



---

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC.

LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO

ZOOTECNISTA

**COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE BOVINOS LECHE  
EN PASTOREO, EN ZACAZONAPAN, MÉXICO.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ANDRÉS OSORIO GONZÁLEZ.

**Temascaltepec, México, julio 2018.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC.

LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO

ZOOTECNISTA

**COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE BOVINOS LECHE  
EN PASTOREO, EN ZACAZONAPAN, MÉXICO.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

ANDRÉS OSORIO GONZÁLEZ.

DIRECTOR DE TESIS:

PH. D. BENITO ALBARRÁN PORTILLO.

ASESOR DE TESIS:

DRA. EN C.A.R.N. ISELA GUADALUPE SALAS REYES

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ.

**Temascaltepec, México, julio 2018.**

## **Dedicatoria**

A mis padres, por bríndame su apoyo a lo largo de todos mis estudios y poder cumplir satisfactoriamente este objetivo que fue terminar mi carrera, gracias papas los amo.

A mis hermanos, Yesenia, salvador, Edgar, Manuel, por su gran apoyo en situaciones difíciles durante la carrera, por sus regaños consejos, gracias.

A dios, por darme la fe y la fortaleza necesaria para poder terminar esta gran meta.

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue, determinar la Composición botánica de la dieta (CBD) de bovinos leche en pastoreo, durante la época de secas, en el municipio de Zacazonapan localizado al suroeste del Estado de México, a 19°00' latitud norte y 100°12' latitud oeste, a una altura de 1,470 msnm. El clima predominante es cálido subhúmedo con humedad moderada, la temperatura media anual es de 23°C, con una temperatura máxima anual de 31°C y mínima de 15°C y una precipitación de alrededor de 1,115 mm anuales. El estudio se llevó a cabo durante la época de estiaje (12 de febrero-mayo 2015) caracterizada por la suplementación con concentrados a las vacas en lactación, con una baja disponibilidad y calidad del forraje. Los periodos experimentales fueron de 7 días, iniciando en el mes de febrero de 2015 que es el inicio de la época crítica por la escasez de forraje, y prolongándose hasta el mes de mayo o bien al inicio de la época de lluvias. Se utilizó la técnica de microhistología vegetal como herramienta para determinar la CBD. Además se determinó la composición botánica de la pradera (CBP). Las especies encontradas en la CBP, se identificaron cinco tipos de pastos tales como: *Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum*, *Paspalum convexum*, *Andropogon gallanus* y *B. humidicola*. Además, se identificó la presencia de cultivo de maíz (*Zea maíz*). En relación a especies herbáceas se identificó *Aeschynomene* sp., *Bidens pilosa*, e *Ipomea tricolor*. Las arbóreas no se encuentran reportadas en la CBP. En cuanto a los resultados de la CBD de la dieta de vacas de doble propósito en pastoreo extensivo expresado en porcentaje por mes, donde se observa consumo de *C. plectostachyus*, *P. notatum*, *P. convexum*, *C. alata*, *Z. maíz*, *P. dulce*, *A. farnesiana* y *A. gallanus*. A partir de la técnica de microhistología se determinó que la leguminosa *C. plectostachyus* es componente necesario de las vacas en pastoreo en zacazonapan, por lo que se pueden implementar estrategias, para incrementar la presencia de esta leguminosa en el potrero, obteniendo grandes beneficios como proveer a los animales, forraje de buena calidad, ayudando a un potencial incremento en los rendimientos de producción de los animales

## **Agradecimientos**

De Andrés Osorio González

A la Universidad Autónoma del Estado de México por abrirme sus puertas ayudándome en mi formación profesional, para ser una mejor persona útil para la sociedad.

A mi director de tesis, Ph. D. Benito Albarrán Portillo, por su apoyo en la elaboración de la presente tesis y por sus enseñanzas durante mis estudios de licenciatura, gracias Doc.

A mi asesora de tesis, D en CARN. Isela Guadalupe Salas Reyes, por su gran apoyo en la elaboración de la presente tesis, por su paciencia y sobre todo por su amistad, gracias ise.

A todos mis profesores de la licenciatura, por brindarme todo su apoyo, por su paciencia, gracias.

A mis padres, por todo su esfuerzo, consejos y regaños que contribuyeron incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos, gracias papas (Andrés Osorio Campos, Maura González Osorio), los amo.

A mis hermanos, por gran ayuda, consejos y el apoyo brindado durante mi carrera, gracias (Yesenia Osorio González, salvador Osorio González, Edgar Wilfrido Osorio González, Manuel Alberto Osorio González).

A dios y a la virgen de Guadalupe por darme fortaleza durante las adversidades encontradas durante la carrera.

A todos mis compañeros de la carrera, que me brindaron su amistad sincera, gracias por los buenos momentos que hemos compartido especialmente a mis amigos.

A los que no creyeron en mí, porque me dieron fuerza para seguir adelante y no darles el gusto de verme fracasar.

## CONTENIDO

Dedicatoria .....	i
Resumen .....	ii
Agradecimientos.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	3
III. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	5
3.1. Panorama de la industria lechera.....	5
3.1.1 La producción de leche en el mundo .....	5
3.1.2 La leche en la alimentación humana .....	7
3.1.3. Situación actual de la lechería en México .....	8
3.1.4. Importancia de la producción de leche en México .....	9
3.1.5. Principales estados en producción de leche de bovino .....	11
3.1.6. Importaciones .....	14
3.2. Sistemas de producción de ganado bovino en México .....	14
3.2.1. Sistema de producción especializado.....	15
3.2.2. Sistema de producción semiespecializado .....	15
3.2.3. Sistema de pequeña escala ó lechería familiar .....	16
3.2.4. Sistemas doble propósito.....	17
3.3. Descripción del sistema de producción doble propósito en Zacazonapan .....	20
3.4. Alimentación.....	21
3.4.1. Clasificación De Los Alimentos.....	21
3.4.2 Alimentos forrajeros .....	21
3.4.3 Alimentos Concentrados.....	22
3.4.4 Alimentos Suplementarios .....	23
3.4.5 Aditivos .....	24
3.5. Sistema de alimentación. ....	25
3.6. Uso de melaza en suplementos de rumiantes.....	26
3.7. Interacción pradera animal. ....	27
3.7.1 Uso de praderas en la producción animal.....	27
3.7.2. Comportamiento animal al pastoreo .....	27
3.8. Forrajes tropicales.....	29

3.8.1. Estrella africana (cynodon plectostachyus).....	30
3.8.2. Brachiarias.....	31
3.9. Factores ambientales que afectan el comportamiento de las praderas .....	32
3.9.1. Luz.....	32
3.9.2. Lluvia .....	32
3.9.3. Temperatura .....	33
3.9.4. Anhídrido carbónico.....	33
3.10. Factores del animal que afectan el comportamiento de la pradera .....	33
3.10.1. Selectividad .....	34
3.10.2. Carga animal .....	34
3.10.3. Deposición de heces y orina.....	34
3.10.4. Pisoteo.....	34
3.11. Factores de la pradera que afectan el comportamiento al pastoreo del animal .....	35
3.11.1. Masa herbácea.....	35
3.11.2. Digestibilidad .....	35
3.11.3. Altura y densidad de brotes .....	36
3.12. Factores de los animales que afectan el consumo de forraje.....	37
3.12.1. Raza .....	37
3.12.2. Edad .....	37
3.13. Estructura celular de los forrajes .....	38
3.13.1 Pared celular.....	38
3.13.2. Funciones de la pared celular.....	39
3.13.3. Componentes de la pared celular .....	40
3.13.4. Constituyentes de la pared celular.....	41
3.13.5. Celulosa.....	41
3.13.6. Hemicelulosa .....	41
3.13.7. Lignina .....	41
3.14. Técnicas para determinar la composición botánica de los bovinos en pastoreo. ....	42
3.14.1. La técnica de observación directa.....	42
3.14.2. El análisis del contenido estomacal. ....	43
3.14.3. Análisis fecales. ....	44
3.14.4. La técnica de la fistula. ....	45
3.14.5. Técnica microhistología denominada también como microtécnica .....	46

IV. OBJETIVOS .....	47
4.1. Objetivo general.....	47
4.2. Objetivos específicos.....	47
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	48
5.1. Zona de estudio.....	48
5.1.1. Unidades experimentales .....	48
5.1.2. Animales .....	49
5.2. Composición botánica de la dieta (CBD).....	50
5.3. Periodos de estudio.....	50
5.4. Variables .....	50
5.5. Análisis Microhistológico de heces.....	51
5.5.1. Periodos de estudio .....	51
5.5.2. Selección de animales .....	51
5.5.3. Colección de muestras de heces.....	51
5.5.4. Preparación de laminillas patrón.....	51
5.5.5. Preparación de laminillas temporales .....	53
5.5.6. Cuantificación de especies identificadas en las laminillas .....	56
5.5.7. Conversión de frecuencia acumulada a densidad relativa.....	56
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
VII. CONCLUSIONES.....	61
VIII. Referencias bibliográficas .....	62
Anexos 1 .....	75
Anexos 2 .....	76
Anexo 3.....	77
Anexo 4. Fotográfico. ....	79



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo de forrajes en kg de materia seca/100 kg de peso corporal de acuerdo a su calidad.....	22
Cuadro 2. Composición botánica del estrato herbáceo en la pradera expresada en porcentaje por mes.....	58
Cuadro 3. Composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito en pastoreo extensivo.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de leche en el mundo en 2012.....	6
Figura 2. Producción nacional de leche de bovino 1990-2016.....	11
Figura 3. Mapa Del Municipio De Zacazonapan.....	48
Figura 4. Raspado de epidermis.....	53
Figura 5.Ebulliciones las muestras.....	54
Figura 6. Lavado de muestras, durante el proceso de ebullición.....	55
Figura 7. Montaje de laminillas.....	55

## I. INTRODUCCIÓN

La alimentación de bovinos en el sur del Estado de México durante la época de secas se basa exclusivamente en la suplementación con concentrados y el pastoreo a libre acceso en potreros, en los cuales se encuentran pastos nativos, pastos introducidos, árboles, arbustos, y otras herbáceas que en conjunto proveen alimento para el ganado.

La producción de hatos doble propósito en esta zona está determinada por una marcada estacionalidad: la época de lluvias y la época de secas, siendo esta última donde hay escases de forraje verde (pastos y herbáceas) que son parte de la alimentación del ganado para ésta época.

Ganado en pastoreo en praderas asociadas con un gran número de especies vegetales tiene la capacidad de seleccionar diferentes especies, pero sobre todo forraje de mayor calidad nutricional dentro del resto de forraje disponible.

Desafortunadamente en los rumiantes en pastoreo existe un problema fundamental en la nutrición y en el manejo de potreros, y que es la determinación exacta de la composición botánica de la dieta (CBD) consumida (Galt *et al.*, 1980), no teniendo bases entonces para conocer la respuesta productiva y económica de esta, así como para diseñar mejores estrategias de manejo de los recursos forrajeros.

La composición botánica de la dieta (CBD), es la proporción de las especies consumidas por los herbívoros. El estudio de la composición botánica de la dieta de herbívoros domésticos permite identificar las especies que componen la dieta del ganado, que permita diseñar o ajustar programas de suplementación (Holechek *et al.*, 1982).

Existen diferentes metodologías para la determinación de la CBD que permiten identificar las especies forrajeras preferidas, el efecto de variación botánica sobre la selectividad del consumo, y su variación en el valor nutritivo durante el pastoreo (Holechek *et al.*, 1989), teniendo como base la composición botánica del potrero (CBP).

Una de ellas es la técnica microhistológica, ampliamente utilizada para estudiar la CBD. Más allá de las ventajas de utilizar la técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982); Mohhamad *et al.*, 1995); Henley *et al.*, 2001) es importante saber que el uso de las heces se recomienda por la facilidad de la obtención de muestras, porque se considera un método no invasivo, ya que no implica la manipulación o sacrificio de los animales.

Esta técnica se basa en la elaboración de dos tipos de laminillas: las permanentes, elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio, y las temporales, que se elaboran con las muestras provenientes de las heces del animal (González y Améndola, 2010), con el objetivo de la identificación bajo microscopio de fragmentos epidérmicos vegetales, que poseen caracteres diagnósticos que permiten diferenciar las especies vegetales (Sepúlveda *et al.*, 2004).

## II. JUSTIFICACIÓN

La producción de bovinos leche es una actividad muy importante en el municipio de Zacazonapan. Pero su gran limitante es que en la época de secas que (inicia en diciembre y se prolonga hasta mediados de junio) el forraje disponible en los potreros es escaso y de mala calidad por lo tanto es de suma importancia identificar especies de plantas que contribuyen en la alimentación de estos animales ya que sin estas, los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales con concentrados en cantidades que oscilan entre 4 y 9 kg/vaca /día. El concentrado se compone de una mezcla de 50% mazorca y 50% de concentrado comercial, dicha actividad aumenta considerablemente los costos de producción por litro de leche (Albarran, *et al.*, 2008).

El costo de producción por litro de leche en la época de secas se ha de terminado en \$4.40, siendo mayor el precio por litro pagado al productor. De los costos totales de producción, la mano de obra y los concentrados representan de este costo el 44 y 42 %, respectivamente (Esparza., 2012).

Desafortunadamente, en los rumiantes en pastoreo existe un problema fundamenta en la nutrición y en el manejo de los potreros, y que es la determinación exacta de la composición botánica de la dieta consumida (Galt *et al.*, 1980). No teniendo bases entonces para conocer la respuesta productiva y económica de esta, así como para diseñar mejores estrategias de manejo de los recursos forrajeros. Existen diferencias metodológicas para la determinación de la composición botánica de la dieta que permite identificar las especies forrajeras preferidas, el efecto de variación botánica sobre la selectividad del consumo, y su variación en el valor nutritivo durante el pastoreo (Holechek *et al.*, 1989), teniendo como base la composición botánica del potrero. Una de ellas es la técnica microhistológica, ampliamente utilizada para el estudio de la composición botánica de la dieta. Más allá de las ventajas de utilizar la técnica microhistológica (Holechek *et al.*, 1982; Mohamad *et al.*, 1995; Henley *et al.*, 2001), es importante saber que el uso de heces se recomienda por la facilidad en la obtención de las muestras, y porque se considera un método no invasivo, ya que no implica manipulación o sacrificio de los animales.

Esta técnica se basa en la elaboración de dos tipos de laminillas: Las permanentes, elaboradas con material vegetal de las especies que se encuentran en el área de estudio, y las temporales, que se elaboran con las muestras provenientes de las heces de los animales (González y Amendola, 2010), con el objetivo de la identificación bajo microscopio de fragmentos epidémicos vegetales, que poseen caracteres diagnósticos que permiten diferenciar las especies vegetales (Sepulveda, *et al*, 2004).

Por lo tanto se plantea como objetivo conocer la composición botánica de la dieta de vacas en lactación en pastoreo en la época de secas que permita desarrollar estrategias de alimentación eficientes basadas en forrajes. Así como determinar el costo de producción de un litro de leche para esta época.

### III. REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 3.1. Panorama de la industria lechera.

##### 3.1.1 La producción de leche en el mundo

En el aspecto mundial, podemos citar algunos antecedentes como lo son el hecho de que en el 2008 la mayor parte de la producción láctea notificada estuvo concentrada solo en unos cuantos países, como lo fueron: EUA con 21, 315, 090 L; India con 10, 238, 690; Federación Rusa con 8, 137, 764; Alemania con 7, 339, 944; Francia con 6, 723, 495; China con 6, 435, 748, y México con 2, 625, 826 (FAOSTAT, 2014).

Para el año 2008, la industria lechera a nivel mundial obtuvo una producción de 684 millones de toneladas, presentando un crecimiento anual de 2%, y una disponibilidad promedio de 85 kg/habitante/año (IDF, 2008). Los países desarrollados con sólo el 26% de la población y el 32% de los bovinos producen más de 75% del volumen total y registran un consumo per-cápita por encima de 250 kg, a diferencia de los países subdesarrollados o en desarrollo, los cuales apenas rebasan los 50 kg. La gran mayoría de los países en desarrollo dependen de su mercado interno y no alcanzan a cubrir sus requerimientos de consumo que recomiendan los organismos de salud (FAO, 2006).

El continente africano, con 54 países, apenas genera el 7% de la producción mundial de leche, situación muy similar a la que sucede con China, quien posee la mayor población del mundo produciendo solo el 6.9% de la misma (FAO, 2006). Las diferencias en consumo de lácteos entre países subdesarrollados y los que no lo son, están en el orden de 5 a 30 veces menos, lo que se relaciona con el escaso desarrollo físico y psíquico de los niños y jóvenes (FEPALE, 2006).

No toda la leche que se consume por la población es de origen bovino, el 84% del volumen total corresponde a leche de vaca, pero también se reportan 106.5 toneladas métricas de leche de búfala, cabra y oveja (16%), incrementando estas

Manejo productivo y eficiencia económica en establos lecheros familiares en Texcoco, Estado de México últimas sostenidamente su participación productiva, lo cual se asocia al alto valor agregado y mercado especializado de sus productos (IDF, 2008 y FAO, 2006). Estas especies deben tenerse en cuenta en el desarrollo lechero de la región de América Latina y el Caribe, ya que combinan una elevada resistencia a las enfermedades y a las condiciones del trópico, adecuado aprovechamiento de alimentos fibrosos y alta concentración de sólidos en la leche.

El comercio internacional es una realidad que no se debe dejar de considerar, esta ofrece menores restricciones comerciales, permite que regiones con bajos costos ganen participación mientras que aquellas con costos altos se ven forzadas a disminuir su producción de leche. El precio que se establece para la leche y los alimentos concentrados es determinante para su comercio, este precio es muy inestable en el ámbito internacional. Del precio que se establezca para los productos lácteos, va a depender, en 80 a 90%, el precio que las industrias encargadas del proceso de la leche paguen a los productores.

En la producción mundial de leche, México en 2012 ocupó la posición 16, según SAGARPA y FAOSTAT (Figura 1), donde se puede observar que dos de cada cien litros que se producen en el mundo son de origen mexicano.

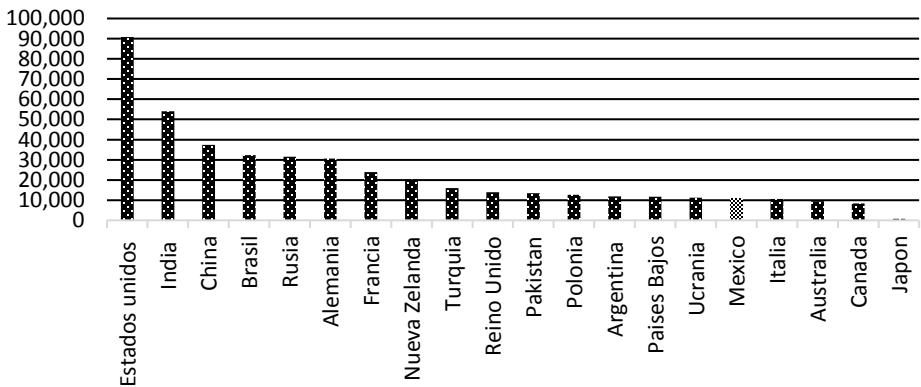


Figura 1. Principales países productores de leche en el mundo en 2012. (Miles de Toneladas)

SAGARPA y FAOSTAT. (2014).



### 3.1.2 La leche en la alimentación humana

La leche es un líquido que normalmente segregan los mamíferos hembras a través de sus glándulas mamarias y que constituye el primer y el único alimento de la cría recién nacida.

Se entiende por leche para consumo humano, la secreción natural de las glándulas mamarias de la vaca, posterior a los 5 días de parida. La leche es uno de los primeros productos pecuarios utilizados por el hombre y el más completo y perfecto de la naturaleza. Alrededor del mundo se consume leche de diferentes especies, tales como camello, elefante, cabra, borrego, etc. En México la leche más consumida es la de vaca (García, 1997). Históricamente la leche de vaca ha formado parte de la dieta de los seres humanos por aportar una excelente cantidad de nutrientes en proporciones requeridas para cubrir sus necesidades nutricionales, primordialmente de los infantes y ancianos (Gasque, 1986).

Las cantidades de los diversos componentes de la leche de vaca varían con las diferentes razas y líneas genealógicas de ganado lechero. La leche se compone de 87.3% de agua, 3.8% de grasa y 8.6% de sólidos no grasos. Los constituyentes lácteos son afectados tanto por la genética, medio ambiente, etapa de lactancia, método de ordeña y salud de la vaca (Philpot y Nickerson, 1993).

En los últimos 5 años el consumo mundial ha crecido con una tasa media anual de crecimiento (TAMC) de 0.6%. Los principales países consumidores son: India (24%), Estados Unidos (19%), Rusia (10%), Brasil (9%), Reino Unido (5%), Polonia (4%) y México (2.7%) ubicándose en el décimo lugar en el año del 2001 (Stinson, 2003). En México, el consumo per cápita equivalente fluctúa, entre 110 a 129 litros por año, lo cual indica que diariamente un mexicano consume entre 300 a 354 ml de leche equivalentes. La organización mundial para la alimentación y la agricultura (FAO) y la organización mundial para la salud (OMS), recomiendan que el consumo per cápita óptimo para la población es 500 ml por día (FAO, 2011).

La leche es un alimento de alta calidad nutricional: este conjunto nutricional preparado por la naturaleza contiene no solo proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales de alta disponibilidad sino muchas otras sustancias (ácido butírico, esfingolípidos, polipéptidos, ácido linoleico conjugado y ácido esteárico) de las que hoy en día se cuenta con evidencia de sus efectos sobre la salud humana. La cantidad de 500 ml de leche permiten satisfacer una proporción significativa de las necesidades del calcio, magnesio, fósforo, vitamina A, B2, B12 Y D (Comuerga, 2004).

### 3.1.3. Situación actual de la lechería en México

La producción nacional de leche en miles de litros del año 2016 fue de 11, 949,916 para el año 2017 fue de 12, 155,880 (LACTODATA. 2018) con una Tasa media anual de crecimiento de 1.72 por ciento (LACTODATA. 2018).

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas, tanto desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, como por la localización de las explotaciones. Además, dada la variación de condiciones climatológicas, las explotaciones adquieren características propias de la región, influyendo adicionalmente la idiosincrasia, tradición y costumbres de la población (SAGARPA, 2004).

Las condiciones diversas y formas de producir leche en el país, reflejan una marcada posición contradictoria, por un lado, se observa la creciente demanda de leche nacional, pero que no se ha visto reflejado en el incremento de precio pagado al productor. Durante el 2008 y 2009 la producción nacional de leche tuvo característica diferenciada; mayor producción menor precio, este fenómeno se ha atribuido al efecto que tuvo el incremento en los precios de la leche a nivel internacional, a pesar de que en 2009, ya existía un reflejo de tendencia al incremento en precios internacionales (INFOASERCA, 2010).

Una motivación al incremento en la inversión en la industria lechera en México es que existe un mercado cada vez más estable, con una mayor demanda de leche de

producción nacional por parte de la industria transformadora de lácteos, otros factores que han posibilitado el crecimiento de la producción es la consolidación y expansión de las principales empresas lecheras nacionales y de organizaciones de productores integrados, que han incrementado su participación en el mercado de productos terminados, lo que ha representado un mantenimiento de los ingresos para sus asociados (INFOASERCA, 2010)

#### 3.1.4. Importancia de la producción de leche en México

En los últimos años, ha existido a nivel internacional la discusión sobre las estrategias de desarrollo para transformar la ganadería extensiva en una ganadería intensiva, que permita consolidar el mejoramiento de los sistemas productivos que están presentes, también así conservar los recursos naturales y tener mayor eficiencia en producción, así como favorecer la equidad de los beneficios de los productores (Speeding, 1995; Heitschmit *et al.*, 1996).

La producción de leche en México, representa la quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria, siendo la tercera en importancia después de la producción de cerdo y huevo y la carne de bovino. En este tenor, la producción de leche es una actividad rentable en cuanto a la producción nacional pecuaria, situación que explica el importante crecimiento que ha tenido (SAGARPA, 2013).

La producción de leche de bovino, es una de las actividades pecuarias de mayor relevancia a nivel nacional, ya que no sólo se le confiere un alto valor por el tipo de alimento que se obtiene, sino que juega un papel fundamental en la economía del sector primario e industrial. Además, presenta el mayor potencial de expansión a fin de sustituir o disminuir las importaciones de leche. En este sentido, México ocupa el primer lugar a nivel mundial en importación de leche en polvo, asimismo de presentar el mayor potencial de expansión a fin de sustituir el importante componente de abasto procedente del exterior.

México tiene un inventario de ganado bovino de 85,865 toneladas donde poco más del 93 % se dedica a la producción de carne y doble propósito y cerca del 7 % restante es ganado especializado en producción de leche (SIAP, 2014).

El Estado de México destaca, en conjunto, por su importante producción de leche al ocupar el octavo lugar, y decimoquinto en carne. Dentro del estado la región suroeste (Guerrero, Oaxaca y Chiapas.), de clima subtropical, contribuye en gran medida de la producción de carne y leche de bovino. De los sistemas de producción presentes en México destacan la lechería familiar y tropical como los más importantes por el papel social que desempeñan, al aglutinar principalmente a un gran número de pequeños productores (Albarrán, *et al.*, 2014).

La producción de leche en México, se desarrolla en condiciones heterogéneas, debido al mayor o menor uso de tecnologías, ingresos generados por la venta de leche (factores socioeconómicos de la actividad), pero sobre todo por la localización de las UP.

En este sentido, debido a la variabilidad de condiciones agroclimáticas, las UP adquieren características regionales propias, influyendo adicionalmente la idiosincrasia, tradición y costumbres de la población (Hernández-Morales *et al.*, 2013).

Los Estados Unidos son el principal productor de leche en el mundo, con producciones anuales de más de 70 millones de toneladas comparadas con México que produce más de nueve millones, es importante destacar que los productores de Estados Unidos recibe fuertes subsidios, tanto a la producción, como a la exportación, lo que ayuda a reducir considerablemente sus costos comparados con México. A esta situación se suman las importaciones libres de arancel que entran en vigor a partir del 2009, por lo que la situación lechería está en una situación difícil. (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005).

En México la actividad lechera representa la segunda en importancia dentro de la ganadería, con 22.8% del valor de producción y es una de las principales fuentes

de proteína animal en la dieta, por otro lado el consumo de leche es recomendado por la OMS. En torno a la cadena de lácteos genera más de 50000 empleos (Del Valle y Álvarez, 1997).

Durante los últimos 10 años el consumo de lácteos ha tenido un notable crecimiento que se debe a la amplia variedad de productos disponibles al mercado como son la leche saborizada, queso, yogurt y yogurt para beber de alto valor energético propiciando la activación y crecimiento de la industria lechera (INFOASERCA, 2010).

La figura 2 muestra un panorama acerca de los millones de litros anuales producidos en México que van del año 1990 al 2016, como se puede observar la producción va en aumento iniciando con 6, 141,545 litros para el año 1990 y alcanzando un crecimiento de 11, 608,400 litros para el año 2016.

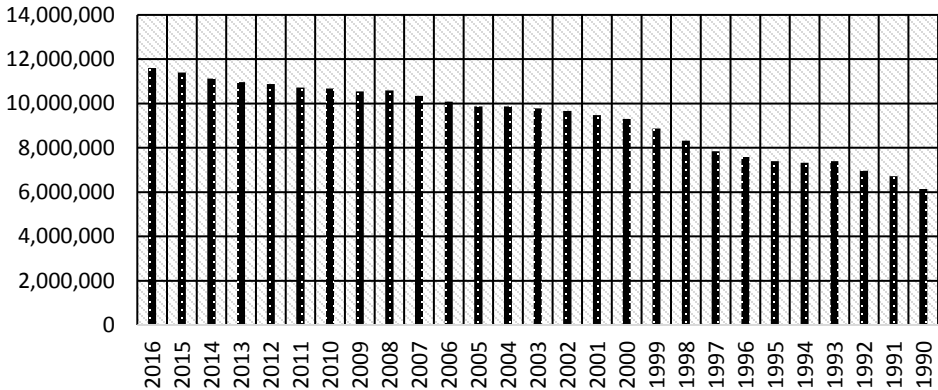


Figura 2. Producción nacional de leche de bovino 1990-2016

SIAP. (2017).

3.1.5. Principales estados en producción de leche de bovino

El estado de Jalisco perteneciente a la región occidente, ocupa el primer lugar a nivel nacional en producción de leche, de acuerdo con el volumen producido, con 2, 306,31 millones de litros de leche anuales (SIAP, 2017). Al interior del estado se reportan 95,438 vacas productoras de leche, donde se considera un tamaño

promedio de hato de 66 cabezas, y se estima que el estado tiene 15,082 hatos, aproximadamente; la producción promedio de leche vaca-1 hato-1 tiene como mínimo 5 L de leche y un máximo de 30 L de leche, con una media de 18.6 L y donde las agroempresas presentan una producción de forraje inferior al 50% de su necesidades y están en el límite crítico de rentabilidad de su producción de leche, ya que, en el año 2005 el estado proporcionó cerca del 15.6% de los ingresos totales generados, y que equivalen a 4 mil 849 millones de pesos constantes por debajo de los ingresos percibidos en el año de 1996, que ascendieron a 5 mil 496 millones de pesos, es decir, que en términos reales sus ingresos se han estado deteriorando (SAGARPA, 2005).

En la actualidad, la región de La Laguna, ubicada en los estados de Coahuila y Durango, ocupa el lugar nacional 2 y 3 de acuerdo al volumen de leche que producen estos estados, con 1,095,174 y 1,208,808 millones de litros de leche, respectivamente (SIAP, 2017). Y donde en conjunto se considera como la primera cuenca lechera especializada del país, cuya característica fundamental es la de ser el complejo lechero más tecnificado y moderno con base en el denominado “modelo Holstein”, el cual se relaciona con el subsistema agrícola por medio de la producción de forrajes y en especial de alfalfa, ya que el origen de los ingredientes que componen la dieta utilizada en este sistema proviene de la “artificialización” del ecosistema mediante especies inducidas de plantas forrajeras cultivadas y cosechadas para la alimentación del ganado (SAGARPA, 2005).

En reportes de SAGARPA (2005), se observa la existencia de ganado especializado con registro; desarrollo de la inseminación artificial y la importación de vaquillas de reemplazo; la introducción de alimentos balanceados (forrajes y granos); el uso de insumos químicos y farmacéuticos para el control sanitario; la instalación de equipos automáticos de ordeña y de tanques enfriadores para su conservación hasta la entrega en plantas pasteurizadoras e industrializadoras, el mejoramiento de infraestructura y técnicas para el manejo y cuidado del hato. Además, tiene una efectiva integración vertical que abarca desde la etapa de producción forrajera, producción primaria de leche y su industrialización, hasta la distribución y

Comercialización directa. En esta integración vertical tienen una intervención y relación permanente empresas transnacionales y nacionales. Según SAGARPA (2005), la Comarca Lagunera produce el 22% de la producción nacional, y donde el estado de Coahuila tiene una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 7.2%, la más alta para todos los estados, que equivale a un incremento en el valor de la producción de mil 694 millones de pesos; por lo que se coloca como una de las mejores economías en la producción de leche (SAGARPA, 2005).

El estado de Chihuahua perteneciente a la región norte ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en producción de leche, de acuerdo con el volumen producido, con 1,358,884 millones de L de leche (SIAP, 2017), presentando un crecimiento real promedio para el valor de la producción de 3.5% anual al pasar de 2 mil 24 millones de pesos en 1996 a 2 mil 326 millones de pesos para el final del periodo, lo que equivale a un incremento en 302 millones de pesos (SAGARPA, 2005). Según datos de la evaluación de Alianza para el Campo en el 2007, la actividad lechera en el estado se desarrolla con 8,000 productores, de éstos menos de 100 productores se consideran intensivos y el resto son predominantemente de tipo familiar. Los estados de Guanajuato y Querétaro, pertenecientes a la región bajío, ocupan los lugares nacionales 6 y 14, de acuerdo con el volumen que producen, con 759.6 y 200.8 millones de litros, respectivamente (SIAP, 2011) de la producción de estos estados, y se manifiesta en un ascenso conservador pero sostenido, esto debido a las mejoras en los precios internacionales y la integración de productores en consorcios lecheros integrales.

Respecto al procesamiento de leche, son varias las empresas que destacan en esta región como: Alpura, lácteos Blanquita, leche León, entre otros. Donde el 85% de la leche de Guanajuato se genera por ganado especializado, distribuido en importantes cuencas lecheras ubicadas en el distrito de desarrollo rural de Cortázar, mientras que el 15% se genera por una ganadería poco tecnificada y de tipo familiar (SAGARPA, 2009).

### 3.1.6. Importaciones

En México, los reportes de SAGARPA (2010) muestran que la producción nacional ha sido insuficiente para cubrir la demanda, por lo que se necesitan alternativas para aumentar la producción que permitan reducir el número de importaciones de leche y sus derivados (Espinosa, 2001). Por ejemplo en junio de 2004 la importación de leche en polvo fue de 130,761 toneladas, de las cuales 35,761.8 fueron asignadas directamente para la industria privada, y 5 mil toneladas por licitación pública para la empresa LICONSA, que importó un volumen de 90 mil toneladas. Dicha situación repercute en la balanza comercial y en las acciones del gobierno para suministrar proteína a la población de bajos ingresos (SAGARPA, 2005).

SAGARPA (2010) señala que durante el 2009, el consumo nacional aparente (CNA) se ubicó en 13,3 millones de toneladas, volumen superior en 1.65% respecto al 2008. El CNA ha tenido un crecimiento anual de 1.8% en los últimos 10 años, y donde en este periodo, el 22% del CNA provino de las importaciones.

Cabe destacar que México, no sólo sobresalen como un gran importador de productos lácteos, sino también de insumos para el desarrollo de la actividad lechera primaria (animales de registro, alimentos, semen, embriones, vacunas, medicinas, hormonas y equipos) y como usuario de tecnologías de producción de países desarrollados (Del Valle y Álvarez, 1997 citado por Larios, 2009).

### **3.2. Sistemas de producción de ganado bovino en México**

En México se encuentran cuatro tipos de sistemas de producción de leche: tecnificado y semi-tecnificado (zona Centro-Norte), pequeña escala o lechería familiar (zona Centro), y lechería tropical o de doble propósito (zona Sur-Este) (García, 1996). Sin embargo, en la zona Centro del país existen regiones subtropicales (restante 20% de la producción tropical de leche) en donde hay una importante producción de carne y leche.

De los sistemas de producción presentes en México destacan la lechería familiar y tropical como las más importantes por el papel social que desempeñan, al aglutinar



principalmente a un gran número de productores por sus bajos costos de producción y viabilidad económica (FIRA, 2011).

### 3.2.1. Sistema de producción especializado

Cuentan con ganado especializado en la producción de leche y en confinamiento, principalmente de la raza Holstein, Pardo Suizo y Jersey, entre otras. Tienen tecnología altamente especializada y, predomina el manejo de los animales en estabulación. Los animales se alimentan con forrajes conservados y balanceados comerciales. (SAGARPA, 2005).

El proceso de ordeña es mecanizado y la leche se destina a las principales plantas procesadoras y transformadoras del país. Se desarrolla principalmente en el altiplano y las zonas áridas y semiáridas del norte de México (Osorio, 2010).

Entre las principales características cabe señalar el desarrollo de actividades como la inseminación artificial, introducción de alimentos balanceados, importación de vaquillas de reemplazo, uso de químicos para control sanitario y equipos automáticos para el tratamiento de la leche (SE, 2012).

La región de la laguna ubicada entre los estados de Coahuila y Durango es la primera cuenca lechera del país, moderna tecnificada y con un sistema agrícola que produce forrajes como es la alfalfa y plantas forrajeras inducidas y cosechadas para la alimentación del ganado (SE, 2012).

### 3.2.2. Sistema de producción semiespecializado

En este sistema se observa la presencia de razas Holstein y Pardo Suizo principalmente. Mantienen a los animales en semiestabulación o semiconfinamiento. Es decir, pasan una parte del día en corrales y la otra en pastoreo. El ordeño lo realizan de forma manual o con máquinas sencillas. Pocos productores cuentan con el equipo necesario para almacenar y enfriar la leche. La alimentación es principalmente a base de pastoreo además de forrajes y alimento concentrado.

### 3.2.3. Sistema de pequeña escala ó lechería familiar

La lechería familiar está formada por sistemas productivos de tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos familiares rurales: mano de obra, cultivos forrajeros y residuos de cosechas producidas en sus pequeñas parcelas, con poco uso de insumos comprados a otros y poca inversión en mejoramiento de infraestructura. La ventaja de este sistema es su facilidad y persistencia, pues depende poco de insumos externos y tiene bajos costos, lo cual le hace menos vulnerable a las variaciones en los mercados (FIRA, 2001).

En México, la producción de leche en pequeña escala equivale a poco más de la tercera parte de la producción nacional de leche (Tapia, 2010). En 2013 la producción de leche de vaca en México fue de 10,926,771.00 millones de litros, con una tasa anual en los últimos años del 30%, el aumento de la producción en los últimos años ha mostrado un crecimiento marginal, en 2002 México producía 9,658,281.57 millones de litros, en 2007 el volumen de producción alcanzó los 10,345,976.00 millones de litros, en 2008 la producción fue de 10,589,482.00 millones y en 2011 de 10,724,288.00 millones de litros (LACTODATA, 2013).

En el estado de México, la lechería en pequeña escala representa una actividad importante, ya que ofrece beneficios a familias, productores y comunidades mediante la generación de empleos diarios (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002), de \$108.00 a \$420.00 por día y familia; esto depende de las características de cada unidad de producción (Espinoza-Ortega *et al.*, 2012). En promedio cada hato proporciona entre dos y seis empleos locales a lo largo del año (Martínez-García *et al.*, 2012), que generan ingresos de \$72.00 a \$84.00 por persona (Espinoza-Ortega *et al.*, 2005). Esto permite a los miembros de la familia permanecer en sus comunidades y no migrar a la ciudad en busca de empleos (Arriaga-Jordán *et al.*, 1999).

El sistema en pequeña escala se lleva a cabo con formas de manejo transmitidas de generación en generación, y es una actividad primaria o secundaria para los productores que cuentan con otros ingresos. El sistema de producción aprovecha

recursos humanos, naturales y materiales, como la utilización de subproductos de cosechas propias, abono orgánico, cultivos forrajeros, maquinaria e infraestructura (Wiggins *et al.*, 2001).

La mano de obra familiar o propia es considerada como costo de oportunidad, con lo que se reducen costos de producción a pesar de los altos costos por concepto de alimentación (Jiménez *et al.*, 2008). Una característica es que las instalaciones están muy cercanas a la vivienda de la familia y son adaptadas para la producción de leche, aunque son poco funcionales. Las razas del ganado son Holstein, suizo pardo o cruza en proporciones cercanas a la pureza. El sistema se basa en la explotación de ganado en condiciones de estabulación o semi-estabulación (FIRA, 2001).

Una característica singular de este método de producción es que es considerado dinámico y una opción importante para el desarrollo rural por las características y capacidad de adaptación a condiciones adversas (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

#### 3.2.4. Sistemas doble propósito

México cuenta con una extensión aproximada de 50 millones de hectáreas de superficie tropical, esto representa una cuarta parte de la superficie total de nuestro país. Ahora bien, poco más de una tercera parte de la región tropical es empleada en la ganadería lechera (principalmente bovina), aportando el 19.5% de la producción nacional. Las principales razas que son utilizadas son: Cebuínas y sus cruza con Suizo, Holstein y Simmental. La ganadería presente en estas regiones se caracteriza por su función zootécnica, la cual es producir carne o leche, en donde dicha función dependerá de la demanda del mercado al cual está destinado. La alimentación de este ganado se basa en el pastoreo de pastos nativos inducidos y en menor proporción los pastos mejorados, su manejo es en forma extensiva y el tamaño de los hatos que integran este sistema va de pequeño a mediano con 40 vacas en promedio por hato (Del Valle y Álvarez, 1994).

El mayor número de vientres de este sistema se encuentra en los Estados de: Chiapas, Guerrero, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas. Sin embargo, también está presente en: Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Durango, Hidalgo, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa y Yucatán. Se considera que la ganadería de doble propósito se desarrolla principalmente en las zonas tropicales, sin embargo, también lo podemos encontrar en entidades con clima árido, semiárido y templado (Ávila, 2009).

Los principales problemas a que se ve enfrentado este sistema de producción son: sanidad animal, comercialización, conservación o almacenamiento y transporte. La creación de los llamados “grupos solidarios” (agrupación de los pequeños productores) ha sido una alternativa que busca aminorar los problemas de comercialización por medio de la venta de leche a empresas transnacionales. Estos sistemas normalmente disponen de un tanque de enfriamiento para conservar su producto (Del Valle y Álvarez, 1994).

En este sistema el uso de insumos alimenticios comprados es reducido al mínimo, empleando ocasionalmente subproductos agrícolas, utilizando en forma ineficiente el activo fijo que poseen (tierra y ganado), optando por emplear preferentemente el efectivo que reciben en sus gastos familiares (Del Valle y Álvarez, 1994).

Sus instalaciones son adaptadas, aprovechando el material de la región, la ordeña generalmente es manual y de tipo estacional, la inseminación artificial es poco usada y emplean ampliamente la mano de obra, la que es principalmente familiar (Del Valle y Álvarez, 1994).

El sistema de doble propósito basa su rentabilidad y competitividad en las utilidades obtenidas, mismas que están por encima de sus costos, debido a los pocos insumos que emplean. Si evaluamos el rendimiento de los activos (principalmente terreno y ganado), podemos determinar que este es bajo, pues la productividad obtenida de ambos recursos es pobre. El sistema doble propósito persiste en el trópico principalmente gracias al bajo riesgo que tienen, ya sea por la flexibilidad para

atender el mercado con mejor precio relativo en el momento, como por el bajo uso de insumos comprados (García, 2003).

En este sistema se comercializa la leche sin haber sido procesada, comúnmente llamada leche bronca, esta es en sí la principal fuente de ingresos para mantener funcionando el sistema, el cual concluye con la venta de los animales para carne. La leche es comercializada a consumidores, pequeños procesadores (quesos) y a industrias para las cuales la compran a un precio bajo para ellas (Del Valle y Álvarez, 1994; Castro *et al.*, 2001).

Los productores de leche proveniente de los sistemas del trópico se enfrentan a un serio problema para su industrialización, el cual es la calidad microbiológica, este problema ha provocado que las industrias, que hasta años atrás mantenían una compra relativamente uniforme, hayan disminuido la adquisición; algunas industrias han tratado de aminorar este problema con la instalación de tanques fríos en los ranchos, sin embargo esta medida no ha sido suficiente para terminar con el problema (Cervantes y Cesín, 2007).

Los dos principales usos que se le dan a la leche producida por los sistemas del trópico son la elaboración de quesos y la deshidratación de la misma; los dos procesos variarán siempre dependiendo de la demanda de los consumidores y será esta la situación que determine el precio que se fije para la comercialización de la leche; así mismo, este precio es el factor principal que podrá indicarnos si el sistema de producción es rentable.

El desarrollo de los sistemas de producción del trópico podría ser impulsado si la industria que realiza la adquisición de la leche para su respectivo proceso tuviera también un crecimiento que le permitiera incentivar el compromiso de los productores, pues de esta manera los productores tratarían de tener siempre acceso a esos incentivos asegurándose con esto una producción más o menos estable a lo largo de todo el año, incluso en aquellas épocas en que el precio de la carne es más redituable; en sí, lo ideal sería la constitución de verdaderos equipos industrias productores en donde se buscara un mayor beneficio mutuo (Magaña *et al.*, 2006).

El detenimiento en el desarrollo de los sistemas del trópico podría representar un grave peligro pues esto provocaría que la compra por parte de las industrias procesadoras se fuera a la baja continua ya que estas industrias no tendrían la seguridad de contar con una producción en cantidad tal que permitiera satisfacer sus necesidades de procesamiento, provocando incluso que estas industrias buscaran otras opciones, agravando la situación para los productores, de igual modo, este detenimiento impediría que el sistema del trópico pudiera intervenir en el comercio nacional (Ávila, 2009). Algunas de los incentivos para hacer atractivo el sistema del trópico a los productores que cuenten con un capital limitado, podrían ser: ofrece un bajo nivel de riesgo y hay un flujo de efectivo más conveniente, por otro lado, algunas medidas relativamente fáciles de implementar o adoptar pueden ser: implementar un mejor manejo de la pradera y del ganado, requiriendo la compra de insumos materiales en lo mínimo posible, por ejemplo el Pastoreo Intensivo Tecnificado, el control de la producción de manera computarizada, el cultivo de forrajes para cubrir las necesidades en épocas de escasez y suplementar la alimentación estratégicamente (Castro *et al.*, 2001).

En comparación con otros sistemas, las prácticas de medicina reproductiva y preventiva, el mejoramiento genético y el manejo de los recursos forrajeros tienen un gran margen de ser mejorados en este sistema de producción, lo cual representa un punto favorable para el mismo (ASERCA, 2005).

### **3.3. Descripción del sistema de producción doble propósito en Zacazonapan**

A partir de 2008 se inició a trabajar en específico con unidades de producción bovina en Zacazonapan, iniciando con la caracterización del sistema, el cual está dividido en 4 subsistemas como ya se ha mencionado; uno de ellos es el sistema de productores de leche que se caracteriza por producir leche la mayor parte del año.

El rubro de alimentación durante el estiaje representa el 49.2% de los egresos totales en promedio para cada UPDP, por lo que los costos de producción se elevan considerablemente debido al uso de suplementos, aunado a esto los ingresos por venta de carne en forma de becerros destetados o animales de desecho es mínima

(27% de los ingresos totales) comparado con lluvias (48% de los ingresos totales), lo que refleja la importancia de la venta de leche, como principal fuente de ingresos totales con un 54% para estiaje y 42% para lluvias, siendo el flujo de efectivo que genera esta actividad lo que permite mantener a la UPDP, mientras que otras actividades alternas solo representan el 19% y 10% respectivamente (Salas 2014).

El desarrollo de la actividad agropecuaria en estas UPDP provee de por lo menos un empleo permanente y, movilizan una importante cantidad de mano de obra temporal y empleos indirectos a través de la transformación de la leche a queso lo cual contribuye a la vitalidad social del territorio. El desarrollo de la comercialización se da en un proceso de cadena corta lo cual los hace menos dependientes de los grandes mercados (Salas, 2015).

### **3.4. Alimentación**

#### **3.4.1. Clasificación De Los Alimentos**

El PDLA (2003), clasifica a los alimentos utilizados para el ganado de la siguiente forma: · Forrajeros · Concentrados · Suplementos y · Aditivos

#### **3.4.2 Alimentos forrajeros**

El PDLA (2003), aclara que los forrajes en nuestro medio constituyen la base de la alimentación de los animales, para sacar el máximo beneficio, debemos aprender a combinar dos elementos muy importantes como la calidad y cantidad de los forrajes, esto quiere decir que el ganado consuma volúmenes de forraje de alta calidad.

Ensminger (1993), menciona que el forraje es el material vegetal fresco, seco o ensilado, que se da como alimento al ganado (pastura, heno y silaje), en estado seco los forrajes contienen más del 18 por ciento de fibra. Muchas veces se habla de alimento fibroso como sinónimo de forraje, aunque el alimento fibroso suele ser un alimento más grueso y de mayor volumen que el forraje, también vemos los alimentos fibrosos representan el 75,4 % de todos los alimentos para el ganado en

engorde, la proporción entre el consumo de forrajes y el de concentrados varía mucho de acuerdo con el precio de la época y la clase de animal.

Alcázar (1997), considera que la ingesta de materia seca proveniente de alimentos voluminosos como los forrajes, se encuentra relacionada con la calidad de estos, la que a su vez está relacionada con el estado vegetativo y valor nutritivo del forraje, así el Cuadro 1, presenta el consumo de forrajes en kg de materia seca/100 kg de peso corporal, confirmando que la calidad y el valor nutritivo guardan relación con el consumo de materia seca.

**Cuadro 1. Consumo de forrajes en kg de materia seca/100 kg de peso corporal de acuerdo a su calidad**

TIPO DE FORRAJE	CALIDAD	kg de MS/100 Kg PV
Paja de cereales	Muy Pobre	Menos de 1,0
Forrajes Verdes (frescos)	Pobre	1,5
	Regular	2,5
	Buena	3,0
	Muy Buena	más de 3,0
Henos	Malo	Menos de 1,0
	Pobre	1,5
	Regular	2,5
	Buena	3,0
Ensilajes	Pobre	2,0
	Regular	2,5
	Buena	3,0

Fuente: Soares Texeira citado por Alcázar 1997.

### 3.4.3 Alimentos Concentrados

El PDLA (2003), señala que los alimentos concentrados son ricos en elementos nutritivos y pobre en fibra, pueden ser energéticos y/o proteicos dependiendo de la proporción del nutriente en volúmenes reducidos de alimento, estos alimentos adquieren importancia para la suplementación en la época, donde los alimentos forrajeros verdes desaparecen por completo.



Por su parte Millar (1987), citado por Mamani (2006), indica que los concentrados incluyen a los granos de cereales, suplementos proteicos y ciertos subproductos con menos fibra y más energía digestible que son necesarios en la dieta del animal.

Así mismo Caravaca (2006), indica que se denominan así porque tienen gran cantidad de elementos nutritivos en relación a su peso. Aquí se incluyen todos los granos de cereales y harinas (maíz, cebada, trigo, avena, sorgo, centeno, etc.), los granos de leguminosas, las tortas o harinas de oleaginosas y los propios granos de oleaginosas (soja, girasol, etc.) y todos los piensos compuestos. Son prácticamente los mismos alimentos que por lo general consumen los humanos pero transformados para su uso en ganadería. Estos alimentos se utilizan de forma común para complementar las dietas forrajeras de rumiantes altamente productores (ovejas, cabras y bovinos). Tienen un bajo contenido en humedad y se conservan bastante bien. En comparación con los alimentos groseros tienen muy bajo contenido en fibra.

El mismo autor indica que a la hora de clasificar cualquier alimento sería necesario utilizar una doble clasificación. Así hablaríamos de concentrados energéticos con un alto contenido de almidón e hidratos de carbono solubles (cereales y granos de cereales); concentrados proteicos, con alto contenido en proteína asimilable por los animales como los granos de leguminosas (haba), los granos de oleaginosas (soja, colza) y sus derivados (harina de soja, torta de algodón); heno proteico (heno de alfalfa); subproductos energéticos como la pulpa de remolacha.

#### 3.4.4 Alimentos Suplementarios

DE BLAS C. *et al.* (2003), indica que los alimentos suplementarios no contienen energía o proteína pero aportan los minerales necesarios para equilibrar los minerales en las distintas dietas del ganado. Se pueden incluir aquí otros productos que contienen vitaminas o aminoácidos esenciales que permiten corregir las deficiencias que de éstos nutrientes puedan existir en las raciones.

El PDLA (2003), explica que son sustancias utilizadas para mejorar el valor alimenticio de los forrajes y los concentrados, entre los principales suplementos tenemos a los minerales agrupados en dos categorías, macrominerales (Calcio, fósforo, sodio, magnesio, cloro, potasio y azufre) y microminerales (Cobalto, yodo, hierro, selenio y zinc) requeridos en pequeñas cantidades y las vitaminas (A, D y E). Los alimentos forrajeros y concentrados no siempre aportan los nutrientes requeridos en la ración, como es el caso de minerales y vitaminas.

Por su parte, Alcázar (2002), indica que los suplementos son productos que se utilizan a un nivel inferior del 5% de la ración total en la que se incluyen, están diseñadas para suministrar determinadas cantidades de vitaminas, minerales (traza) y aditivos farmacéuticos o nutrientes, son alimentos que sustituyen total o parcialmente a otro.

El PDLA (2003), sostiene que en el altiplano los alimentos suplementarios para el ganado son demandados por los pequeños productores, en la medida en que tienen información sobre la conveniencia de su empleo. El alimento suplementario de mayor demanda es el afrechillo, también se demanda borra de cerveza, sal común y en ocasiones sales minerales y vitaminas.

#### 3.4.5 Aditivos

Orskov (2004), indica que se conoce como aditivos aquellos productos que se agregan en pequeñas cantidades a los alimentos balanceados con múltiples funciones, en esta categoría se incluyen las vitaminas, los minerales y los aminoácidos. Para muchos nutriólogos, estos nutrimentos no se consideran aditivos, para otros sí. Pero desde el punto de vista práctico es una manera simple de clasificar las fuentes de alimentos.

PDLA (2003), se refiere a los aditivos como el conjunto de ingredientes o sustancias que se agregan al alimento básico en cantidades pequeñas, sin tener necesariamente propiedades alimenticias, son útiles e indispensables, estimulantes

y/o medicamentos, en el mercado existen una serie de aditivos como los antioxidantes, antibióticos, melaza y otros.

### **3.5. Sistema de alimentación.**

El sistema de alimentación es determinado por la estacionalidad en la producción y disponibilidad de forrajes, teniendo dos épocas bien definidas: estiaje y lluvias. Durante la época de lluvias (julio-noviembre) la alimentación se basa exclusivamente en el pastoreo extensivo en agostaderos (que representan el 70% de la superficie agrícola útil) con una amplia diversidad de especies vegetales, que en general cubren los requerimientos nutricionales de los animales (Albarrán-Portillo, *et al.*, 2015, Salas, *et al.*, 2015).

Por otro lado, en la época de estiaje, el forraje disponible en los agostaderos es limitado en cantidad y calidad, por lo que los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales en cantidades que oscilan entre 5 y 8 kg/vaca/día de alimento concentrado.

En 2009 se realizó una caracterización de los sistemas de producción doble propósito de Zacazonapan, encontrando que los productores realizaban sus alimentos concentrados basándose en alimentos balanceados comerciales y mazorca molida (grano, olote y hoja molida), del cual el contenido de proteína cruda (PC) resultante fue 140 g/kg/MS, por lo que Esparza (2011) se planteó la hipótesis de que el contenido de proteína de 14% pudiera estar limitando los rendimientos productivos en la primera mitad de la lactación, en la cual se recomiendan 160 g/kg/MS de acuerdo a Law *et al.* (2009), ya que otros autores han encontrado que no existe beneficios en términos de rendimiento productivo al utilizar concentrados con contenidos de PC mayores a 167 g/kg/MS (Broderick, 2003).

Bajo esta hipótesis se propuso como objetivo evaluar la respuesta productiva y económica a tres tratamientos con dos niveles de proteína cruda (SP: suplemento del productor 50% concentrado balanceado comercial y 50% mazorca molida; Sex: Suplemento experimental, 7% pasta de soya y 93% mazorca molida; CC: concentrado balanceado comercial 100%) encontrando que no existen diferencias

significativas cuando se alimenta con 14 o 16% de proteína cruda en vacas doble propósito en producción

Debido a que los niveles de NUL reportados en el estudio de Esparza (2011) mostraron diferencias, Salas *et al.* (2014) propusieron bajar el nivel de PC en el suplemento teniendo ahora 3 tratamientos con diferentes niveles de PC (10, 11 y 12%) pero con la misma dieta base (Suplemento experimental usado anteriormente). Con este experimento se demostró que no existen diferencias significativas cuando se suplementa a vacas doble propósito en producción en rendimiento de leche, pero si para rendimiento por día de grasa y proteína en la leche, además los niveles de NUL se reportan por debajo de los niveles máximos permitidos según literatura que son de 18 mg/dl. No obstante que no se encontraron diferencias en rendimiento de leche al realizar el análisis económico se encontró que hay una mayor ganancia para el tratamiento de 12% de PC lo cual indica que es el que mejor resultado que se obtuvo para los fines productivos de interés del propietario de la unidad de producción.

### **3.6. Uso de melaza en suplementos de rumiantes**

La melaza es un líquido denso y negrozco constituido por el residuo que permanece en las cubas después de la extracción de la mayor parte de los azúcares de remolacha y caña por cristalización y centrifugación. El contenido en materia seca de las melazas oscila alrededor de un 75%. Son concentrados de hidratos de carbono. Los azúcares representan del orden del 80% de su contenido en materia seca. Como consecuencia, son muy palatables y su contenido energético es apreciable en todas las especies. La melaza es fácilmente degradable en el rumen, dando lugar a una fermentación típicamente butírica. Por tanto, eleva la relación no glucogénica de la dieta, agravando los problemas de cetosis en raciones ricas en fibra para vacas al inicio de lactación (FEDNA, 2015).

Las melazas presentan altos contenidos en cenizas. Las de caña son ricas en calcio, cloro y magnesio y las de remolacha en sodio y cloro. Ambas son muy ricas en potasio (3,5-4%) especialmente las de remolacha. Por contra, el nivel de fósforo es

reducido. Las melazas suelen añadirse en dosis limitadas a la dieta para incrementar su palatabilidad. Además reducen las pérdidas por polvo y mejoran el rendimiento de la granuladora. Además, pueden utilizarse como agente palatable y aglomerante en bloques de correctores a libre disposición del ganado extensivo.

Los principales factores limitantes son el efecto laxante en Mono gástricos, por su desequilibrio electrolítico y la presencia de carbohidratos no asimilables, y la mayor incidencia de cetosis en rumiantes. Su manejo puede facilitarse por la adición de agua. En este caso, el pienso no debe almacenarse durante períodos prolongados para evitar el crecimiento bacteriano. Cuando la humedad es la habitual este problema no ocurre por la elevada presión osmótica de estos productos.

### **3.7. Interacción pradera animal.**

#### **3.7.1 Uso de praderas en la producción animal**

"Pradera "se refiere a plantas comunes en las cuales los pastos son usualmente la especie dominante, con malezas (especies herbáceas dicotiledóneas, incluidas leguminosas) presentes en diversas cantidades (Hopkins, 2000).

La principal característica de las praderas es que proporcionan una fuente importante de nutrientes a bajo costo para los rumiantes y potencialmente pueden cubrir todos sus requerimientos aun para vacas con altos rendimientos de leche. Esta característica, las hace factibles para su utilización de forma intensiva, ya que el alto costo por concepto de concentrados comerciales, incrementa considerablemente el costo de producción (Albarrán, 1999),

#### **3.7.2. Comportamiento animal al pastoreo**

El consumo de forraje de los animales en pastoreo durante un periodo determinado es producto del tiempo de pastoreo, número de mordidas y del tamaño de estas (Forbes, 1995; popp *et al*, 1997).

En condiciones normales la actividad de pastoreo se lleva a cabo durante el día, en ovinos y bovinos. Cuando las temperaturas máximas son mayores a 25°C, el pastoreo se da en un 70% durante la noche, mientras que cuando las temperaturas son menores de 15 °C la actividad de pastoreo se da durante el día. En general la mayor actividad de pastoreo se da entre las 06:00 h y las 19:00 h en un amplio rango de ambientes (Krysl y Hess, 1993; Hodgson, 1994).

El tiempo de pastoreo va a depender de las características del animal, como de las características de la pradera. El tiempo promedio de pastoreo de los bovinos es de 9 h/día. El tiempo promedio puede aumentar ó puede disminuir dependiendo de las necesidades del animal ó de las características físicas de la pradera y, va de un rango mínimo de 6 h a un rango máximo de 13 h (Hodgson, 1994; Krysl y Hess, 1993). Estos datos corresponden a un amplio rango de temperaturas, régimen de suplementación, manejo de pastoreo y tipos de forraje.

El tipo de forraje es otro factor que determina el tiempo de pastoreo, aunque en menor escala. Phillips y James (1998) reportan que el tiempo de pastoreo fue mayor para vacas que pastorearon pradera mixta Rye grass (*Lolium perenne*) y Trébol blanco (*Trifolium repens*), que vacas que pastorearon pradera monófito de Rye grass (*Lolium perenne*) las cuales registraron menor tiempo de pastoreo.

Los menores tiempos de pastoreo corresponden a animales con altos niveles de suplementación (8 Kg), mientras que los tiempos máximos de pastoreo se registraron en animales sin suplementación (Krysl y Hess, 1993).

El sistema de pastoreo no afecta el tiempo de pastoreo (h/día). Sin embargo, la carga animal sí afecta el tiempo de pastoreo. En cargas animales bajas el tiempo de pastoreo es menor en comparación con cargas animales altas, debido al hecho de que a mayor carga animal la disponibilidad de forraje disminuye (Popp *et al*, 1997) .

### **3.8. Forrajes tropicales**

Las gramíneas trópicas son plantas C4. Su actividad fotosintética le permite mejor utilización del agua y de los nutrimentos que las gramíneas de clima templado llamadas C3. Los forrajes tropicales se caracterizan por una velocidad de crecimiento más rápido que los forrajes templados. Este envejecimiento tiene por consecuencia la reducción del valor alimenticio. En efecto, se acompaña de un desarrollo de los tejidos vasculares más favorables a la lignificación. Esto induce un fuerte valor de las paredes celulares aunque limitadas en nitrógeno de allí que haya una disminución de la digestibilidad (Hodgson, 1994).

A pesar de las grandes cantidades de recursos de forraje que existe en el mundo, la producción animal en el trópico de América Latina presenta grandes problemas con relación a la calidad, cantidad y productividad de forrajes, consistiendo principalmente en pastos nativos, mejorados y naturalizados con poco potencial productivo. Durante la época de sequía hay falta de forrajes para cubrir los requerimientos de mantenimiento, crecimiento y producción de los animales particularmente en las regiones semitropicales y parte sur del estado de México (Romero et al., 2004).

Los forrajes constituyen la base nutricional para hatos lecheros en el trópico (Elizondo y Boschini, 2003). En la región tropical los forrajes son conocidos por su valor nutritivo de medio a bajo (Minson 1990; Aumont *et al.*, 1995). Sin embargo, como esto ha sido definido por numerosos expertos como Devendra y Mc Leroy (1982), y Humphreys (1991), un manejo intensivo de los forrajes, donde las zonas o territorios son limitados y donde los recursos alimenticios ricos en energía son escasos puede incrementar notablemente la producción animal. Por otro lado Hernández en el año 2005, menciona que durante la época seca, los pastos tropicales se caracterizan por alto contenido de carbohidratos estructurales, bajo contenido de carbohidratos solubles y menos de 7% de proteína.

Según Humphreys (1991), el remplazo de los forrajes nativos por las especies introducidas ha sido considerado como un paso obligado para lograr la intensificación.

La región tropical de México ocupa más de 50 millones de ha, cerca del 30% del territorio nacional. Dicho territorio se caracteriza por contar con un elevado potencial para la actividad ganadera, sin embargo, existen ciertas limitantes como la producción de forrajes tanto en cantidad como en calidad, además de la marcada estacionalidad de los mismos, por lo que las cantidades de forraje producidas resultan insuficientes para alimentar al ganado durante todo el año y obtener así, una buena producción de leche, carne y otros subproductos (SAGARPA, 2005).

En general en el sur del Estado de México, y particularmente en el municipio de Zacazonapan, se utilizan forrajes tropicales para alimentar al ganado. Entre las especies introducidas de mayor importancia destacan el pasto llanero (*Andropogon gayanus*), Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) y el pasto Chontalpo (*Brachiaria decumbens* cv. Chontatpo); y en cuanto a la pradera nativa se encuentra el zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), muela de caballo (*Brachiaria plantaginea*), zacate cabezón (*Paspalum convexum*), pata de gallina (*Eleusine indica*), hierba de vaca (*Paspalum scrobiculatum*), zacate horqueta (*Paspalum conjugatum*), zacate guarda rocío (*Digitaria bicornis*), frente de toro (*Paspalum notatum*) y barbas de indio (*Chloris virgata*) (Figuerola, 2010).

#### 3.8.1. Estrella africana (*Cynodon plectostachyus*)

El Pasto estrella de África es uno de los recursos forrajeros más utilizados por los productores en regiones con climas cálidos-húmedos (López, 2009).

El pasto Estrella Africana es una especie forrajera que ha sido establecida y ha persistido en praderas en los trópicos mexicanos ocupando actualmente una gran área de éste. Su dinámica de crecimiento se caracteriza por una rápida elongación de los estolones, producción y muerte de hojas, lo que significa que después de tres o cuatro semanas, después del corte o pastoreo, la materia muerta de plantas



lignificadas (que consiste principalmente de hojas y tallos) no es consumida por el ganado, y comienza a acumularse. Estas características muestran que los pastos requieren un manejo intensivo, con potreros de rotación con periodos cortos de ocupación y descanso (de 3-5 días y de 21-28 días, respectivamente) que varían según la época del año (en época de lluvias o secas) con el fin de aprovechar al máximo su potencial productivo (Hernández *et al.*, 2005).

En la región sur del Estado de México, los productores no tienen bien definido su sistema de rotación de praderas de pasto estrella, lo que hace imposible determinen el tipo de crecimiento y su Potencial productivo (López *et al.*, 2009). Más sin embargo, se demostró en este estudio que el pasto Estrella de África contiene en promedio 83 g PC/kg MS el cual se encuentra entre los valores reportados por Cabrera *et al.* (2005) con 56 g PC/kg MS y Sánchez *et al.* (1998) con 103 g PC/kg MS en la época seca y 117 g PC/kg MS en época de lluvias, el cual está condicionado por factores climáticos, particularmente por la lluvia.

### 3.8.2. Brachiarias

Los cultivares del género *Brachiaria* de origen Africano, han dominado durante las últimas décadas la disponibilidad de especies forrajeras en los trópicos permitiendo la incorporación de extensas áreas a la producción ganadera, incluyendo zonas consideradas marginales en el pasado por la pobreza de los suelos (CIAT, 2004). El pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) cumplió en su momento, con ser una buena alternativa, debido a su rusticidad y persistencia, incluso al mal manejo. Actualmente, ha perdido su resistencia a mosca pinta y su degradación es progresiva (Guiot, 2010).

En cambio los pastos del género *Brachiaria* abrieron nuevas expectativas para la ganadería tropical, por su amplio rango de adaptación, mayor cantidad de forraje y superior calidad nutricional. Esto ha permitido al ganadero elegir un pasto que mejor se adapte a las condiciones de su terreno y al tipo de explotación que maneja, dándole una mayor eficiencia y rentabilidad. Los pastos, Insurgente (*Brachiaria brizantha*) y Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) ampliamente difundidos, han tenido

buena adaptación agronómica en diversas ecosistemas; sin embargo, una de sus principales limitantes es la baja tolerancia a la sequía, por lo cual se requiere buscar especies forrajeras con mayor tolerancia a dicha época y que presenten una mayor calidad (Guiot, 2010).

### **3.9. Factores ambientales que afectan el comportamiento de las praderas**

El medio ambiente influencia significativamente el crecimiento y contenido de digestibilidad de material de la pared celular en el forraje. Una alta temperatura y humedad en el trópico, incrementa la tasa de maduración del tejido y se reduce la calidad del forraje. En más del 50% de especies tropicales los carbohidratos se reservan en las hojas, y el contenido de energía en la vaina o granos (Homan, 1996). Uno de los factores que afecta el valor nutritivo de los forrajes es el clima, por ejemplo los contenidos de carbohidratos, pueden verse notablemente afectados por la radiación recibida por las plantas (Minson *et al.*, 1990).

#### **3.9.1. Luz**

La energía solar transmitida en forma de Luz es la fuente de energía para la Activación del proceso fotosintético en todas las plantas verdes. Esta actividad que resulta de la síntesis de dióxido de carbono del aire con el agua que produce materia orgánica que sirve de base para todas las otras sustancias orgánicas que las plantas desarrollaran (Bogdan, 1997). La absorción y la utilización de la energía solar por el área vegetal están relacionadas con cantidades de energía reducidas por las hojas de forma individual y por toda el área. En un determinado instante los elementos fotosintéticamente activos de esa área comprenden una serie de estructuras de diferentes edades que están sujetas o sometidas a efecto de clima, o también de otras restricciones ambientales, Como un auto sombreamiento, que aumenta la perdida de producción de forraje (Rodriguez y Rodriguez, 1987).

#### **3.9.2. Lluvia**

La humedad del suelo está determinada por la lluvia principalmente, aunque puede ser modificada por la introducción de riego Como parte Del conjunto de variables

relativas de manejo. La lluvia puede afectar el contenido mineral del forraje, por ejemplo el calcio tiende a acumularse en las plantas Durante el periodo de sequía, encontrándose en menores cantidades, cuando los contenidos de fósforo son menores si abundan las lluvias (Minson *et al.*, 1990).

### 3.9.3. Temperatura

La temperatura es un factor importante para el desarrollo y crecimiento de la planta y para cumplir con un buen proceso de fotosíntesis (Cantú, 1989) Altas temperaturas reducen la producción y detiene el crecimiento del pasto, se deteriora y aumenta la cantidad de celulosa, lignina, pentosano y nitrógeno total (Muslera y Ratera, 1991).

El frio puede causar perjuicios por debajo del punto de congelación, pero las plantas pueden formar resistencia cambiando su metabolismo durante los periodos fríos. Por una disminución de la cantidad de agua libre, un aumento en la permeabilidad celular y como consecuencia se incrementa la concentración de azúcares totales (MEA, 1982).

### 3.9.4. Anhídrido carbónico

Es un factor que limita la eficacia del proceso de la fotosíntesis. Se encuentra en la atmósfera, una baja en el nivel de anhídrido carbónico en el aire afecta la eficiencia de la fotosíntesis y por tanto el crecimiento y producción del pasto (MEA, 1982) .

La participación de carbohidratos depende de una serie de factores fisiológicos, genéticos y del ambiente que en algunos casos puede ser manipulado para aumentar la productividad del forraje (Parsons *et al.* 1983).

## **3.10. Factores del animal que afectan el comportamiento de la pradera**

Entre los factores del animal que afectan a la Pradera y con ello el consumo Voluntario, se encuentran, selectividad, pisoteo, deposición de heces y orina y carga animal (Leaver, 1982).

### 3.10.1. Selectividad

La selectividad está en función de la palatabilidad del forraje, causa una alteración del balance natural entre especies y produce un efecto decisivo en la velocidad de restablecimiento de la pradera (Quintanar y Domínguez, 1988).

Las características de la superficie de las plantas tienen un efecto sobre el hocico, labio y lengua del animal, la oportunidad de la selección es determinada por las proporciones relativas de la pradera (Hodgson, 1994).

### 3.10.2. Carga animal

En cada explotación hay un nivel óptimo de carga (número de animales por unidad de superficie), que permite obtener producciones máximas compatibles con la duración de las praderas. La determinación de este tipo de carga debe realizarse en función de las necesidades a lo largo del año, para asegurarse que la cantidad de forraje ofrecida por día a los animales sea la necesaria (Muslera y Ratera, 1991)

### 3.10.3. Deposición de heces y orina

Entre el 20 y 30% de la MS consumida diariamente por las vacas en pastoreo es excretado en el estiércol. Esto cubre un área de 0.45-1.10 metros cuadrados, y la cantidad total depende de la carga animal (Muslera y Ratera, 1991) sin embargo, el depósito de las excretas no necesariamente reduce el consumo si la presión del pastoreo es alta. Un aumento en la carga del ganado aumentara la cantidad de heces devueltas, mejorando su distribución (Hodgson, 1994), La cantidad de orina depositada en la pradera es variable puede ser de 1.5-3.5, litros de volumen de micción y de 6 a 25 litros por vaca/día. La orina contiene de 6-15 g de N/L y 6 a 16 g/L por lo que la orina contribuye al crecimiento del pasto y no causa rechazo (Holmes, 1989; Hodgson, 1994).

### 3.10.4. Pisoteo

El Pisoteo de los forrajes y el suelo donde se presenta es una consecuencia que no se puede evitar en las praderas ya que al ser pastoreadas los animales tienen que estar presentes en las praderas (Martínez, 2002)

El pisoteo son las lesiones mecánicas producidas por los animales que pueden ocasionar la destrucción total de las plantas y es el daño producido por las pezuñas de los animales (Muslera y Ratera, 1991)

Los efectos del pisoteo se pueden ver claramente cuando el terreno está muy húmedo y blando, se enfanga y puede desaparecer la pradera, la única medida para evitar el pisoteo excesivo es retirar a los animales durante este periodo (Hodgson, 1994).

Una pradera mixta (leguminosas y gramíneas), resiste mejor al pisoteo de ganado que una siembra pura de leguminosas (Flores, 1988). Las praderas permanentes o naturales que llevan varios años en el terreno pueden desarrollar un sistema radicular denso y un suelo compactado que pueden tolerar mejor el pastoreo (Holmes, 1989).

### **3.11. Factores de la pradera que afectan el comportamiento al pastoreo del animal**

#### **3.11.1. Masa herbácea**

Se define como la cantidad de forraje en kg MS por unidad de superficie en un determinado periodo (Hodgson, 1981). El consumo voluntario aumenta significativamente conforme aumenta la masa herbácea (Flores, 1988).

En una pradera bajo cualquier forma de aprovechamiento, la tasa de mordida y el tiempo de pastoreo se incrementa progresivamente conforme disminuye la cantidad de forraje en la pradera y consecuentemente disminuye el consumo voluntario del animal (Hodgson, 1994).

#### **3.11.2. Digestibilidad**

El valor nutritivo del forraje puede expresarse en términos de digestibilidad, (Quintanar y Domínguez, 1988). Corresponde a la parte digestible y aprovechable por el animal, el resto es eliminado en las heces (indigestible). La digestibilidad disminuye con el grado de crecimiento o madurez del pasto (Flores, 1988). A lo largo del año se producen una serie de cambios en la estructura y composición del forraje, relacionadas con el estado fisiológico de la planta (Donald y Edmundo 1981). Depende, al mismo tiempo de la relación tallo-hoja que cambia de acuerdo al desarrollo fisiológico de la planta: los tallos tienen menor digestibilidad y decrece rápidamente conforme avanza su madurez (Flores, 1988).

Es importante suministrar forraje digerible para permitir un consumo voluntario de energía lo más alto posible dado que existe una estrecha relación entre consumo y digestibilidad (Leaver, 1982).

### 3.11.3. Altura y densidad de brotes

Hodgson (1994) menciona que los brotes son los núcleos de crecimiento para el desarrollo del tejido nuevo y están situados cerca del nivel de la tierra donde están protegidos del daño directo.

Hodgson (1994) menciona que en el pastoreo continuo mientras mayor sea la carga animal existe un menor intervalo entre la defoliación, por lo tanto, un mayor número de brotes. Mientras que Leaver (1982) indica que la cantidad de residuos de forraje después del pastoreo suave, afecta el grado de brotes en una pradera.

La utilidad de estimar la altura de la pradera en el manejo de las praderas es que es un indicador de las condiciones del estado actual de la pradera y proporciona información que indica directamente el consumo del forraje por el animal y sobre todo, permite ajustar la carga animal (Hodgson, 1994).

El consumo por bocado y la cantidad de forraje consumido disminuye progresivamente conforme decrece la altura, sin embargo en pastoreo continuo esto se contrarresta parcialmente por un aumento de la tasa de mordida (Leaver, 1982). La estructura y cubierta vegetal pueden limitar el consumo, ya que el animal, no

alcanzará a recoger en cada bocado la cantidad suficiente de forraje, y no cubrirá sus necesidades nutricionales (Muslera y Ratera, 1991).

### **3.12. Factores de los animales que afectan el consumo de forraje**

De los factores de los animales importantes, que determinan el consumo voluntario se encuentran: raza, edad, peso corporal y condición corporal, número de Particiones, gestación, etapa de lactación, rendimientos de leche y alimentación Previa (Ingvarsen, 1994).

#### **3.12.1. Raza**

El factor de la raza, dentro de los bovinos lecheros se considera que el consumo del ganado Jersey es 26% mayor por cada 100/Kg de peso vivo en comparación con razas de talla grande (Friesian Danes y Danes Rojo) (Ingvarsen, 1994). La afirmación anterior es distinta de lo reportado por Foldager y Haarbo, (1994) quienes analizaron las ecuaciones de estimación de "capacidad de consumo Voluntario" del sistema danés en el cual concluyen que, la máxima capacidad de consumo voluntario del ganado Jersey con un peso corporal promedio de 347 Kg, es solo del 79.4% con respecto a la capacidad de consumo de ganado Danés Rojo que promedia 500 Kg de peso vivo. Por lo tanto estos resultados se contraponen a lo reportado por Ingvarsen (1994) para el mismo tipo de ganado.

Persaud, *et al.* (1991), quienes realizaron un análisis retrospectivo de los registros de consumo de alimento de bovinos Holstein-Friesian y, en el cual concluyen, que existe una correlación genética positiva entre el peso vivo y el consumo voluntario. Lo anterior da sustento a lo reportado por Foldager y Haarbo (1994) de que a mayor peso corporal mayor capacidad de consumo de MS.

#### **3.12.2. Edad**

La edad está estrechamente relacionada con los requerimientos de nutrientes y de consumo de MS de acuerdo a las diferentes etapas fisiológicas de los animales

(crecimiento, lactación, gestación, periodo seco). Además se relaciona con el comportamiento de los animales al pastoreo.

La capacidad de consumo en el primer tercio de lactación de vacas primerizas a la edad de 2 años con un peso de 500 Kg es solo cercano al 80% en comparación con vacas multíparas, y solo cerca de dos terceras partes de esta diferencia son explicadas por las diferencias en el peso vivo y los rendimientos de leche (Ingvarsen, 1994).

En animales de 7 años de edad se reporta que la actividad de caminar durante el Pastoreo disminuye con la edad, al disminuirse las distancias diarias recorridas por animales de estos, en comparación con animales de 3 años los cuales realizan recorridos mayores en la búsqueda de su alimento (Krysl y Hess, 1993). Esto Puede tener su explicación debido a que animales jóvenes que no han alcanzado su máximo crecimiento y por lo tanto la máxima capacidad de consumo tienen menor presión para lograr cubrir sus requerimientos de CV de MS, por lo que pueden ser más selectivos y en este proceso recorrer mayores distancias en la búsqueda de forrajes de mayor calidad. Contrario a lo que puede suceder con animales maduros (5 años) que han alcanzado su máxima capacidad de CV de MS, así como sus máximos rendimientos de leche; con lo cual tienen mayor presión en cubrir su CV en el menor tiempo posible con lo que las distancias recorridas por día disminuyen.

Respecto a la edad y el comportamiento al pastoreo de los animales se tiene que animales jóvenes dan mordidas ligeras las cuales son menos profundas que las de los animales adultos. La tasa de mordida así como también el tiempo de pastoreo es menor en animales jóvenes, esto permite que los forrajes consumidos por animales jóvenes sean de mayor calidad y estén relacionados con mayores concentraciones de N (9/Kg MS) y menor contenido de cenizas, FND, FAD y LAD (9/Kg MS) (Ferrer y Petit, 1995).

### **3.13. Estructura celular de los forrajes**

#### **3.13.1 Pared celular**



Entre las estructuras que caracterizan y definen a las células vegetales está la pared celular. Antiguamente se pensó que la pared celular era rígida y químicamente estable, equivalente a una armazón inerte, cuya función principal era proporcionar protección y forma a la célula. Ahora se considera que la pared celular es importante por dos razones; primera, por que determina, en gran medida, la morfología y en menor grado, la función celular y segunda, porque podría estar directamente involucrada en la regulación de la expansión celular, ya que constituye la envoltura que limita la célula (García y Peña, 1995).

En las células de las plantas la membrana plasmática está rodeada por una pared celular, la cual sirve como soporte elemental en una planta. Un gran porcentaje de los tejidos vegetales está representando por la pared celular (35-80). Las paredes celulares (FND) están constituidas de celulosa, hemicelulosa, proteína y lignina; además contienen cantidades pequeñas de pectina, grupos acetilos y constituyentes fenólicos (Hernández, 2001).

### 3.13.2. Funciones de la pared celular

Tiene una función muy importante en la vida vegetal mediante el desarrollo de numerosas y complejas funciones, durante los eventos de crecimiento, desarrollo y durante la exposición a cualquier estrés biótico o abiótico. Además, da forma y soporte a la célula vegetal; la pared protege al protoplasto del daño ambiental, previene la difusión de iones y agua al exterior de la membrana celular, define las interacciones y comunicación entre las células; puede actuar como estructura de almacenamiento, forma canales para la circulación de fluidos, e interviene en el transporte del simplasto al apoplasto. Debido a la gran cantidad de carbono y nitrógeno fijado en la pared celular, es una fuente potencial de estos elementos en el suelo y la atmósfera, después de la intervención de la microflora natural del suelo; además, esta estructura extracelular es el origen de los grandes yacimientos de petróleo, gas y carbón natural, en los que se ha basado el desarrollo de la humanidad. Con base en lo anterior, es válido decir que la pared celular vegetal tiene una fundamental importancia para la continuidad de la vida en el planeta, ya

que representa la gran proporción de materia orgánica (energía y nutrientes) permanentes en el suelo y sedimentos, que son reciclados por las diferentes formas de vida (Esaú, 1976).

### 3.13.3. Componentes de la pared celular

La pared celular de las plantas superiores típicamente está constituida por tres capas, denominadas lámina media, pared primaria y pared secundaria (Ralph, 1996; García y Peña, 1995). La lámina media forma una capa intracelular amorfa, conformada por polisacáridos con pectina y lignina, entre las paredes celulares de células adyacentes y es la primera región que se forma cuando la célula se divide (Orpin, 1984). Para el caso de la formación de la pared primaria, se inicia entre las células que están concluyendo su división, donde se generó una placa celular que dará origen a la lámina media y consta de dos capas, que contienen fibras longitudinales y transversales de celulosa depositadas en forma de hélice alrededor del eje celular. La pared secundaria es diferente a la primaria en estructura, morfología, composición y características bioquímicas. Ésta puede tener una gran variedad de patrones (espiral, anular reticulado, éscalariforme) y se caracteriza por la presencia de depresiones y cavidades de profundidad y extensión variable, denominadas punteaduras que interrumpen la continuidad de la pared celular (Preston, 1979; Orpin, 1984).

Cuando están presentes ambos tipos de pared celular, la primaria y la secundaria, en una célula vegetal y se ha completado su desarrollo, la primera es de menor grosor. La pared celular secundaria es diferente a la pared primaria en estructura, morfología, composición y características bioquímicas; además, es común que su grosor se modifique a lo largo de la superficie celular (Salisbury y Roos, 1992). Sin embargo, las células juveniles en crecimiento, algunas de almacenamiento maduras, las fotosintetizadoras de las hojas, las células del parénquima y algunos otros tipos celulares, vistos con microscopio electrónico, generalmente muestran sólo dos regiones en la estructura que las rodea: la pared primaria y la lámina media.

Esta última es el componente que mantiene unidas entre sí a dos células adyacentes (Salisbury y Roos, 1992).

#### 3.13.4. Constituyentes de la pared celular

La pared celular está formada por una fracción insoluble (hemicelulosa, celulosa, lignina, etc.). La distribución y proporción de los polisacáridos y polímeros en la pared celular, difieren según el tipo y estado fenológico del forraje (Hernández, 2001).

#### 3.13.5. Celulosa

La celulosa es un polisacárido constituido por cadenas de glucosa con enlaces B1-4 glucósidos obtenida junto con la hemicelulosa y la lignina mediante el esquema de extracción de Van Soest, forma parte de la fracción detergente neutro (FDN) (Van Soest, 1968).

#### 3.13.6. Hemicelulosa

Es un grupo amplio de polisacáridos que tienen la propiedad de unirse a la celulosa mediante múltiples puentes de hidrogeno, por lo que se obtienen conjuntamente con detergente neutro a través del sistema Van Soest (Van Soest, 1968).

#### 3.13.7. Lignina

Es un polímero aromático, constituido por un complejo de monómeros de fenilpropano unidos por uniones C-C y enlaces C-O-C (éter), el cual constituye una parte importante de las porciones leñosas de las plantas, así como otras biomoléculas aromáticas. Su composición es variable y depende del método químico usado para su extracción; después de su oxidación se obtienen derivados alcohólicos que se pueden clasificar en tres grupos: p-cumaril, coniferil y sinapil (Ralph y Helm, 1993). De éstos se derivan el ácido p-cumárico y el ácido felúrico (fenilpropanoides) a partir de los cuales se sintetiza la lignina (Ralph y Helm, 1993).

La proporción de estos ácidos varía de acuerdo con el tipo de planta (Van Soest, 1982).

El contenido de lignina en los forrajes es muy variable, ya que, de acuerdo como avanza la madurez fisiológica de la planta, aumenta el contenido de lignina en gramíneas y leguminosas. El contenido de ácidos fenólicos aumenta también al avanzar la madurez de las gramíneas, aunque no en las leguminosas. Las leguminosas son, generalmente, más ricas en lignina que las gramíneas, aunque la solubilidad en álcalis es menor en las leguminosas. La lignina de las leguminosas parece más condensada y, potencialmente, son menos reactivas que las ligninas de las gramíneas (Fahey y Berger, 1993). Las especies tropicales de gramíneas tienen valores más elevados de lignina, que las especies de zonas templadas. Por lo tanto, la lignina es el componente químico de la fibra que se asocia con mayor frecuencia a la indigestibilidad de los nutrientes y se ha demostrado su utilidad para predecir la cuantía de la digestión de la fibra (Church, 1993).

### **3.14. Técnicas para determinar la composición botánica de los bovinos en pastoreo.**

Existen diferentes métodos utilizados para evaluar la composición botánica de animales en pastoreo, entre ellos: la observación directa del animal, la técnica de utilización de pastizales, análisis de contenido estomacal, análisis de heces y, las técnicas de fístula esofágica y ruminal (Chávez, 1990).

#### **3.14.1. La técnica de observación directa.**

Extensamente, es usado en estudios pasados y presentes los procedimientos de composición botánica de la dieta de herbívoros por observación directa del animal pastoreando, la simplicidad, el menor requerimiento de equipo y al fácil uso, son las mayores ventajas de la observación directa (Holechek *et al.*, 1982b). La observación se limita a un solo animal por persona y que sea solo por el día (Chávez, 1990).

Este método requiere un observador con conocimiento de las plantas en todos los estados de madurez, de las especies presentes en el agostadero y que haga la

estimación de los bocados a una distancia de 4m. (Ramírez, 2003). Este método es de utilidad cuando se desea conocer la importancia de cada categoría vegetal (gramíneas, herbáceas y arbustos) en la dieta de animales (Chávez, 1990).

La dificultad en la identificación de las especies y la cuantificación de cómo las plantas son consumidas, son los problemas asociados con el procedimiento. La observación cuantitativa por observaciones directas ha sido obtenida por el conteo de bocados y por la técnica de los minutos de alimentación (Holechek *et al.*, 1982b). Cuando la técnica de los minutos de alimentación es empleada, el tiempo pastoreado de cada especie es cuantificado y es asumido que es proporcional a la importancia de la especie en la dieta (Lusigi *et al.*, 1984). El procedimiento de conteo de bocados difiere en que se cuenta el número de bocados tomados, por cada especie, y no la duración del tiempo de pastoreo (Reppert, 1960). Free *et al.*, (1971) modificaron la técnica de conteo de bocados para cuantificar el peso por bocado de las especies forrajeras de la dieta. Los datos de las especies encontradas, fueron entonces convertidos de porcentajes relativos a peso.

La selección de la dieta es un acto de comportamiento complejo que es influenciado por varios factores, la condición fisiológica, el grado de hambre, la topografía, otros animales presentes, experiencias de pastoreos pasados todo influye en cual y como muchas de las especies individuales de plantas son consumidas. Los factores previamente mencionados pueden ser severamente alterados por el uso de animales criados y mantenidos artificialmente. Los factores que influyen la exactitud y la precisión de los procedimientos de observación directa incluyen el grado de entrenamiento del observador, la complejidad de la comunidad de plantas presentes y desarrollo fenológico de las plantas. La identificación de las plantas debe ser un problema mucho menor en agostaderos desérticos donde las plantas están extensamente espaciadas que en las praderas donde las plantas están muy cercanas entre sí (Holechek *et al.*, 1982b).

#### 3.14.2. El análisis del contenido estomacal.

Un procedimiento común usado en las investigaciones con animales salvajes es el análisis del tracto intestinal y estomacal. Es un método que implica el sacrificio del animal, lo que eleva su costo, siendo esta su principal desventaja. Este método se justifica con trabajos de fauna silvestre, siempre y cuando la población de la especie en estudio sea alta (Chávez, 1990). Otra desventaja es que, los diferentes grados de destrucción, durante la digestión de las especies de forrajes, altera la proporción de alimentos consumidos (Vavra y Holecheck, 1980).

#### 3.14.3. Análisis fecales.

Últimamente los análisis fecales han recibido mayor uso para la evaluación de los hábitos alimenticios de los herbívoros en el pastizal que cualquier otro procedimiento. Las ventajas del análisis fecal son; que esta técnica no interfiere con los hábitos normales de los animales, también permite prácticamente muestreos ilimitados y no provoca movimientos limitados del animal, tiene un valor particular cuando los animales pastorean sobre mezcla de comunidades, este es un procedimiento susceptible de usarse cuando se estudian especies en peligro o protegidas, y puede ser usada para comparar dietas de dos a más animales al mismo tiempo, los muestreos requieren muy poco equipo (Mofareh *et al.*, 1997).

Por otro lado las desventajas incluyen que la exactitud es un problema porque las especies del forraje que pasan a las heces frecuentemente no son proporcionales a las consumidas; los índices de preferencia no pueden ser exactamente asignados por qué no puede ser determinado donde se consumió el alimento; la identificación de heces puede ser un problema; considerable equipamiento y trabajo es requerido para los análisis; una extensa colección de plantas de referencia es requerida; un observador debe ser entrenado para ordenar la exacta identificación de los fragmentos de plantas; muchas de las plantas son difíciles de separar por especie y a veces por género; la identificación de las plantas es consumidora de tiempo; la destrucción de alguna especie de planta puede ocurrir durante la preparación del porta objetos; los procedimientos de colección de muestras pueden sesgar el resultado; algunas especies pueden no ser identificables en las heces; la

identificación puede ser complicada con la edad del material fecal antes de la colecta de muestras; la fragmentación puede diferir entre especies durante la digestión entonces la proporción relativa aparecerá diferente. La lista previa de las desventajas del análisis fecal indica que la exactitud es una limitación general (Holechek *et al.*, 1982).

Vavra *et al.*, (1978), comparó muestras de fístulas esofágicas y fecales en ganado en un pastizal corto en el noroeste de colorado. Ellos encontraron que durante la temporada de crecimiento las muestras fecales tendieron a subestimar el porcentaje de arbustos y sobrestimar el porcentaje de pastos en la dieta comparando al muestreo de fístula. Las desviaciones debido a las digestiones diferenciales pueden ser reducidas por el desarrollo de ecuaciones de regresión entre los valores estimados y actuales para corrección del sesgo.

#### 3.14.4. La técnica de la fistula.

Las técnicas de la fístula esofágica y ruminal tienen considerable ventaja sobre el método de muestreo previamente discutido por que están disponible para el investigador muestras de forrajes naturalmente obtenidos. Por lo tanto, la fístula esofágica es generalmente preferida sobre la fístula ruminal, por que la evacuación sujeta a los animales a una condición anormal, y es limitado a animales grandes y es más laborioso. Las muestras de fístulas esofágicas se han encontrado más representativos para conocer las dietas que las muestras ruminales (Holechek *et al.*, 1982). Una ventaja del muestreo ruminal sobre el muestreo de la fístula esofágica es que la muestra ruminal contiene todo el forraje consumido durante la colección. La fístula esofágica puede llegar a taparse permitiendo que el material pase hasta el rumen o el forraje puede ser perdido por la bolsa de colección la cual es requerida con animales fistulados en el esófago (Van Dyne and Torell, 1964).

Los problemas asociados con el uso de la fístula esofágica incluyen contaminación por contenido ruminal, recuperación incompleta, costos altos y precisión baja de muestreo para especies individuales en la dieta. Las muestras contaminadas por contenido ruminal no pueden ser usadas para análisis botánico.

Bath *et al.*, (1956) reportó que los periodos de colección mayores de treinta minutos incrementaba la oportunidad de regurgitación del contenido ruminal dentro de las bolsas de colección. Por lo tanto, se ha encontrado que este problema es primariamente relacionado al tiempo previo de las comidas. Reteniendo los alimentos de los animales por una pocas horas usualmente se sobrelleva este problema.

#### 3.14.5. Técnica microhistología denominada también como microtécnica

Es una forma de taxonomía basada en la identificación y cuantificación de tejidos epidérmicos vegetales presentes en mezclas de plantas, heces, contenidos ruínales, estomacales o fistulares (Catan *et al.*, 2003). Para la aplicación de dicha metodología se requiere la identificación de caracteres epidérmicos tales como células epidérmicas propiamente dichas, estomas, aparatos estomáticos, pelos, tricomas y glándulas (Catan *et al.*, 2007)

Fue diseñado por Dusi (1949) como un método cualitativo; dos décadas más tarde Sparks y Malechek (1968) la convirtieron además, en un método cuantitativo. La base de esta técnica radica en la identificación y cuantificación de fragmentos epidérmicos vegetales presentes en muestras de ex trusa, estomacales o fecales. El tejido epidérmico resiste el proceso digestivo, por lo que es posible identificar los fragmentos en las muestras de estómago y fecales. Estas muestras se procesan con reactivos que elimina el parequima y floema, a fin de conservar solo la epidermis y los haces del xilema (que auxilian en la identificación). El tejido epidérmico presenta características distintivas que permiten identificar familias, géneros y especies de plantas en general; sin embargo, existen especies y géneros de familia Gramineae o Poaceae que resulta difícil de diferenciar debido a la semejanza histológica de la epidermis.

La técnica se basa en la elaboración de dos tipos de laminillas, las permanentes o de referencia (también conocidas como laminillas patrón) y las temporales.



## **IV. OBJETIVOS**

### 4.1. Objetivo general

Conocer la composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito en lactación en pastoreo en la época de secas en el municipio Zacazonapan, Estado de México.

### 4.2. Objetivos específicos

1. Determinar las características anatómicas de la epidermis de cada órgano para estar en condiciones de poder identificar a que órgano pertenecen las partículas epidermis en las muestras de heces y estomacales de las vaca.
2. Determinar la densidad relativa a partir de la frecuencia acumulada ya que es el dato básico para el cálculo de la composición botánica.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Zona de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Zacazonapan, localizado al suroeste del Estado de México, a  $19^{\circ}00'$  latitud norte y  $100^{\circ}12'$  latitud oeste, a una altura de 1,470 msnm. El clima predominante es cálido subhúmedo con humedad moderada, la temperatura media anual es de  $23^{\circ}\text{C}$ , con una temperatura máxima anual de  $31^{\circ}\text{C}$  y mínima de  $15^{\circ}\text{C}$  y una precipitación de alrededor de 1,115 mm anuales.

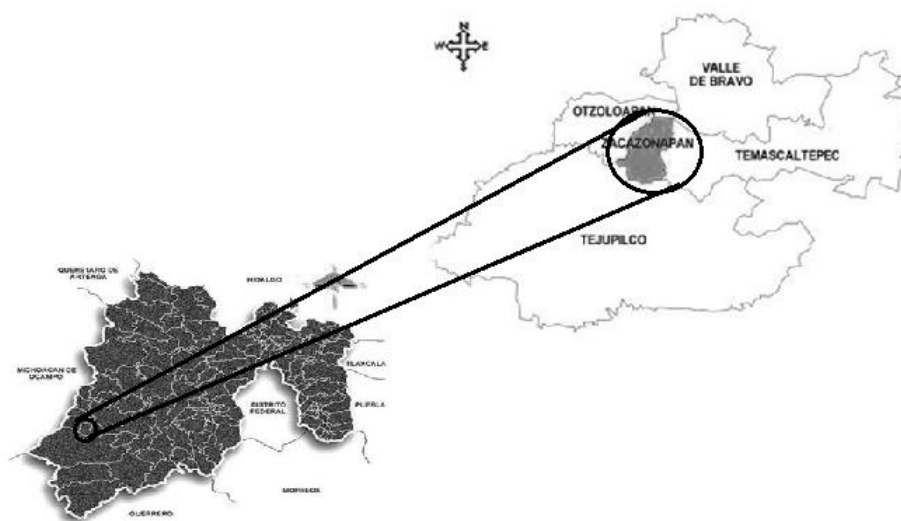


Figura 3. Mapa Del Municipio De Zacazonapan.

#### 5.1.1. Unidades experimentales

Se seleccionó una unidad de producción (UP) por intención debido a las características de producción y manejo que realiza. Durante la época de lluvias la alimentación se basa exclusivamente en el pastoreo extensivo en agostaderos con una amplia diversidad de especies vegetales, que en general cubren los requerimientos nutricionales de los animales. Por otro lado, en la época de estiaje, el forraje disponible en los agostaderos es limitado en cantidad y calidad, por lo que los productores se ven en la necesidad de suplementar a sus animales en cantidades que oscilan entre 5 y 8 kg/vaca/día de alimento concentrado los

productores realizaban sus alimentos concentrados basándose en alimentos balanceados comerciales y mazorca molida.

El rubro de alimentación durante el estiaje representa el 49.2% de los egresos totales en promedio para cada UPDP, por lo que los costos de producción se elevan considerablemente debido al uso de suplementos, aunado a esto los ingresos por venta de carne en forma de becerros destetados o animales de desecho es mínima comparado con lluvias, lo que refleja la importancia de la venta de leche, como principal fuente de ingresos totales con un 54% para estiaje y 42% para lluvias, siendo el flujo de efectivo que genera esta actividad lo que permite mantener a la UPDP.

#### 5.1.2. Animales

Se utilizaron vacas Pardo Suizo (entre 12 –18), en diferentes etapas de lactación, con un peso promedio de  $414 \pm 13$  kg de peso vivo, condición corporal de  $1.6 \pm 0.2$  (en una escala de 0 a 5 puntos) y un promedio de  $3.2 \pm 1.8$  partos, asignadas aleatoriamente a cada uno de los tratamientos y el control, teniendo 6 vacas por tratamiento.

El muestreo de la composición botánica de la pradera (CBP) se midió los últimos cinco días de cada periodo experimental (PE). La CBP se determinó a partir de la observación directa del forraje consumido por las vacas experimentales, colocando un cuadrante metálico (0.5 x 0.5) en el lugar de consumo, dentro del cual se contarán el número de plantas. Posteriormente se cortó el forraje dentro del cuadrante a ras del suelo.

A partir de lo anterior se determinó la composición botánica (especies de pastos). El forraje cortado dentro del cuadrante fue separado por especie, a partir de los cuales se prepararon laminillas permanentes (muestras patrón), de las especies de plantas presentes en el área de pastoreo. Además se separó cada especie de pasto por tallo, vaina, lámina e inflorescencia, con el objetivo de facilitar la identificación

específica. Después, se realizó la identificación taxonómica de cada una de las especies.

## **5.2. Composición botánica de la dieta (CBD).**

Con el propósito que el análisis de la dieta fuese representativo de la CBP, las muestras de heces se recolectaron durante la ordeña, en el mismo periodo que se realizó la evaluación botánica del agostadero. Las muestras de heces se tomaron directamente del recto de cada animal, estas se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 70°C por 48 h, y posteriormente se molieron en un molino Willey con una malla de 1mm.

A continuación se procedió a la elaboración de las laminillas temporales (González y Amendola, 2010). Las especies que quedaron dentro de los campos de las laminillas se contabilizaron para obtener la CBD. Se prepara 14 portaobjetos por muestra, por periodo de heces del animal, en el cual se evaluaron 280 campos en un microscopio óptico de 10x. En cada campo se determinó la frecuencia relativa (FR), densidad relativa (DR) y tasa de selección (TS) o índice de preferencia (IP), (Coates y Penning, 2000).

## **5.3. Periodos de estudio**

El estudio se llevó a cabo durante la época de estiaje (febrero-mayo 2015) caracterizada por la suplementación con concentrados a las vacas en lactación, con una baja disponibilidad y calidad del forraje. Los periodos experimentales fueron de 7 días, iniciando en el mes de febrero de 2015 que es el inicio de la época crítica por la escasez de forraje, y prolongándose hasta el mes de mayo o bien al inicio de la época de lluvias.

## **5.4. Variables**

Identificación de caracteres epidérmicos:

- Células epidérmicas
- Estomas

- Aparatos estomáticos
- Pelos
- Tricomas
- Glándulas

## **5.5. Análisis Microhistológico de heces**

### 5.5.1. Periodos de estudio

El análisis microhistológico se realizó en los meses de diciembre de 2016 a junio de 2017, que corresponden a la época de estiaje caracterizada por la suplementación con concentrados a los animales debido a la baja disponibilidad y calidad de forrajes herbáceos. Los muestreos se realizaron cada 28 días, teniendo para época de estiaje 7 muestreos.

### 5.5.2. Selección de animales

Del hato total se muestrearon a las vacas que se encontraban en producción en la UP, sin importar las características de producción (edad, número de partos, días de lactación, etcétera).

### 5.5.3. Colección de muestras de heces

Las muestras de heces se colectaron mediante muestreo directo vía rectal, para cada una de las vacas, las cuales se colocarán en bolsas de plástico debidamente identificadas, para su posterior preparación para los análisis correspondientes.

Estas muestras fueron secadas en la estufa de aire forzado durante 48 horas o hasta peso constante a una temperatura de 60°C. Después se molieron en un molino Wiley con criba No. 20 de 1mm y se almacenaron para posteriores análisis.

### 5.5.4. Preparación de laminillas patrón

Para la preparación de patrones se realizaron cada 28 días seguimientos durante el pastoreo a las vacas seleccionadas, esto con el fin de determinar la preferencia de

especies vegetativas por observación, tomando muestra de partes vegetativas por separado de las especies consumidas.

De los órganos de las especies consumidas por el animal se elaboraron dos laminillas permanentes, una para realizar la descripción de las características de la epidermis y la otra para integrarla a un archivo. El proceso para la elaboración de laminillas de hojas y tallos fue por raspado de epidermis (González-Embarcadero, 2010):

Las partes vegetativas se trabajaron en fresco, se colocó una hoja fresca sobre un portaobjetos y con la ayuda de una navaja de bisturí se empieza a raspar por su parte media del envés hacia el haz, hasta eliminar la epidermis del envés y parénquima clorofílico, de tal forma que la epidermis del haz quede de aspecto traslucido. Mientras que para el tallo, el segmento de este órgano se obtendrá por corte paralelo a su superficie externa, se coloca con la epidermis hacia la superficie del portaobjetos y se raspa el parénquima clorofílico hasta dejar la epidermis traslucida.

Durante el raspado se fue lavando la epidermis con agua destilada para eliminar los tejidos separados. Los fragmentos de epidermis separados se montaron en jalea de glicerol, se etiquetaron y se almacenaron para su posterior lectura.



**Figura 4 - Raspado de epidermis.**

#### 5.5.5. Preparación de laminillas temporales

De cada muestra de las vacas en estudio se prepararon 2 laminillas temporales, de las cuales se leyeron 20 micro parcelas. Para la preparación de estas se homogeneizaron la muestra debidamente procesadas. Cada muestra fue sujeta a dos ebulliciones, la primera en agua durante dos a tres horas, y la segunda en hipoclorito de sodio durante 30 a 120 minutos. En cada ebullición se colocó la muestra en un vaso de precipitado de 250 ml, se le agregó el agua o hipoclorito de sodio en cantidad suficiente para que la muestra no se seque durante el hervor. Entre ebulliciones las muestras se vertieron en un tamiz del número 120 y se lavaron a chorro de agua durante un minuto, volviendo la muestra al vaso de precipitado

para continuar con el proceso de ebullición, repitiendo este proceso hasta que la epidermis quede transparente y sin pigmentos clorofílicos.

Una vez obtenida la muestra transparente y sin pigmentos, se procedió a realizar el montaje de las laminillas, que fueron debidamente etiquetadas y almacenadas para su posterior lectura.

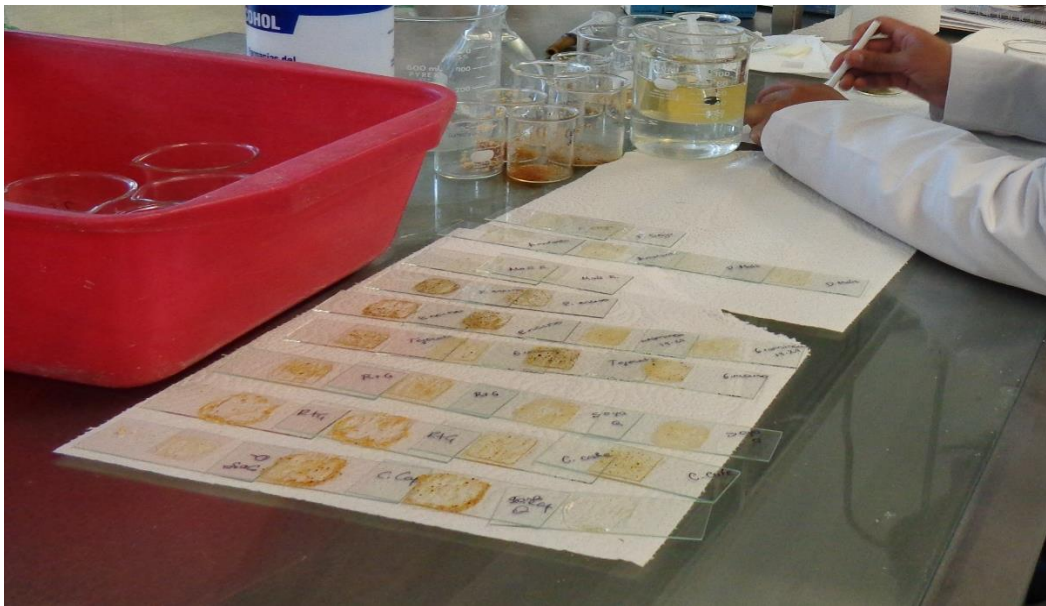


**Figura 5 - Ebulliciones las muestras.**





**Figura 6. Lavado de muestras, durante el proceso de ebullición.**



**Figura 7. Montaje de laminillas**

#### 5.5.6. Cuantificación de especies identificadas en las laminillas

El análisis cuantitativo al microscopio se realizó a 100 aumentos: 10 aumentos del ocular por 10 del objetivo. Cada área circular comprendida en cada observación fija al microscopio a 100 aumentos constituye un campo al cual se le denomina microparcela y representará una unidad de muestreo, cada laminilla se considera una población de partículas. En cada laminilla se distribuyeron de forma uniforme 20 microparcels en forma sistemática, para que se puedan distribuir 20 microparcels por laminilla.

Con la finalidad de evitar la repetición de lecturas en campos ya examinados, se marcaron y numeraron con anticipación las 20 microparcels en el cubreobjetos (24x40mm) antes de realizar el montaje de las laminillas.

Una vez marcadas y montadas las laminillas se inició el conteo de frecuencias de las especies presentes en las laminillas, cabe mencionar que solo fueron las frecuencias y no la densidad, como lo refiere Sparks y Melecheck (1968), en las observaciones solo se registró la presencia de las diferentes especies y no se lleva registro del número de partículas de cada especie. Esto debido a que de esta forma se evita tratar de identificar partículas sin características determinadas y por tanto se redujo el tiempo por observación (González-Embarcadero, 2010).

La identificación se llevó a cabo principalmente a partir de fragmentos epidérmicos solos o acompañados de tricomas, estomas, cristales o glándulas, en el caso de que se observaron tricomas dispersos que no estaban adheridos a fragmentos no se contabilizaron, los registros se realizaron en una plantilla de registro previamente elaborada (Anexo 1).

#### 5.5.7. Conversión de frecuencia acumulada a densidad relativa.

Se determinó la densidad relativa a partir de la frecuencia acumulada ya que es el dato básico para el cálculo de la composición botánica, el cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$F = FA/N$$

Dónde:

F= Frecuencia relativa.

FA= Frecuencia acumulada, que es la suma de los campos en que se le registró a la especie o componente.

N= Número total de campos analizados.

El siguiente paso fue convertir la frecuencia relativa en densidad con la siguiente formula:

$$D = \text{No. plantas}^{-\ln}(1 - F)$$

Dónde:

D= Densidad.

No. Plantas= no. Plantas por m<sup>2</sup>.

F= Frecuencia relativa.

Por último se estima la densidad relativa de la siguiente forma:

$$DR_a = D_a / \sum_1^n D_i$$

Dónde:

DR<sub>a</sub>= Densidad relativa de la especie o componente a.

D<sub>a</sub>=Densidad de la especie o componente a.

D<sub>i</sub>= Densidad de cada una de las especies o componentes.

Finalmente la DR se expresa en porcentaje y son los valores que se toman como composición botánica de la dieta de los animales

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2, se presenta la composición botánica de la pradera (CBP). En la pradera se identificaron cinco tipos de pastos tales como: *Cynodon plectostachyus*, *Paspalum notatum*, *Paspalum convexum*, *Andropogon gallanus* y *B. humidicola*. Además, se identificó la presencia de cultivo de maíz (*Zea maíz*). En relación a especies herbáceas se identificó *Aeschynomene sp.*, *Bidens pilosa*, e *Ipomea tricolor*.

Las arbóreas no se encuentran reportadas en la CBP, debido a que la metodología utilizada no las considera. Sin embargo, en un estudio previo realizado por Ortíz-Rodea (2013) se reportó la presencia de 25 árboles que en algún momento las vacas consumen ya sea el follaje, el fruto o la flor (Anexo 2).

Cuadro 2. Composición botánica del estrato herbáceo en la pradera expresada en porcentaje por mes

Mes	Diciembre	Enero	Febrer o	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Media
<i>C. plectostachyus</i>	34.3	33.3	41.7	35.1	33.3	35.7	29.5	34.7
<i>P. notatum</i>	17.1	15.2	11.1	10.8	27.8	11.9	13.6	15.4
<i>P. convexum</i>	11.4	15.2	5.6	27	13.9	26.2	18.2	16.8
<i>Z. maíz</i>	14.3	18.2	27.8	16.2	13.9	14.3	15.9	17.2
<i>A. gallanus</i>	5.7	12.1	8.3	10.8	11.1	11.9	9.1	9.9
<i>B. humidicola</i>	8.6	6.1	2.8	0	0	0	6.8	3.5
<i>Aeschynomene sp.</i>	2.9	0	0	0	0	0	0	0.4
<i>B. pilosa</i>	2.9	0	2.8	0	0	0	6.8	1.8
<i>I. tricolor</i>	2.9	0	0	0	0	0	0	0.4

El pasto *Cynodon plectostachyus* fue el de mayor presencia en el agostadero con 34.7%, seguido por maíz con 17.2%, *Paspalum convexum* 16.8%, *Paspalum notatum* con 15.4%, *Andropogon gallanus* 9.9%. Los pastos representan en

conjunto el 80.2% de la CBA. Mientras que las herbáceas *Aeschynomene sp*, *Bidens pilosa* e *Ipomea tricolor* representan el 2.6%.

La baja proporción de las herbáceas se debe a que únicamente se encontraron en el mes de diciembre, debido a un efecto residual de la época de lluvias, es decir, herbáceas que se acumularon en la pradera y hasta el mes de diciembre y febrero estaban presentes en la pradera. En el caso de *Bidens pilosa*, se volvió a reportar en el mes de junio debido a la precipitación de lluvias que correspondieron al inicio de la época de lluvias.

En el Cuadro 3 se presenta la composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito en pastoreo extensivo expresado en porcentaje por mes, donde se observa consumo de *C. plectostachyus*, *P. notatum*, *P. convexum*, *C. alata*, *Z. maíz*, *P. dulce*, *A. farnesiana* y *A. gallanus*.

De acuerdo a su porcentaje en la dieta las especies consumidas fueron *C. plectostachyus* (46%), *Zea maíz* (15%), *Paspalum notaum* (14%), *Acacia farnesiana* (11%), *Andropogun gallanus* (6%), *Paspalum convexum* (4%), y *Crescentia alata* (3%). Tres de ocho especies presentes en la CBD fueron del estrato arbóreo y el resto del estrato basal.

Cuadro 3. Composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito en pastoreo extensivo

Mes	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Media
<i>C. plectostachyus</i>	49	56	42	45	45	44	38	46
<i>P. notatum</i>	20	11	15	12	13	12	15	14
<i>P. convexum</i>	6	3	5	4	3	3	4	4
<i>C. alata</i>	4	2	2	2	2	3	3	3
<i>Z. maíz</i>	3	7	20	18	18	18	19	15
<i>P. dulce</i>	3	3	2	2	2	2	2	2
<i>A. farnesiana</i>	9	11	9	11	11	12	13	11
<i>A. gallanus</i>	4	6	5	5	6	6	6	6

Como se ha mencionado anteriormente, los productores suplementan a las vacas en lactación con 5 kg de concentrado a base de maíz mazorca, pasta de soya, urea y melaza. Éste suplemento, aporta el 40% de las necesidades de consumo de

materia seca de las vacas (Salvador-Loreto *et al.*, 2015). Por lo tanto, las vacas durante el pastoreo complementan el 60% de su consumo voluntario de MS.

De lo consumido en pastoreo, las vacas obtienen alrededor de 4.9 kg de MS/día (70%), 1 kg de MS de maíz (15%), y 1.2 kg de MS (16%) a partir de follaje de arbóreas.

La identificación de tejido de maíz en las heces de las vacas mediante la técnica microhistológica, no permitió determinar si éste maíz proviene del maíz mazorca en el suplemento, o si provino de plantas de maíz consumidas por las vacas durante el pastoreo. Sin embargo, basados en el incremento en los porcentajes de la presencia de maíz en la dieta de las vacas de diciembre a junio, es posible decir que éste proviene del suplemento, y su incremento de presencia se puede deber a la disminución del consumo de MS de pastos (*C. plectostachyus*, *P. notatum*, *P. convexum*); mientras que la presencia del follaje de arbóreas permanece constante durante la época de estiaje, como se observa en el Cuadro 3.

*Acacia farnesiana* o conocido comúnmente como Huizache fue la arbustiva de mayor consumo por las vacas. Salas (2018), determinó el contenido de proteína cruda del Huizache en 27%, lo cual representa el 29% de aporte de PC a las necesidades de vacas en pastoreo de 450 kg de peso vivo promedio que produjeron 7 kg de leche vaca/día, con becerro al pie.

Lo anterior, demuestra la importancia de éste recurso para los animales al tener una fuente de PC de buena calidad, ampliamente disponible en las praderas durante la época de estiaje. Las necesidades de PC estimadas de acuerdo a las características de las vacas utilizadas en el estudio estimaron que las necesidades diarias de mantenimiento, gestación y producción de estas vacas fueron de 1,633 g/día; de los cuales el suplemento (14% de PC) aportó el 43% de las necesidades. Por lo tanto, las vacas obtuvieron el 57% de sus necesidades de PC de la pradera, De lo cual las vacas cubrieron el 30% de sus necesidades de PC a partir del Huizache, esto es 280 g/vaca/día.

## VII. CONCLUSIONES

La composición botánica de la dieta de las vacas lactantes de zacazonapan en la época de secas se compuso en su mayoría por gramíneas, previamente identificadas en la CBP de la zona de estudio. Se encontró que la leguminosa con mayor presencia fue el *C. plectostachyus* con un promedio de 46% de la composición botánica de la dieta durante los meses de estudio. Por lo que es importante, a partir de esto implementar estrategias para incrementar la presencia de esta especie dentro de las praderas, lo cual tenga un impacto positivo en la producción de los animales

## VIII. Referencias bibliográficas

- Albarrán P.B., Salas, R.I.G., Esparza, J.S., Hernández, M.J., Rebollar, R.S., García, M.A.V (2009). Caracterización socioeconómica de un sistema de producción doble propósito del sur del estado de México. Coordinadores Beatriz A. Cavalloti Vázquez, Carlos F. Marcof, Álvarez, Benito Ramírez Valverde. En Ganadería Y Seguridad Alimentaria en Tiempo de crisis. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Pp. 179-190.
- Albarrán Portillo B., Avilés Nova F., García Martínez., Rebollar Rebollar Samuel., Ortiz Rodea A y Salas Reyes I.G. (2014). La producción de bovinos de doble propósito en el trópico seco del centro de México y su contribución al desarrollo rural sustentable. En: Arriaga-Jordán, C. M. y Anaya-Ortega, J. P. Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural. México, D. F. Ed Reverté. 101-118 pp.
- Albarrán-Portillo, B., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., Rojo-Rubio, R., Avilés-Nova, 305 F., and Arriaga-Jordán, C.M. (2015). Socioeconomic and productive characterization of 306 dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. 307 Tropical Animal Health and Production. On line. DOI 10.1007/s11250-014-0753-8.
- Alcázar, J. (1997). Bases para la alimentación y la Formulación manual de raciones. Bolivia, p. 75-14
- Arriaga Jordán C., Espinoza-Ortega A., Rojo-Guadarrama H., Valdés-Martínez J.L., Sánchez-Vera E., Wiggins S. (1999). Socieconomic aspects of small holder (peasant) dairy farming in the Toluca Vallery: I. Initial economic analysis. Agrocienca, 33: 483-491.
- Arriaga-Jordán, C. M., Albarrán-Portillo, B., Espinoza-Ortega, A., García-Martínez, A., Castelán-Ortega. (2002). On-farm comparison of feeding strategies base



on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*. 38: 375-388.

ASERCA (2005). Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005. *Revista Claridades Agropecuarias*. No. 148.

Aumont, G.; Caudron, I.; Saminadin, G.; Xande, A. (1995): Sources of variation in Science. 51:1-13.

Ávila, T. S. (2009). Producción de Leche con Ganado Bovino. 2ª ed., Manual Moderno, México.

Bath DL, Weir WC, Torell DT. (1956). The use of fistula esophageal for the determination of consumption and digestibility of pasture forage by sheep. *J. Animal Sci*. 15:1156-1174.

Bodgan, V.A. (1997): Pastos tropicales y pastos de forraje. Primera edición en español. Ed. AGT.

Broderick, G. A. (2003). Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86:1370-1381.

Camuerga, E. (2004). Beneficios de la leche de vaca para el ser humano. *Rev. Acontecer lechero. Publicación Especial de Ediciones Pecuarias*. Pp 22-25.

Cantú E.F. (1989): Apuntes de cultivos forrajeros departamento de Fito mejoramiento, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Torreón, Coahuila, México.

Caravaca R. (2006), *Sistemas de Producción Animal*. E.U.I.T.A. Sevilla. Editorial Acribia. Madrid, España, p. 212

- Castro, L. C. J.; Sánchez, R. G.; Iruegas, E. L. F.; Saucedo, L. G. (2001). Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red de leche en México. FIRA. Boletín Informativo. Volumen XXXIII. Núm. 317. 9a. época. 30: 1-10. México, D. F
- Catan, A., Degona, C.A., Werenitzky, D. 2007. Evaluación de criterios de lectura microhistológica para la cuantificación de *sphaeralce bonariensis*. Técnica pecuaria en México. 45:77-83.
- Cervantes, E. F. y Cesín, V. A. (2007). La pequeña lechería rural o urbana en México y su papel en el amortiguamiento de la pobreza. Unell. Cien. Tec, 25: 7285.
- Chávez, A. (1990). Técnicas utilizadas para evaluar la respuesta de los animales en pastoreo en agostaderos (Ed.) Castellanos, R.A. Llamas L. G. Shimada M.A. 1990. Manual de técnicas de investigación en rumiología. México, D.F. Pp. 128-157.
- Church, D. C., Pond W. G. Y Pond K. R. (2010). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2da ed. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. pp 636
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (2004): Annual Report 200. Project IP-5. Tropical Grasses and Legumes: Optimizing genetic diversity for multipurpose use. P. 24-26.
- DE BLAS, C. *et al.* (2003). Nutrición y alimentación del ganado. Editorial. Mundi-Prensa. Madrid, p.51
- Del Valle, R. M. C. y Álvarez, M. A. G. (1994). La producción de leche en México en la encrucijada de la crisis y los acuerdos del TLCAN. LASA 1997. Guadalajara, Jal. México.
- Devendra, C.; Mc Leroy, G.B. (1982): Producción de cabras y ovejas en los trópicos. Trop. Agric. Series, Longman Pp. 271.

- Donald, L., Edmundo, L.A. (1981): Fundamento del manejo de los Pastizales, Ed. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Nuevo León. México. 35-102
- Elizondo, J., Boschini, C. (2003): Valoración nutricional de dos variedades de maíz usadas en la producción de forraje para bovinos. *Pastos y Forrajes*, 26: 347-353.
- Ensminger, M. E. (1993). *Alimentos y Alimentación de los Animales*. Editorial, El Ateneo, Buenos Aires- Argentina, p. 132
- Esau, K. (1976). *Anatomía Vegetal*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Esparza, J.S. (2012). Respuesta productiva y económica de la suplementación en vacas doble propósito en Zacazonapan, estado de México. Tesis de maestría en ciencias agropecuarias y recursos naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Espinoza Ortega A., Macías Álvarez A., Del valle M.C., Chauvete M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el estado de México. *Técnica pecuaria en México*, 42: 55-70.
- Espinoza-Ortega A, Álvarez-Macías A, Del Valle MC. And Chauvete M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria México*. 43(1): 39-56.
- Espinoza-Ortega A., Espinosa-Ayala E., Bastida-López J., Castañeda-Martínez T. and Arriaga-Jordán C. M. (2007): Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43(1): 39-56.
- FAO. (2006). Milk and Milk Products. *FAO-Food Outlook*. Nro 2, Dic/2006. Pp 4652.
- FAOSTAT. (2014). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Dirección de Estadística The Food and Agriculture Organization

Corporate Statistical Database. <http://faostat.fao.org/>, consultado el 22 de octubre (2014).

FEPALE Federación Panamericana de Lechería. (2006). Análisis de oferta y necesidades de formación de recursos humanos en la industria láctea. Informe final de tres talleres en Colombia, Costa Rica y Uruguay. (2006): Nov/2006.

Ferrer R. Petit M.D'hour P. (1995) The effect of sward height on grazing behaviour and herbage intake of three sizes of charolais cattle grazing cocksfoot (*Dactylis glomerata*) swards. *Animal Science*. 61:497-506.

Figuroa, S.A.M.; (2010) Tesis en prensa. Caracterización de praderas utilizadas para la alimentación de ganado bovino doble propósito en el municipio de Zacazonapan, Estado de México.

FIRA (2001). Tendencias y oportunidades del desarrollo de la lechería en México. Boletín informativo No. 317, Vol. XXIII FIRA Banco de México, México.

Flores, D.R., (1988): *Bromatología Animal*, Tercera edición, Ed. Trillas, México.

Foldager J. Haarbo K. (1994) Effect of breed and feeding intensity during rearing *Science*; 39:39-42.

Forbes JM. (1995) *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford, Oxon OX108DE, UK. CAB International.

Free PC, Sims PL, Hansen RM. (1971). Methods of estimating dry weight composition in diets of herbivores. *J Anim. Sci*. 32:1003-1008.

Galt, h.d., Orden, P.R., Ehrenreich, J.H., Theurer, B., Clark, M. (1980). Estimación de composición de la composición botánica de muestras de forrajes obtenidas de novillas con fistula esofágica, por el método de punteado microscópico. En *rendimiento de pastizal*. P. 173-177.

- Garcia H., E. del R. y C.B. Peña V. (1995). La pared celular, componente fundamental de las células vegetales. UACH. Primera Edición. México, D.F.
- Garcia, D. G. (2003). Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*, enero-febrero, año/vol. 37, número 001. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México
- Garcia, S. M. (1997). La leche: Mitos y realidades. *Rev. Acontecer bovino*. III(10):4-8.
- Gasque, G.R. (1986). *Zootecnia lechera concreta*. Editorial CECSA. Mexico. pp 217.
- Gonzalez-Embarcadero, A., Amendola-Massiotti, R. (2010). Técnica microhistológica para la determinación de la composición de la dieta de herbívoros. Universidad autónoma Chapingo.
- Guiot, G.J.D (2010): *Pasturas de América*. <http://www.Pasturasdeamerica.org/index.php/Relatos/Mexico/Brachiaria>.
- Henley, S.R., Smith, D.G., Raats, J.G. (2001). Evaluation of 3 techniques for determining diet composition. *Journal of Range Management*. 54: 582-588.
- Hernandez, S. D. (2001). La productividad animal e pastoreo. Memoria. Fundación produce Tabasco. INIFAP. pp. 48-50.
- Hernández, S.R.; Jaime, O.P.; Régul, J.G.; Elias, H. (2005): Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electronica REDVET*. <http://www.Veterinaria.org/revista/redvet/n050505.html>.
- Hernández-Morales, P., Estrada-Flores, J. G., Avilés-Nova, F., Yong-Angel, G., LópezGonzález, F., Solís-Méndez, Donají, A. y Castelán-Ortega, O. A. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. 29(1):19-3.

- Hodgson J. (1994) Manejo de pastos. Teoría y práctica. México, D.F.: Editorial Diana.
- Holechek, J.L., Vavra M, Pieper RD. (1982). Botanical composition determination of range herbivore diets: Review. *J. Range Manage.* 35:309-315.
- holechek, J.L., Pieper, R.D., Herbel, C.H. (1989). Range management. Principles and practices, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 501 p.
- Homan, S. (1996): The nutritive value of tropical grasses and their constituents as measured by the in vitro gas production technique. Institute of Ecology and Resource Management. Thesis degree of BCS in agriculture. University of Edinburgh, Edinburgh.
- Hopkins, A. (2000): Grass Its production and utilization, 3era edition Published for the British grassland society by Blackwell Scientific publications. UK.
- Humphreys, L.S. (1991): Tropical pasture utilization. Cambridge University Press. Great Britain. Pp 206.
- IDF International Dairy Federation. (2008). The World Dairy Situation in 2008. *IDF Bulletin*, 2008: 432/2008.
- Infoaserca, (2010). Situación Actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010 [en línea] No. 207 Noviembre 2010, Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. Disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf> [Accesado el 15 de abril de 2015]
- Jiménez J.R.A., Espinoza O.V.E., Rosales R.S. (2008) Una experiencia en la transferencia de tecnología en la lechería familiar. En Cavallotti V.B.A., Ramírez V.B., Marco A.C.F., editores., *Ganadería y desarrollo rural en tiempo de crisis*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Krysl LJ. Hess BW. (1993) Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *Journal of Animal Science*; 71:2546-2555.

LACTODATA (2010). "Panorama sobre la producción de leche de bovino con un enfoque mundial" (en línea). Disponible en: [http://www.lactodata.info/lactodata/docs/est/cg\\_mundo\\_existencias\\_ganado\\_va\\_cuno\\_caprino\\_enero2012.xls](http://www.lactodata.info/lactodata/docs/est/cg_mundo_existencias_ganado_va_cuno_caprino_enero2012.xls). (consultado 13 de mayo de 2015)

LACTODATA. (2018a). Indicadores de producción de leche de bovino. En <http://http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en Abril de 2018)

Leaver, J.D. ((1982) Grass height as an indicator for supplementary feeding of Continuously stocked dairy cows. *Grass and Forage Science* 37,285-90.

López, G.F.; Estrada, F.J.G.; Avilés, N.F.; Yong, A.P.; Hernández, M.P.; Martínez, L.R.; Pedraza, B.P.E.; Castelán, O.O.A. (2009): Evaluación agronómica y composición química del pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) en el sur del estado de México. 12:

Lusigi WJ, Nkurunziza ER, Masheti S. (1984). Forage preferences of livestock in the arid lands of northern Kenya. *J. Range Manage.* 37:542-548.

Magaña, J.; Ríos, G, Martínez, J. (2006). Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. No. 14

Mamani Plata Beatriz. (2006). Suplementación con de forrajeras acuáticas llacho (*Elodea potamogeton*) y totora (*Shoenoplectus tatora*) en la producción de leche en vacunos tipo holstein en dos módulos en el municipio de Achacachi. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés, (UMSA). La Paz – Bolivia, p. 18.

Martinez Garcia C.G., Dorward P., Thair R. (2012). Farm and socioeconomic characteristics of small-holder milk producers and their influence on the

technology adoption in Central México. *Tropical Animal Health and production*, (publicación en línea); doi: 10. 1007/s 11250-011-0058-0.

Martinez, V. L. H. (2002): Evaluacion de comportamiento al pastoreo de vacas lecheras, bajo diferentes estrategias de pastoreo en sistemas de produccion de leche en pequeña escala en el valle de Toluca estado de mexico. tesis de licenciatura de la facultad de veterinaria y zootecnia de la Universidad autonoma del estado de mexico. 25-45.

Minson, J.D. (1990): *Forage in ruminant nutrition*. Academy press, New York. P 483.

Mofareh, M.M, Beck RF, Schneberger AG. (1997). Comparing techniques for determining steer diets in northern Chihuahuan desert. *J Range Manage.* 50:27-32.

Mohammad, A.G., Pieper, R.D., Wallace, J.D., Holechek, J.L., Murray, L.W. (1995). Comparison of fecal analysis and rumen evacuation techniques for sampling diet botanical composition of grazing cattle. *Journal of Range Management.* 48: 202-205.

Muslera, D.E.; Ratera, G.C. (1991): *Praderas y forrajes, Producción y Aprovechamiento*, Segunda edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 23-443.

Orpin, e.G. and Greenwood, Y. (1986). Effects of haems and related compounds on growth and zoosporogenesis of the rumen phycomycete *Neocallimastix frontalis* H8. *Journal of General Microbiology* 132: 2179-2185.

Orskov, E.R. (2004). *Nutrición de los Rumiantes. Principios y práctica*. Editorial. Acribia. Zaragoza, España, p. 326

Ortiz Rodea Arturo, (2013). *Evaluación del sistema de producción bovino de Zacazonapan desde un enfoque sustentable*. . En tesis de doctorado. Centro universitario UAEM Temascaltepec.



- Osorio, M. A. (2010). Producción de leche en la zona alta de Veracruz. En Primer foro de Producción de leche en la zona alta de Veracruz. Jalapa, Veracruz, México. 5 de mayo de 2010.
- Parson, A J.; Leafe, E.L.; Collet, B.S. (1983): The physiology of grass production under grazing. 1 Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed sward. *Journal Applied Ecology* 20:117-136.
- PDLA (PROGRAMA DE DESARROLLO LECHERO DEL ALTIPLANO) (2003). Conservación de Forrajes. Componentes de capacitación La Paz – Oruro, BO. (1), p. 19
- Persaud P. Simm G. Neilson R. Parkinson H. McGuirk B.J. (1991). Prediction of food intake in dairy heifers from early lactation records. *Animal Production*. : 52:421-434.
- Phillips C.J.C. James N.L. (1998). The effects of including white clover in perennial swards on selection and ingestive behaviour of dairy cows. *Animal Science*.
- Philpot, W. N. y Nickerson, S. C. (1993). La producción de leche de calidad y el control de la mastitis. Hill Farm Research Station, Louisiana Agricultural Experiment Station. Louisiana State University Agricultural Center, Holstein Association USA. Schering-Plough, División Veterinaria. 2-19pp.
- Popp J.D. McCaughey W.P. Cohen R.D.H. (1997). Effect of grazing system, stocking rate and season of use on herbage intake and grazing behaviour of stoker cattle grazing alfalfa-grass pastures. *Canadian Journal of Animal Science*.; 77, 677-682.
- Preston, T.R., Leng, R.A. Supplementation of diets based on fibrous residues and byproducts. in: F. Sundstøl, E. Owens (Eds.) *Straw and Other Fibrous By-products as Feed*. Elsevier, Amsterdam;1986:373–413.
- Quintanar, G.E.; Domínguez, V.I.A. (1988): Evaluación de una Pradera de Ballico perenne (*Lolium perenne*) bajo Pastoreo Continuo Intensivo por Vacas

Lecheras en Primavera-Verano. Tesis de Licenciatura de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México. 39-73.

Ralph J, Helm RF (1993) Lignin/ hydroxycinnamic acids/polysaccharide complexes: Synthetic models for regiochemical characterization. Zn Jung HG, Buxton DR, Hatfield RD, Ralph J, eds, Forage Cell Wall Structure and Digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, pp 201-246

Ramírez, R.G. (2003). Nutrición de rumiantes. Sistemas extensivos. Edit. Trillas, Mexico. Pp. 56-61.

Reppert NJ. (1960). Forage Preference and grazing habits of cattle at the eastern Colorado Range Station. J. Range Manage. 16:58-62.

Rodriguez, L.R.; Rodríguez, F.J.D. (1987): Ecofisiología de plantas forrageras. Ecofisiología de producto agrícola. Piracicaba: POTAFOS. P. 201-230.

Romero, N.R.; Febres, O.A.; González, B. (2004): Efecto de la adición de urea de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 12:52-58.

SAGARPA (2005). "Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación". Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), situación actual y perspectivas de la producción de leche en México 2005. [En línea]. Disponible en <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/SAGARPA/PerspectivaLeche2005.pdf> (Obtenido el 13 de mayo de 2015).

SAGARPA. (2013). Producción de Leche. Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [Www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx). Consultado en febrero 2015

- SAGARPA. Secretaría de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2014). Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx). Consultada en septiembre de 2016
- Salas R. I. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de unidades de producción doble propósito en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Salas Reyes Isela Guadalupe, (2018). Suplementación energética y determinación de la composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito, en la región sur del estado de México. Tesis Doctorado. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad autónoma del estado de México.
- Salas-Reyes, I. G., C. M. Arriaga-Jordán, A. García Martínez, S. Rebollar-Rebollar, B. Albarrán-portillo. (2015). Assessment of the sustainability of dual purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*.
- Salisbury, F. B.; Ross, C. W. *Plant physiology*. 4.ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p
- Salvador-Loreto I, Arriaga-Jordán CM, Estrada-Flores JG, Vicente-Mainar F, García-Martínez A, Albarrán-Portillo B. (2015). Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. *Trop Anim Health Prod* (2016) 48:643–648 DOI 10.1007/s11250-016-1012-y.
- SE. (2012). Dirección General de Industrias Básicas. Análisis del Sector Lácteo en México. Secretaría de Economía. [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf). Consultado en noviembre 2014.

- Sepulveda, P.L., Pelliza de S.A., y Manacorda, M. (2004). La importancia de los tejidos no epidérmicos en el microanálisis de la dieta de herbívoros. *Ecología Austral* 14: 31-38.
- SIAP. (2014). Producción, precio, valor y peso de ganado en pie. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/ganaderiaresumen-estatal-pecuario/>. Consultado en febrero 2015.
- SIAP. (2017). Boletín de Leche octubre-diciembre de 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx>. Consultado en abril 2018.
- Speeding, C. R. W. (1995). Sustainability in animal production system *Anim. Sci.* 61:1-8.
- Stinson, I. (2003). Posicion del Sector Lechero Mexicano frente a los Socios Comerciales. *Rev. Acontecer Lechero.* 2(12):23-28.
- Van Dyne GM, Torrell DT. (1964). Development and use of the esophageal fistula. *J. Range Manage.* 17:7-19
- Vavra RM, Rice W, Hansen RM. (1978). A comparison of esophageal fistula and fecal material to determine steer diets. *J. Range Manage.* 31:11-13.
- Vavra, M. and H.C. Holecheck. (1980). Factors influencing microhistological analysis of herbivores diets. *J. Range Manage.* 33:371-374.

## Anexos 1

### Anexo 1. Determinación de composición botánica por análisis microhistológico

Registro de frecuencias

Fecha de lectura \_\_\_\_\_ Fecha de muestreo \_\_\_\_\_ Laminilla \_\_\_\_\_

Campo	Especie 1			Especie 2			Especie 3			Especie 4			Especie 5			Especie 6			Especie 7			
	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	Hoja	Tallo	Flor/ fruto	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
<b>Total</b>																						

## Anexos 2

### Anexo 2. Uso y especies encontradas en los agostaderos de unidades de producción de Zacazonapan.

Scientific name	Common name	Usages	EP
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	Palo Brasil	Fo	Fo
NC	Cabrito	Fo, Sh	Fo, Fr
<i>Mastichodendron capiri</i>	Capirez	Fo, Sh	Fo
<i>Ipomoea murucoides</i>	Casahuate	Fo	Fl, Fr
<i>Ficus sp.</i>	Ceiba	Fo, Sh	Fo
<i>Spondias purpurea</i>	Ciruelo	Fo, Sh, HF	Fo, Fr
<i>Lysiloma divaricata</i>	Cuitaz	Fo, FW, P, LF	Fo
<i>Acacia guatemalensis</i>	Espino herrero	Fo, P, LF	Fo, Fr
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Fo, LF, HF	Fo, Fr
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazima	Fo, Sh, LF, FW	Fo, Fr
<i>Guazuma spp.</i>	Guazima prieta	Fo, Sh, LF, FW	Fo, Fr
<i>Leucaena leucocephala</i>	Huaje	Fo, HF, LF	Fo, Fr
NC	Huaje prieto	Fo, P	Fo, Fr
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Fo, FW	Fo, Fr
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Fo, Sh, HF	Fo, Fr
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nanche	Fo, Sh, HF	Fr
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	Fo, Sh, HF, P	Fo, Fr
<i>Pithecellobium dulce</i>	Pinzan	Fo, Sh, HF, FW	Fo, Fr
<i>Salix babilonica</i>	Sauce	Fo, Sh	Fo
<i>Acacia pennatula</i>	Tepame	Fo, Sh, P	Fo
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Tepehuaje	Fo, P	Fo, Fr
<i>Casimiroa edulis</i>	Zapote	Fo, Sh, HF, LF	Fr
<i>Morus nigra</i>	Árbol de mora	Fo, Ah, S	Fo,Fr
<i>Crescentia alata</i>	Cirian	Fo	Fo
NC	Cuahulote	Fo	Fo
<i>Opuntia spp.</i>	Nopal	Fo, Hf	All
NC	Vara meca	Fo	Fo,Fr

NC: no clasificado. Usos. Fo: forraje, HF: Alimento humano, F: leña, P: Poste y LF: cerca viva. Partes consumibles (EP): Fo: Hojas, Fr: fruto, Fl: flor.

### Anexo 3.

#### Equipos materiales y reactivos

##### Equipo

- microscopio de contraste de fases.
- unidad de circuito cerrado.
- cámara fotográfica conectada al microscopio.

##### Otros aparatos y utensilios

- estufa eléctrica con circulación forzada de aire.
- molino de martillo provisto con malla del número 20 (que corresponde a orificios de la malla de 1 mm de diámetro).
- tamices del número 120 con orificios de 0.12 mm de diámetro.
- lavabo provisto de agua con presión.
- parrilla eléctrica con termostato.

##### Materiales

- espátula metálica, pequeña y flexible (0.5 cm de ancho).
- portaobjetos (26x76 mm).
- cubreobjetos (40x24 mm).
- etiquetas engomadas para rotular las muestras.
- plantilla metálica con orificios.
- agujas de disección fabricadas con acero inoxidable.
- varillas de cristal de 15 cm de longitud por 5 mm de diámetro.
- tubos de cristal de 10 cm de longitud por 1.5 cm de diámetro.
- toallitas de papel o tela.
- cartulina de color negro.
- vasos de precipitado de 10 ml.
- frasco de vidrio o plástico de 21 de capacidad.
- pipetas, probetas y matraces para la preparación de los reactivos.
- barniz para uñas, que se emplea para el sellado de las laminillas permanentes.

## Reactivos

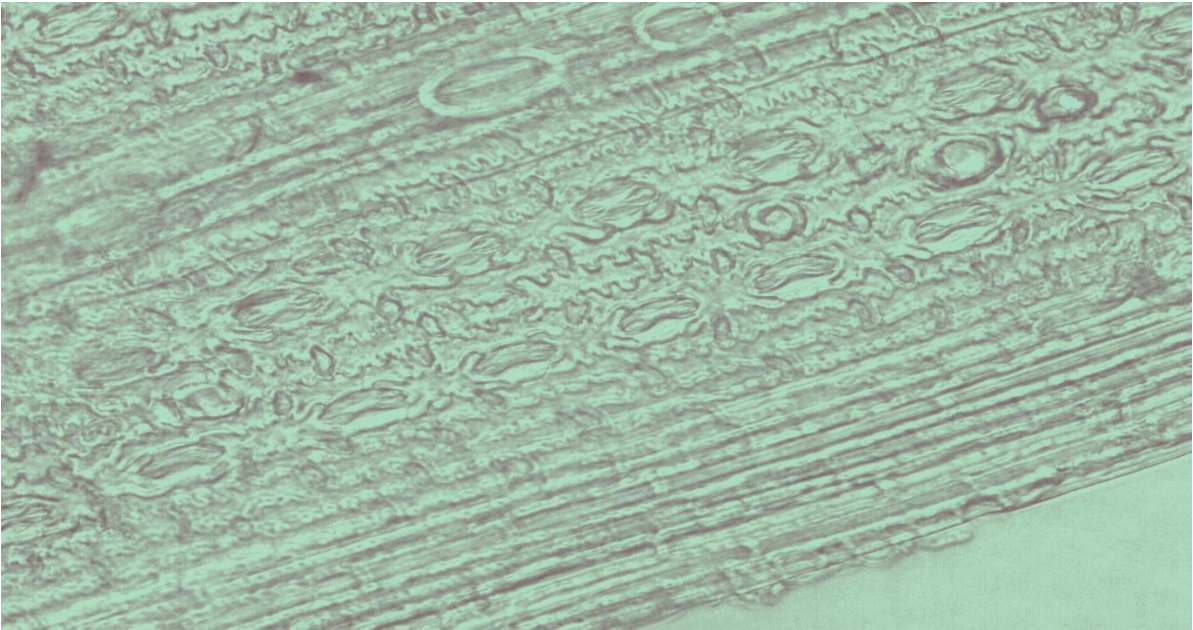
- hipoclorito de sodio de uso doméstico sin jabón.

## Medios de montaje (resinosos o acuosos)

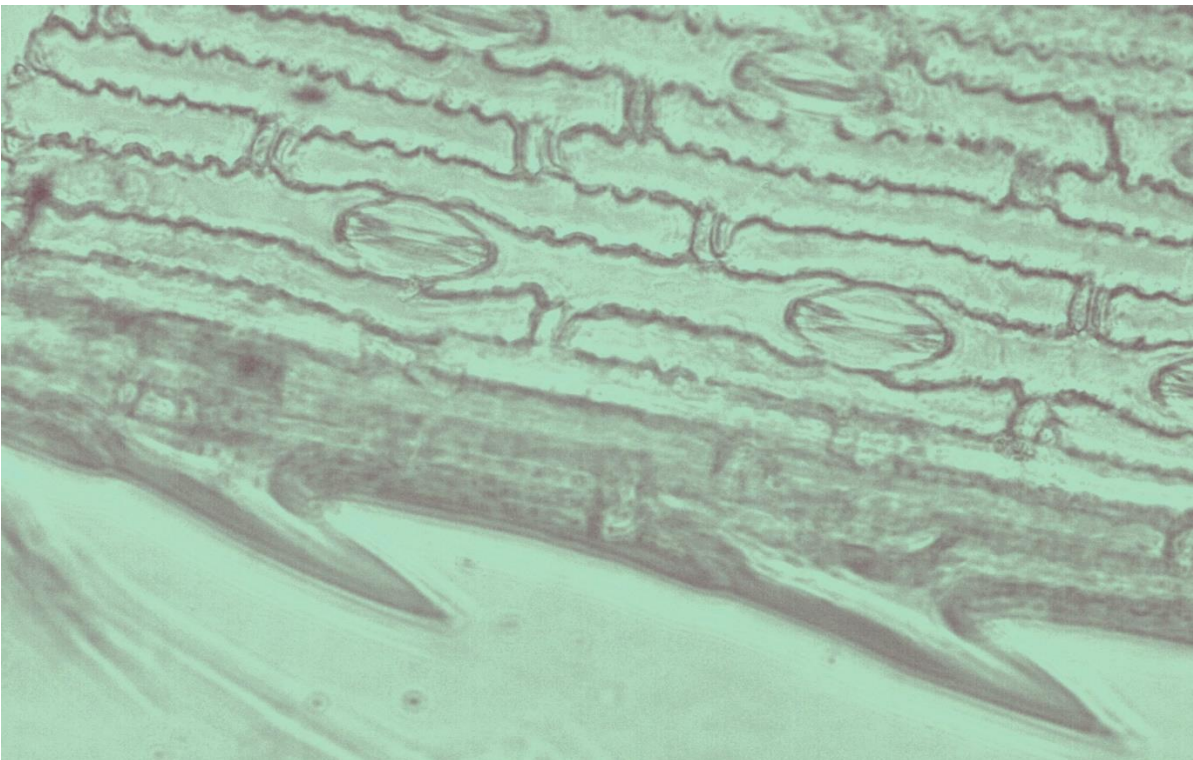
- resina sintética.
- jalea de glicerol.
- gelatina-fructosa.
- solución hoy.



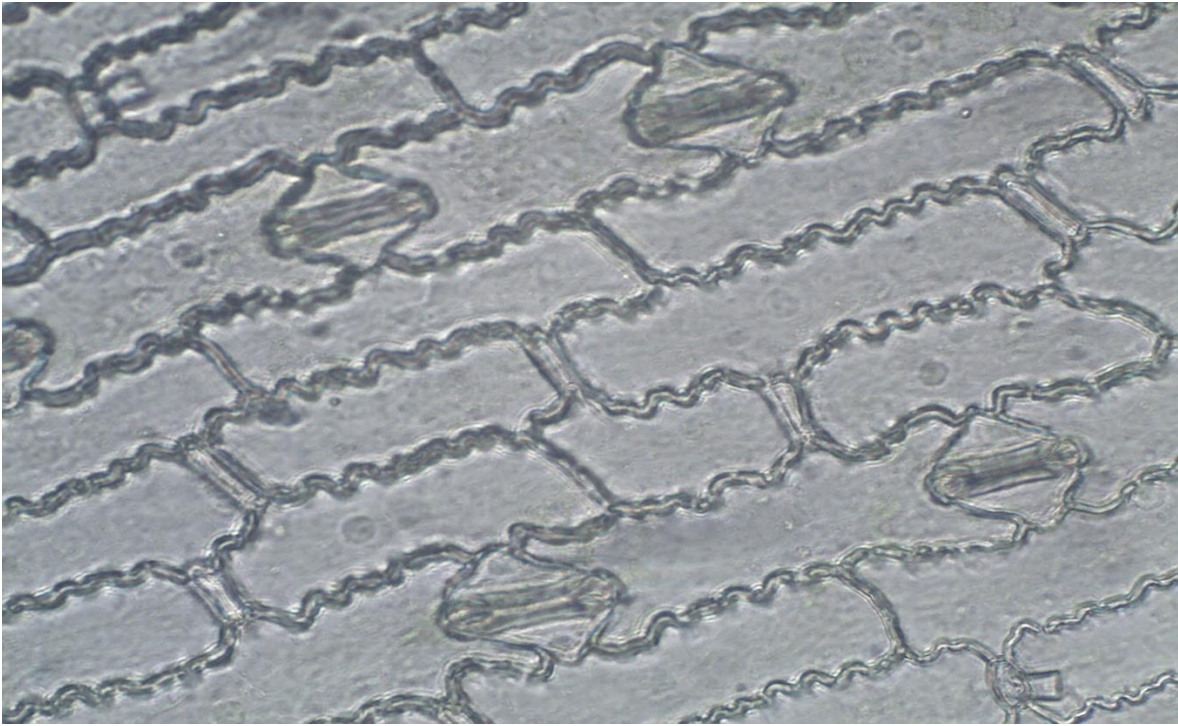
**Anexo 4. Fotográfico.**



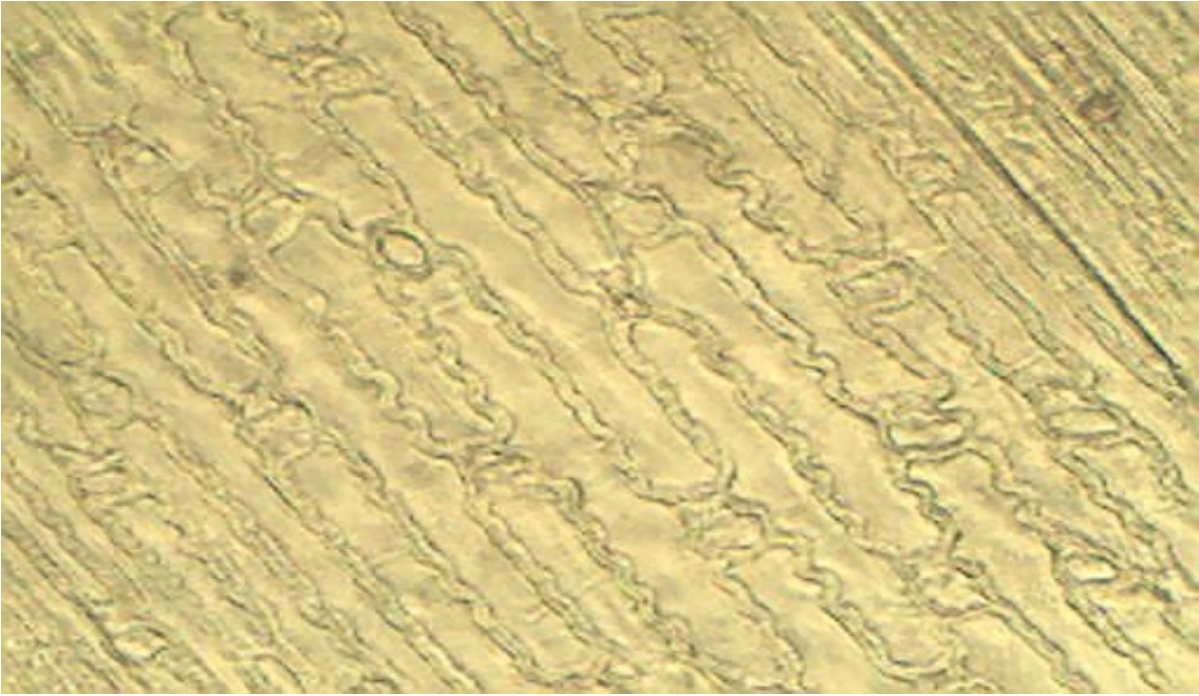
***Cynodon Plectostachyous.***



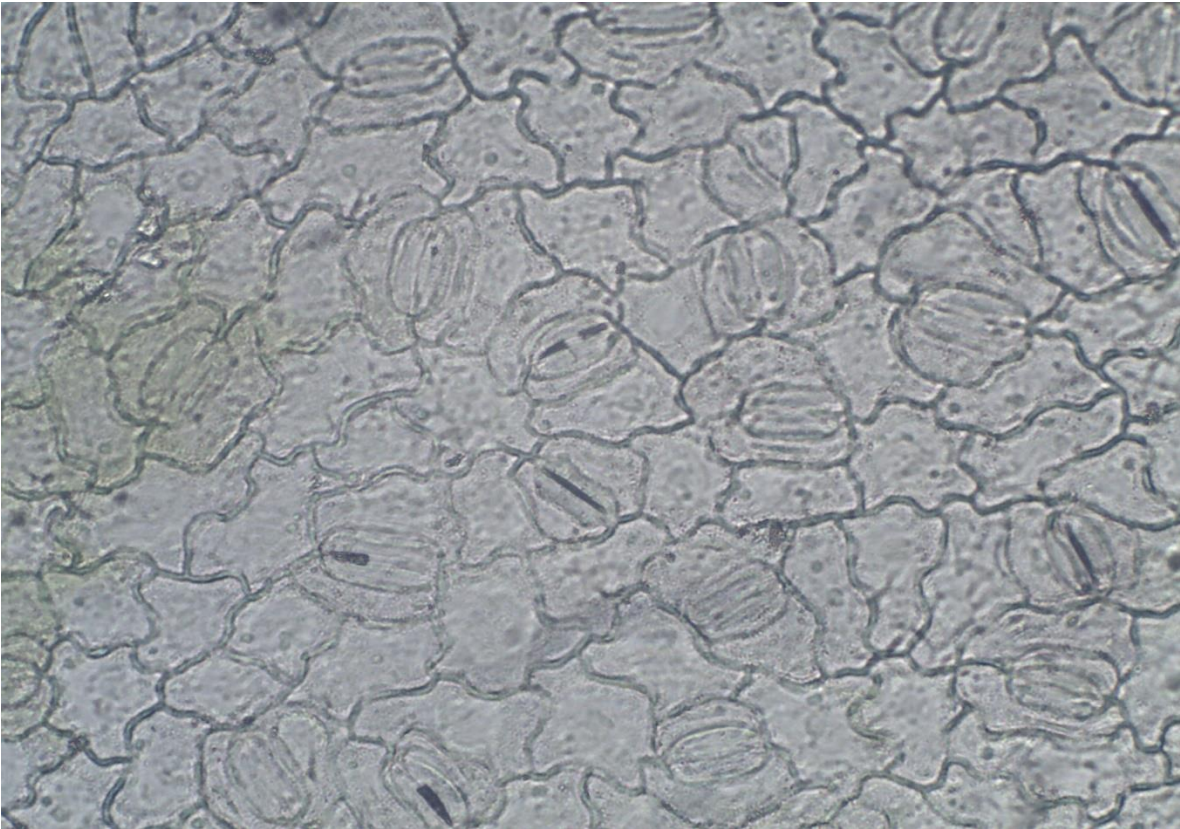
***Paspalum notatum.***



***Zea. Mayz***



***Brachiaria Humidicola***



***Paspalum. Dulce***