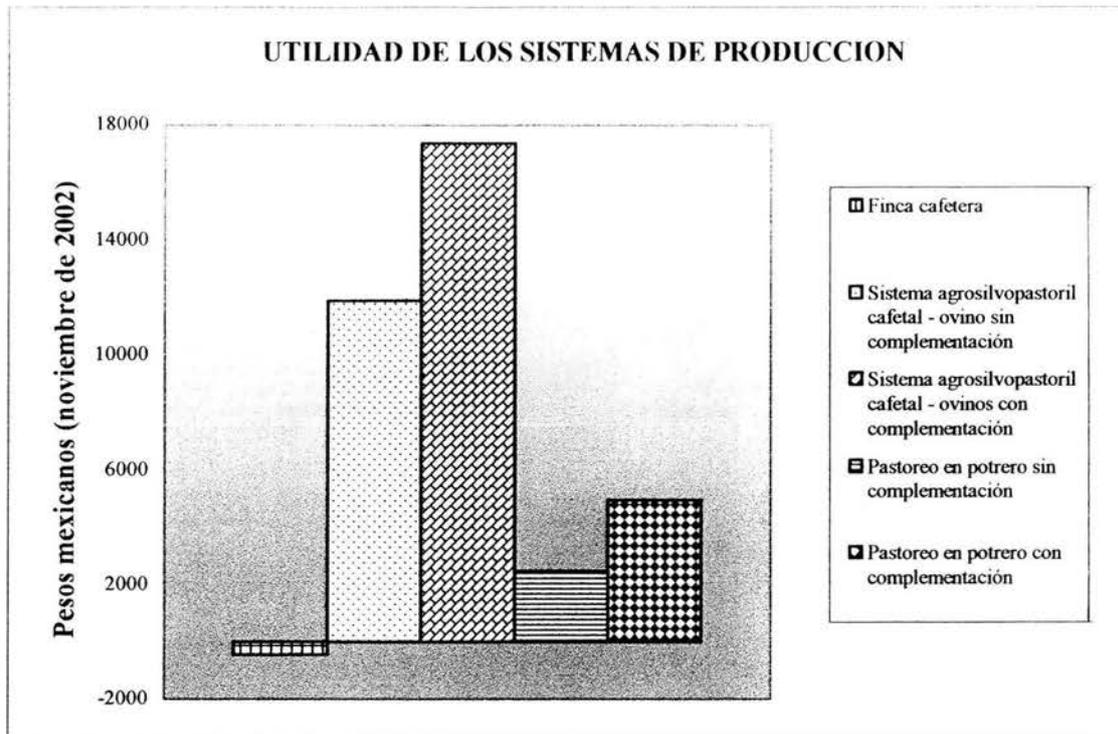
**Figura 7. Relación beneficio - costo de los sistemas de producción de café y de ovinos con y sin complementación.**

En la Figura 8 se puede observar el análisis de rentabilidad de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificados con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutrimental



**Figura 8. Análisis de rentabilidad de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificados con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutrimental.**

En la Figura 9 se puede observar la utilidad de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificados con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutrimental



**Figura 9. Utilidades de los sistemas de producción exclusiva de café y diversificados con la inclusión de ovinos con y sin complementación nutrimental**

## 8. CONCLUSIONES

El valor nutricional de las arvenses fue superior a las gramíneas del potrero, forraje generalmente utilizado en los sistemas de producción ovina extensiva en Huatusco, Comapa, Veracruz. Esta zona se caracteriza por el desarrollo de la actividad cafetera, por lo que el control biológico de las arvenses, por medio del pastoreo de ovinos, favorece la calidad de la dieta, mejorando las variables productivas, diversifica y hace más eficiente la unidad productiva. Así mismo, la respuesta productiva que se obtiene con una pequeña complementación es superior a la de animales en pastoreo en potrero de gramíneas establecidas, incluso, recibiendo la misma complementación.

Los resultados obtenidos con el presente trabajo permiten concluir que es factible, económicamente rentable y agronómicamente benéfico mantener rebaños ovinos pastoreando arvenses en cafetales. En el cafetal los ovinos se convierten en herramientas para el control biológico de arvenses con muy buenos resultados, tanto económicos como ecológicos, tanto para la explotación pecuaria como para el cultivo.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre el pastoreo de ovinos en cafetales, como una técnica práctica, regida por principios de sostenibilidad y rentabilidad, en diferentes etapas de la producción del café.
2. Continuar la realización de trabajos de investigación con arvenses de diferentes cultivos y regiones, corroborando su importancia agronómica y ecológica
3. Proponer a las arvenses como materia prima no convencional, aprovechando sus características nutrimentales y de digestibilidad, como parte de dietas que cubra los requerimientos de los animales, permitiendo obtener resultados productivos comparables o superiores a los obtenidos bajo sistemas de explotación tradicionales, con el objetivo de implementar alternativas de producción, ecológicamente sostenibles y económicamente rentables

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, M., Mertens, D. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *Journal of Nutrition* 118: 261-270.
2. Alley, J., Garret, H., Mc Graw, R., Dwyer, J., Blanche, C. 1999. Forage legumes as living mulches for trees in agroforestry practices. *Agroforestry Systems* 44: 281- 291.
3. Alm, U., Birgersson, B., Leimar, O. 2002. The effect of food quality and relative abundance on food choice in fallow deer. *Animal Behaviour* 64: 439-445.
4. Alvarez, G., Melgarejo, L., Castañeda, Y. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Revista Veterinaria México* 34: 39-46.
5. Apráez, E., Rodríguez, P. 2001. Arvenses de clima frío, su valor nutritivo y digestibilidad en cuyes (*Cavia porcellus*). Editorial Universitaria Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
6. Arnold, W. 1981. *Grazing Animals. Grazing Behaviour.* World Animal Science. Melbourne, Australia. 101p.
7. Arnold, W., Dudzinski, L. 1978. *The Ethology of free-ranging domestics animals.* Elsevier, Amsterdam. 198p.
8. Arnold, W., Pahl, J. 1974. Some aspects of social behaviour in domestic sheep. *Animal Behaviour* 22: 592-600.
9. Arroyo, A. 2001. Pastoreo de ovinos de pelo en una plantación de cítricos en Martínez de la Torre, Veracruz. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. México.
10. Arsenos, G., Emmans, G., Kyriazakis, I. 2000. Variation between individuals and the consequences for diet selection by groups of animals. *Animal Behaviour* 60: 811-820.
11. A.O.A.C. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST). 1990. *Official Methods of analysis.* Edited by Kenneth Heirich, Washington. 689p.
12. Balée, W., Gély, A. 1989. Management forest succession in Amazonian: The Ka'apor case. *Resources management in Amazonian: indigenous and folk strategies.* *Advances in economic botany* 7: 129-158.

13. Bartra, A. 1999. El aroma en la historia social del café. En: La jornada del Campo. 28p.
14. Basaña, E., Bruno, N. Y González, R. 1992. Temas de administración financiera. Editorial Macchi. Buenos Aires, Argentina. 329p.
15. Bastín, R. 1970. Tratado de fisiología vegetal. Editorial Cesca, Barcelona, España. 452p.
16. Bayourthe, C., Moncoulon, R., Enjalbert, F. 2000. Effect of particle size on in situ ruminal disappearances of pea (*Pisum sativum*) organic matter, proteins and starch in dairy cows. *Journal of Animal Science* 80: 203-206.
17. Beever, D., Mould, F. 2000. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: Forage evaluation in ruminant nutrition. CABI Internacional. p.p 15-42.
18. Benavides, J. 1994. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central, un enfoque agroforestal. *El Chasqui*. 25: 6-36.
19. Benezra, M. 1987. Alimentación de ovinos con recursos no tradicionales. Taller de utilización de la oveja en la limpieza de cafetales. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 73p.
20. Birrell, H. 1991. The effect of stocking rate on the grazing behaviour of Corriedale sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 321-331.
21. Boissy, A., Dumont, B. 2002. Interactions between social and feeding motivations on the grazing behaviour of herbivores: Sheep more easily split in subgroups with familiar peers. *Applied Animal Behaviour Science* 79: 233-245.
22. Brillman, J., Maire, C. 1990. Manual de valoración de empresas. Editorial Díaz de Santos, S.A. Madrid, España. 367p.
23. Buff, W., Vander, D. 1998. Giftflanzen in Natur. Paul Paray, Alemania. 149p.
24. Caballero, J., Cortes, L. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. Estudios sobre las relaciones entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. p.p 81-100.
25. Carballido, G., Reyes, D., Valdez, R. y Díaz, N. 1980. Guía de planeación y control de las actividades apícolas. Fondo de Economía. México. 141p.

26. Church, C., Pond, G. 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 1ª Edición. Editorial Limusa. México, D.F. 438p.
27. Consejo Nacional de Investigación, Consejo de Agricultura, Subcomité de Plantas Nocivas. 1980. Plantas nocivas y como combatirlas. Ciudad de México, México. Editorial Limusa. p.p 25-53.
28. Consejo Nacional de Investigación, Consejo de Agricultura, Subcomité de Plantas Nocivas. 1990. Plantas nocivas y como combatirlas. Vol. II. Ciudad de México, México. Editorial Limusa. p.p 111-322.
29. Cooper, J., Gordon, I., Pike, A. 2000. Strategies for the avoidance of faeces by grazing sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 69: 15-33.
30. Cooper, M. y Thomas, R. 1990. Producción del cordero. Biblioteca Agrícola AEDOS. Barcelona, España. 195p.
31. Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, USA. 1262p.
32. Dall, S., Mc Namara, J., Cuthill, I. 1999. Interruptions to foraging and learning in a changing environment. *Journal of Animal Behaviour* 57: 233-241.
33. Dantzer, R. 1993. Stress in farm animals: a need for re-evaluation. *Journal of Animal Science* 57: 6-18.
34. De Lucas, J., Arbiza, S. 2000. Producción ovina en el mundo y México. México D.F. Editores Mexicanos Unidos.
35. De Lucas, J., Zarco, L., Gonzáles, E., Tortora, J., Villagodoy, A., Vásquez, C. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Revista Veterinaria México* 34: 235-245.
36. Devendra, C. 1995. Composition and nutritive value of browse legumes. In: *Tropical legumes in animal nutrition*. Eds. D' Mello, J. and Devendra, C. CAB International. Singapore. p.p 49 – 66.
37. Domínguez, X. 1974. Métodos de investigación fitoquímica. México, Limusa. 211-226.

38. Dumont, B., Gordon, I. 2003. Diet selection and intake within sites and across landscapes. In: VI international Symposium on the Nutrition of Herbivores. Yucatán, México.
39. Duncan, A., Ginane, C., Gordon, I., Orskov, E. 2003. Why do herbivores select mixed diets? In: VI international Symposium on the Nutrition of Herbivores. Yucatán, México.
40. Early, D., Provenza, F. 1998. Food flavor and nutritional characteristics alter dynamics of food preference in lamb. *Journal of Animal Science* 76: 728-734.
41. Elías, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes. En: Los pastos en Cuba. Editorial Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p.p 187 – 246.
42. Esquivel, E. 1999. Estudio de las especies arvenses de la familia *Asteraceae* en el departamento del Tolima, Colombia. Universidad del Tolima, Colombia.
43. Ferrer, Y. 2002. El fin de la prosperidad. En: El Tiempo. Economía. Santafé de Bogotá, Colombia, 8p.
44. Fischler, M., Wortmann, C. 1999. Green manures for maize-bean systems in eastern Uganda: Agronomic performance and farmers perceptions. *Agroforestry Systems* 47: 123-138.
45. Flores, J. 1980. Bromatología animal. Editorial Limusa, México. 450p.
46. Flores Menéndez, J. 1987. Manual de Alimentación Animal. Ediciones Ciencia y Técnica S.A. Naucalpan, México. p.p 571-761.
47. Foley, W., Gleen, R., Mc Arthur, C. 1979. Role of plant secondary in metabolites in the nutritional ecology of mammalian herbivores. Australian National University. 130p.
48. Forero, R. 2001. Revolucionaria biotecnología tropical. Agricultura de sol y de malezas. IICA. Santafé de Bogotá, Colombia. p.p 1-9.
49. Fryer, Y., Evans, S. 1968. Weed control handbook. Blackwell Scientific Publication. Oxford, 482p.
50. Gabaldon, L., Combellas, J. 2000. Ovejas pastoreando malezas. *Zootecnia Tropical* 18: 277-285.

51. Galindo, W., Rosales, M., Murgueitito, E., Larrahondo, J. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de Guamo, Nacedero y Matarratón, *Livestock Research for Rural Development* 1: 1-10.
52. Gallagher, R., Fernandez, E., Mc Callie, E. 1999. Weed management through short-term improved fallows in tropical agroecosystems. *Agroforestry Systems* 47: 197-221.
53. García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
54. Goering, K., Van Soest, P. 1970. Forage fibre analysis (apparatus, reagentes, procedures and some applications). USDA. Washington, USA. *Agriculture hand book* 379: 234-276.
55. Gomez, A., Rivera, P. 1995. Descripción de arvenses en plantaciones de café. Cenicafé, Colombia. 490 p.
56. González, A. 1989. Plantas tóxicas para el ganado. Editorial Limusa. México. 273p.
57. González, R., Torres, G., Castillo, M. 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Revista Veterinaria México* 33: 443-453.
58. Grandín, T. 2000. Principios de comportamiento animal para el manejo de bovinos y otros herbívoros en condiciones extensivas. *Livestock Handling and Transport*. 2: 63-85.
59. Hagerman, A., Robins, C., Weerasuriya, Y. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *Journal of range manage* 45: 57-62.
60. Harrington, D., Durrel, W. 1957 *How to identify plants*. The swallow press. Chicago, USA. 230p.
61. Hernandez, I., Milera, M., Simón, L., Hernández, D., Iglesias, J. 2001. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. Estación Experimental de pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p.p 38-49.
62. Huffaker, C. 1975. Control biológico de plagas de insectos y malas hierbas. Compañía Editorial Continental. México. 274p.

63. Huntington, J., Givens, D. 1995. The *in situ* Technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews* 65: 74-89.
64. Hutchings, M., Gordon, I., Kyriazakis, I., Jackson, F. 2001. Sheep avoidance of faeces-contaminated patches leads to a trade- off between intake rate of forage and parasitism in subsequent foraging decisions. *Journal of Animal Behaviour* 62: 955-964.
65. Inglis, I., Langton, S., Forkmant, B., Lazarus, J. 2001. An information primacy model of exploratory and foraging behaviour. *Journal of Animal Behaviour* 62: 543-557.
66. Johnson, R. 1966. Techniques and procedures for *in vitro* and *in vivo* rumen studies. *Journal of Animal Science* 25: 835-875.
67. Jurado, R 1989. *Toxicología Veterinaria*. Editorial Salvat. Barcelona, España, 219p.
68. Kempton, T. 1980. El uso de bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. *Journal of Tropical Animal Production* 5:115-126.
69. Klingman, G., Ashton, F. 1980. *Estudios de las plantas nocivas*. Editorial Limusa, México. p.p 2-53.
70. Khorasani, G., Helm, J., Kennelly, J. 2000. *In situ* rumen degradation characteristics of sixty cultivars or barley grain. *Journal of Animal Science* 80: 691-701.
71. Kibon, A., Orskov, E. 1993. The use of degradation characteristics of browse plants to predict intake and digestibility by goat. *Journal of Animal Production* 57: 247-251.
72. La Jornada. 2002. Política. Cafeticultores reciben solo 6% de las ganancias por exportación: Confederación Nacional Campesina. México, noviembre 21. p.12.
73. Lemon, C. 2000. Fitness consequences of foraging behaviour in the zebra finch. *Nature* 352: 153-155.
74. León, J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. Instituto Interamericano de Cooperacion para la agricultura. San José de Costa Rica. 432p.
75. Liceaga, D., Rodríguez, F., Ramírez, A. 1991. Respuesta de borregos Pelibuey a distintas combinaciones de melaza y gallinaza en dietas integrales. *Tecnología Pecuaria México* 29: 105-110.

76. Ligout, S., Porter, R. 2003. Social discrimination in lambs: the role of indirect familiarization and methods of assessment. *Journal of Animal Behaviour* 65: 1109-1115.
77. Liu, J., Mc Meniman, P. 2001. Effect of supplementation with a by product of molasses fermentation or a non-protein nitrogen/mineral mix on feed intake and microbial protein supply in sheep consuming chopped oat (*Avena sativa*) hay. *Small Ruminant Research* 41: 229-233.
78. Lynch, J., Wood-Gush, G., Davies, H. 1985. Aggression and nearest neighbours in a flock of Scottish Blankfase ewew. *Biology Behaviour* 10: 215-225.
79. López, L., Benezra, M. 1986. Efecto del ovino sobre las plantas de café y su producción, y sobre la cubierta herbácea cuando pastorea dentro de cafetales. Estación Experimental "Jaime Henao Jaramillo", Universidad Central de Venezuela. 15p.
80. Loker, M. 1994. Where is the beef? Incorporating cattle into sustainable agroforestry systems in the Amazon Basin. *Agroforestry Systems* 25: 227-241.
81. Maldonado, Y. 2001a. Potencial de la Halofita *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt para la alimentación animal en zonas áridas y semiáridas de México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 99p.
82. Maldonado, M. 2001b. Evaluación de leñosas forrajeras tropicales para la alimentación de rumiantes en el estado de Tabasco. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 63p.
83. Maynard, A., Loosli, K., Hintz, F., Warner, G. 1986. *Nutrición Animal*. Editorial Mc Graw Hill. México,
84. Mejía, C., Vargas, J. 1993. Análisis de selectividad de ovejas africanas con cuatro tipos de forrajes. *Livestock Research for Rural Development* 5: 3-10
85. Mekasha, Y., Tegegne, A., Yami, A., Umunna, N. 2002. Evaluation of non-conventional agro-industrial by-products as supplementary feeds for ruminants: *In vitro* and metabolism study with sheeps. *Small Ruminant Research* 44: 25-35.
86. Mertens, D. 1993. Rate and extend of digestion. In: *Aspects of ruminant digestion and metabolism*. CABI International. p.p 13-51.

87. Mertens, D. 1977. Dietary fiber components: Relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Feed production* 36: 187-192.
88. Mertens, D. 2003. New methods discussed for measuring, modeling fiber. *Feedstuffs* 3: 14-26.
89. Mertens, D., Ely, L. 1982. Relationship of rate and extent to forage utilization, a dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science* 54: 895-905.
90. Milera, M., Soca, M., González, E., López, O., Penton, M., Penton, G. 2002. Manejo de rumiantes en sistemas de pastoreo biodiversificado. Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Cuba. 23p.
91. Minson, D., McLeod, M. 1972. The *in vitro* technique: Its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture sample. In: Division of Tropical Pasture. Technical paper No. 8. Research Organization, Australia.
92. Mirron, J., Torres, J., Marcos, C., Zaragoza, J. 2001. Efecto del pastoreo de ovinos en la compactación del suelo en una finca cafetalera de Veracruz. Universidad Autónoma de Chapingo. Veracruz, México. 12p.
93. Monroe, E., Wall, E., Rolland, L. 1952. Detection and estimation of steroidal saponin in plant tissue. *Journal of Chemistry Analysis* 24: 1337-1341.
94. Muller-Harvey, I. 1999. Tannins: Their nature and biological significance. In: Secondary plants products. Nottingham University Press. United Kingdom. p.p 21-31.
95. Muñoz, M., Grande, C., Nahed, J., Sánchez, A., Aguilar, C., Perez-Gil, F. 2000. Participación de Pastoras Tzotziles en la evaluación del follaje de la arborea *Buddleja cordata* con ovinos en pastoreo tradicional. División de Sistemas de Producción, ECOSUR. México.
96. Navarro, J. 1999. Nutrición Animal. Santafé de Bogotá, Colombia. *Revista del Campo* 65: 2-14.
97. Nahed, J., Aleman, T., Jimenez, G., Lopez-Tirado, Q., Grande, D., Sangines, L., Perez-Gil, F., Parra, R. 2001. Etapas y unidades de análisis para la investigación en Sistemas Agrosilvopastoriles. México.
98. Nishimoto, K. 1996. Manejo de las malezas en plantaciones de cafeto. In: Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO, Roma, Italia. p.p 42-63.

99. Norton, B. 1994. Tree legumes as dietary supplements for ruminants. In: Gutteridge, R., Shelton H. editors. Forage tree legumes in tropical agriculture. CAB International, Wallingford. p.p 200-215.
100. Norton, B., Poppi, D. 1995. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. In: Tropical legumes in animal nutrition. Editors. D' Mello, J. and Devendra, C. CAB International. Singapore. p.p. 23 – 48.
101. Orskov, E. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livestock Production Science* 39: 53-60.
102. Orskov, E., Mc Donald, D. 1979. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92: 499-503.
103. Orskov, E., Hobell, F., Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción animal en el Trópico* 5: 213-233.
104. Osorio, N. 2002. La crisis mundial del café: una amenaza al desarrollo sostenible. Organización Mundial del Café. Cumbre Mundial sobre el desarrollo sostenible. Londres, Inglaterra. 76p.
105. Padilla-Goyo, E. Castellanos, A., Canton, J., Moguel, Y. 2001. Impacto del uso de niveles elevados de excretas animales en la alimentación de ovinos. *Livestock Research for Rural Development* 12: 23-31.
106. Parson, A., Newman, J., Penning, P., Harvey, A., Orr, R. 1994. Diet preference of sheep: effects of recent diet, physiological state and species abundance. *Journal of Animal Ecology* 63: 465-478.
107. Petrina, A. 2002. Etología. Capítulo I. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad de Río Cuarto. Córdoba, Argentina. p.p 8-32.
108. Pezo, D., Ibrahim, M. 1999. Sistemas Silvopastoriles. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. 260p.
109. Plaizier, J., Keunen, J., Walton, J., Duffield, T., Mc Bride, B. 2001. Effect of subacute ruminal acidosis on in situ digestion of mixed hay in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 81: 312-322.

110. Poppi, D., Norton, B. 1995. Intake of tropical legumes. In: D'Mello J., Devendra, C. editors. Tropical Legumes in Animal Nutrition. CAB International Wallingford. p.p 73-189.
111. Preston, R. 1995. Tropical Animal Feeding. A manual for research workers. FAO Animal production and health paper 126. Roma, Italy. 305p.
112. Preston, R., Leng, R. 1984. Supplementation of diets based on fibrous residues and byproducts. Straw and other fibrous byproducts as feed. Elsevier Press, Netherlands. 373p.
113. Preston, R., Murgueitio, E. 1995. Tree and shrub legumes as protein sources for livestock. Forage legumes in Animal Nutrition. CAB Internacional, Wallingford. p.p 191-243p.
114. Provenza, F. 1994. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference of sheep: effects of recent diet, physiological state and species abundance. Journal of Animal Ecology 48: 2-17.
115. Provenza, F., Pfister, J., Cherney, D. 1992. Mechanisms or learning in diet selection with reference to phytotoxicosis in herbivores. Journal Range Management 42: 45-61.
116. Provenza, F., Villalba, J., Cheney, C., Werner, S. 1998. Self organization of foraging behaviour: From simplicity to complexity without goals. Nutrition Review 11: 199-222.
117. Puga, C., Galina, M., Pérez Gil, F., Rosado, J., Murillo, J. 2001a. Efecto de un alimento complejo catalítico en el pH, el amoniaco ruminal y la desaparición *in situ* de la materia seca en cuatro pastos. Pastos y forrajes 24: 157-166.
118. Puga, C., Galina, M., Pérez Gil, F., Sanginés, L., Aguilera, A., Haenlein, W., Barajas, R., Herrera, G. 2001b. Effect of a controlled-release urea supplementation on feed intake, digestibility, nitrogen balance and ruminal kinetics of sheep fed low quality tropical forage. Small Ruminant Research 41: 9-18.
119. Reed, J. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related poliphenols in forage legumes. Journal of Animal Science 73: 1516-1528.

120. Ried, L., Mills, C. 1962. Studies of carbohydrate metabolism in sheep. The adrenal response to physiological stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 13: 282-294.
121. Ríos, C., Salazar, A. 1995. Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 3: 6-12.
122. Rivera P. 2002. Manejo integrado de arvenses en cultivos de ladera de la región cafetera colombiana como práctica sostenible de los recursos suelo y agua. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal, Santa Marta, Colombia. p.p 104-126.
123. Rivera P. 1997. Arvenses y su interferencia en el cultivo del café. *Avances Técnicos Cenicafe* 237:1-8.
124. Rodríguez, B. 2001. Caficultura en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Veracruz, México. p.p 12-29.
125. Rosales, M. 1999. Mezclas de forrajes. Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO, Roma, Italia. 201p.
126. Rosales, M. 2000. Quantification of tannins in tree foliage. Joint FAO/IAEA division of nuclear techniques in food and agriculture. Vienna. 26p.
127. Russell, J., Wilson, D. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science* 79: 1503-1509.
128. SAGARPA. 2003. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2001. Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera. México. 20p.
129. Sánchez, M. 2001. Sistemas Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO. Roma. p.p 3-9.
130. Sánchez, F. 1999. Ovinos asociados al café: Diversificación y control de malezas. Venezuela, *Fonaiap Divulga* 23: 62-70

131. Sanginés, L. 1998. Efecto de la suplementación de *Atriplex canescens* sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 89p.
132. Sanginés, L. 2001. Potencial nutricional del follaje de *Buddleja Skutchii* (hojas y peciolos) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables ruminales. Tesis de Doctorado. Universidad de Colima. México. 99p.
133. SAS. SAS/STAT. 1985. Guide for personal computers. (versión 6 edition). SAS Institute Inc. N.C. 1686p.
134. Savory, A., Butterfield, J. 1998. Holistic management. Island Press, Washington, USA. p.p. 345 – 430.
135. Schroeder, J. 1994. Interpreting forage analysis. North Dakota State University. NDSU Extension Service. 10p.
136. Scott, L., Provenza, F. 1998. Variety of foods and flavors affects selection of foraging location by sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 61: 113-122.
137. Segura, V., Tepal, J., Carvajal, J. 2000. La pollinaza como fuente de nitrógeno para rumiantes en pastoreo. *Livestock Research for rural development* 2: 12-18.
138. Sibbald, A., Shellard, L., Smart, T. 2000. Effects of space allowance on the grazing behaviour and spacing of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 70: 49-62.
139. Sih, A., Christensen, B. 2001. Optimal diet theory: When does it work, and when and why does it fail? *Journal of Animal Behaviour* 61: 379-390.
140. Silva, B., Cañón, J. 2000. Análisis de variables categóricas mediante el procedimiento Catmod de SAS: Aplicación a datos de cruzamiento industrial en bovinos. UCM, Madrid, España. 12p.
141. Singh, B., Makkar, P., Negi, S. 1992. The kinetics of digestion in ruminants. A review. *Indian Journal of Dairy Science* 46: 90-99.
142. Smith, W., Goering, K., Waldo, R., Gordon, H. 1971. *In vitro* digestion rate of forage cell wall components. *Journal of Dairy Science* 54: 1-6.
143. Soita, H., Christensen, D., Mckinnon, J., Mustafa, A. 2002. Effects of barley silage of different theoretical cut length on digestion kinetics in ruminants. *Journal of Animal Science* 82: 212-219.

144. Steel, G. y Torrie, H. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Mc Graw Hill, Santafé de Bogotá, Colombia. 250p.
145. Theodorou, M., France, J. 1993. Rumen microorganism and their interactions. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CAB International. Cambridge, England. p.p 146-163.
146. Tilley, J., Terry, R. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of British Grassland Society 18: 104-111.
147. Toledo, V., Ortiz, B., Medellín-Morales, S. 1994. Biodiversity islands in a sea of pasturelands: indigenous resource management in the humid tropics of México. Etnoecology 3: 37-49.
148. Toral, O., Machado, R., Wencomo, H., Roche, R., González, E. 2001. Metodología para la colecta y evaluación de especies arbóreas y arbustivas útiles a la ganadería. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 24p.
149. Torres, J. 2001. Producción y calidad de arvenses en el agroecosistema naranja-ovinos en Veracruz, México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 12p.
150. Torres, A., Miron, A., Zaragoza, J. 2001a. Conducta nutricional de ovejas en un cafetal. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 10p.
151. Torres, A., Mirron, A., Marcof, C., Zaragoza, J. 2001b. Efecto del pastoreo de ovinos en la compactación del suelo en una finca cafetalera de Veracruz. En: II Reunión Nacional sobre sistemas Agro y Silvopastoriles. México.
152. Udden, J., Van Soest, P. 1984. Investigation of the *in situ* bag technique and a comparison of the fermentation haiffers, sheep, ponies and rabbits. Journal of Animal Science 58: 21-31.
153. Urbano Terrón, P. 1992. Tratado de Fitotecnia general. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. p.p. 737-773.
154. Van Soest, P. 1982. Nutritional ecology of ruminant. O&B Books, Inc. USA. 374p.
155. Van Soest, P., Robertson, J., Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal. Journal of Dairy Science 74: 3583-3596.

156. Waldo, R., Smith, W, Cox, L. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science* 55: 125-129.
157. Ward, G., Old, A., Greathouse, A., Coveny, D. 1979. Cement kiln dust in finishing lamb diets. *Journal of Animal Science* 49: 637-646.
158. Wells, J., Russell, J. 1996. Why do many ruminal bacteria die and lyse so quickly? *Journal of Dairy Science* 79: 1487-1495.
159. Wheeler, W. 1979. Influence of cement kiln dust on reticulorumen parameters of beef steers feed complete diets. *Journal of Animal Science* 49: 1364-1377.
160. Wheeler, W., Noller, H., White, L. 1981. Comparison between limestone and cement kiln dusts of similar rates of reactivity used in high concentrate diets for beef steers. *Journal of Animal Science* 52: 873-883.
161. Vanzant, E., Cochran, R., Fitgemeyer, E. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science* 76: 2717-2729.

*Al añorar mi Botanilla, acausitada de los chilacuanes  
del dulce olor de los arrayanes, el cueche sobre el Galeras,  
mi árbol de motilones y peludos frailejones,  
ésta guagua achilada, limpio amartelada de los cunches de mamita,  
después de las borondas, te devuelve no de pucho en pucho,  
sino por chutadas, las uyanzas, pues me aguardaste.  
Breve, a la albita vuelvo, con la bendición de la Michita,  
para verte mas alhajita, tupida de minancures, de curillos y guaguitas.*

*Paulina*