

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DEGRADABILIDAD DE MEZCLAS DE OCHO
ARBÓREAS NATIVAS EN DOS PROPORCIONES
CON ZACATE KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) Y
PUNTA DE CAÑA (*Saccharum officinarum*).

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

THALÍA GUILLERMINA COTA URIZA

Asesores:

MPAT, MVZ. Agustín Roberto Bobadilla Hernández

MC, IAZ. Reyes López Ordaz

DCAyRN, MC, Biol. Julieta Gertrudis Estrada Flores

México, Cd. Mx.

2016

~ | ~



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

Al mejor **padre**, el cual me enseñó la *pasión* por aprender; y con su *fuerza* ante la tempestad me permite entender que la existencia no se debe padecer, si no gozarse.

A mi madre, solo el tiempo me mostró que la *firmeza* es tan solo tu instrumento, para instruirme en el camino de la vida.

A **Fernando**, mi sobrino; jamás dejes de creer en tus *sueños*, por qué son tan solo el inicio de un gran camino.

Al MPAT **Agustín Bobadilla**; modelo de *sabiduría*, que mantuvo siempre un haz de *luz* con el que me arropó y me permitió finalizar este proyecto.

Con las piedras que con duro intento los críticos te lanzan, bien puedes erigir tu monumento. Immanuel Kant.

AGRADECIMIENTOS

A la **FMVZ-UNAM**, mi *alma mater*, por el conocimiento y las oportunidades brindadas; al **DNAyB** por permitirme colaborar en la docencia. Al **ICAR-UAEMex** y a su personal, por haberme recibido y hacerme sentir como en casa.

A mi asesor, **Agustín R. Bobadilla Hernández**, MPAT., que cada día guía mis pasos y me enseña a levantarme de mis tropiezos; llevándome a ser mejor en cada avance.

A mis asesores el MC. **Reyes López Ordaz**, por todas las enseñanzas compartidas y a la Dra. **Julieta G. Estrada Flores** por permitirme formar parte de un gran equipo y creer en mí.

A mis sinodales: MPA. **Sergio C. Ángeles Campos**, por su confianza y aprecio, y por escucharme cuando era necesario; al Dr. **Jesús Jarillo Rodríguez** por su apoyo incondicional, y a la MC. **Yolanda Castañeda Nieto** por sus consejos invertidos en este proyecto.

A mis mejores amigos **J. Carlos** y **Ale O.**, sin ustedes, más de una vez habría perdido el rumbo, su amistad es el mejor presente que la vida puede darme. Los Amo.

A mis amigos, la familia elegida: **Ale L., Liza, Diego Δ, Manuel, Roberto y Ernesto**, por su amistad, consejos y risas compartidas, las cuales fueron esenciales para concluir esta etapa.

A mi primo **David**, el hermano que no tuve, simplemente gracias...

Al MC. **Enrique Núñez**, al MES. **Genaro Jardón** y al MVZ **Cristino Cruz**, por todos los consejos, por creer en mí y ayudarme a descubrir mis aptitudes.

A los OTE's, por cada camino compartido; especialmente a **Rodrigo, Víctor, Felipe, Alfredo y Ángel (El águila)**, por su amistad y consejos cuando los necesité.

Al Grupo **2402** (2013-2) de PyAF, por enseñarme la importancia del equipo y concederme guiarlos por un momento; mostrándome la pasión por enseñar.

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA EN MÉXICO	3
2.1. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN	5
2.1.1. SILVOPASTOREO	5
2.2. ARBÓREAS CON POTENCIAL FORRAJERO	6
2.2.1. <i>Acacia bilimekii</i> J.F. Macbr	7
2.2.2. <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.....	7
2.2.3. <i>Alnus Acuminata</i> Kunth	8
2.2.4. <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.....	9
2.2.5. <i>Buddleia cordata</i> Kunth	9
2.2.6. <i>Lysiloma acapulcensis</i> Kunth (Benth).....	10
2.2.7. <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.....	10
2.2.8. <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.....	11
2.3. PARÁMETROS PRODUCTIVOS CON FOLLAJE.....	11
2.4. PROCESOS RUMINALES: DEGRADABILIDAD.....	13
2.4.1. PRODUCCIÓN DE GAS <i>IN VITRO</i>	14
3. HIPÓTESIS.....	15
4. OBJETIVOS	
4.1. GENERAL	15
4.2. ESPECÍFICOS	15
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
5.1. FASE DE CAMPO.....	17
5.2. FASE DE LABORATORIO	18
5.2.1. MANEJO DE LAS MUESTRAS	18
5.2.2. PROPORCIÓN DE LAS MEZCLAS	19
5.2.3. PRODUCCIÓN DE GAS <i>IN VITRO</i>	19
5.2.3.1. ALIMENTACIÓN DE LA VACA DONANTE DE LÍQUIDO RUMINAL	19
5.2.3.2. EVALUACIÓN DE LA RACIÓN DE LA VACA DONANTE	19

5.2.3.3. FERMENTACIÓN <i>IN VITRO</i> MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS	20
5.2.3.4. DEGRADABILIDAD DE MS, MO Y FDN	21
5.2.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO	22
5.2.4.1. TANINOS CONDENSADOS	22
5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	22
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.1. ALIMENTACIÓN DE LA VACA	23
6.2. CINÉTICA RUMINAL	25
6.2.1. PARÁMETROS DE DEGRADACIÓN	26
6.2.2. CURVAS DE FERMENTACIÓN	39
6.3. DEGRADABILIDAD DE LA MS, MO y FDN	40
6.4. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON	51
6.4.1. REGRESIÓN LINEAL	52
6.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS FORRAJES	57
6.5.1. PAREDES CELULARES	63
6.5.2. TANINOS CONDENSADOS	68
7. CONCLUSIÓN	69
8. REFERENCIAS	71
9. ANEXOS	
9.1. TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS <i>IN VITRO</i>	91
9.2. DEGRADABILIDAD <i>IN VITRO</i> DE FDN	93
9.3. DETERMINACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS	94
9.4. CURVAS DE FERMENTACIÓN <i>IN VITRO</i>	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos y características de la ganadería (SAGARPA, 2006)	4
Cuadro 2. Características de los sistemas de producción pecuaria en pastoreo	5
Cuadro 3. Arbóreas nativas de México y sus mezclas	17
Cuadro 4. Proporción hoja: tallo de la pradera	23
Cuadro 5. Composición florística (% Gramínea, Leguminosa).....	23
Cuadro 6. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de la ración ofertada a la vaca donante de líquido ruminal	24
Cuadro 7. Fracciones de la fibra (%) de los ingredientes de la ración ofertada a la vaca donante de líquido ruminal	24
Cuadro 8. Evaluación de la Ración ofertada a la vaca donante de líquido ruminal	25
Cuadro 9. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs de las gramíneas y las ocho arbóreas nativas evaluadas	28
Cuadro 10. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs del Zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas, en proporción 75:25, respectivamente	29
Cuadro 11. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs del Zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente	30
Cuadro 12. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 75:25, respectivamente.....	32
Cuadro 13. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.....	33

Cuadro 14. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs, de las mezclas de las ocho arbóreas nativas con Z. Kikuyo en las dos proporciones (75:25 y 50:50)	34
Cuadro 15. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs, de las mezclas de las ocho arbóreas nativas con P. de Caña en las dos proporciones (75:25 y 50:50).....	35
Cuadro 16. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs, de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas con, en proporción 75:25, respectivamente.....	36
Cuadro 17. Parámetros de degradación <i>in vitro</i> hasta las 96 hrs, de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas con, en proporción 50:50, respectivamente.....	37
Cuadro 18. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de las gramíneas y las ocho arbóreas nativas de México.....	41
Cuadro 19. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> del zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 75:25, respectivamente.....	42
Cuadro 20. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> del zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.....	45
Cuadro 21. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 75:25, respectivamente.....	46
Cuadro 22. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.....	47
Cuadro 23. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de las mezclas, de las ocho arbóreas nativas con Z. Kikuyo en las dos proporciones (75:25 y 50:50)	48
Cuadro 24. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de las mezclas, de las ocho arbóreas nativas con P. de Caña en las dos proporciones (75:25 y 50:50)	49
Cuadro 25. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas en proporción 75:25.....	50

Cuadro 26. Degradabilidad (%) <i>in vitro</i> de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas en proporción 50:50.....	51
Cuadro 27. Coeficiente de Correlación de las variables evaluadas en la totalidad de los tratamientos.....	52
Cuadro 28. Regresión lineal entre % TC y % PC en las ocho arbóreas nativas de México.....	53
Cuadro 29. Regresión lineal entre % TC y % dMS en las ocho arbóreas nativas de México.....	53
Cuadro 30. Regresión lineal entre % FDN y % dMS en las ocho arbóreas nativas de México.....	54
Cuadro 31. Regresión lineal entre EM (Mcal/Kg) y % dFDN en las ocho arbóreas nativas de México	54
Cuadro 32. Regresión lineal entre PG (ml) y % dFDN en las ocho arbóreas nativas de México.....	55
Cuadro 33. Regresión lineal entre % dMS y PG (ml) en Mezclas de <i>S. officinarum</i> con las ocho arbóreas nativas, en proporción 50:50.....	56
Cuadro 34. Regresión lineal entre % dFDN y PG (ml) en Mezclas de <i>S. officinarum</i> con las ocho arbóreas nativas, en proporción 50:50.....	56
Cuadro 35. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de los follajes arbóreos evaluados	58
Cuadro 36. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las gramíneas evaluadas.....	59
Cuadro 37. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las mezclas en proporción 50% Zacate Kikuyo y 50% follajes arbóreos	60
Cuadro 38. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las mezclas en proporción 50% Punta de Caña y 50% follajes arbóreos	62
Cuadro 39. Paredes celulares (%) del follaje de ocho arbóreas nativas de México.....	64

Cuadro 40. Paredes celulares (%) de las gramíneas.....	64
Cuadro 41. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 25% Zacate Kikuyo y 75% follaje de arbóreas.....	65
Cuadro 42. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 50% Zacate Kikuyo y 50% follaje de arbóreas.....	66
Cuadro 43. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 25% Punta de Caña y 75% follaje de arbóreas.....	66
Cuadro 44. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 50% Punta de Caña y 50% follaje de arbóreas.....	67
Cuadro 45. Concentración (%) de taninos condensados presente en las ocho arbóreas nativas de México.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vainas de <i>Acacia bilimekii</i>	7
Figura 2. Morfología característica de <i>A. bilimekii</i>	7
Figura 3. Hojas de <i>A. farnesiana</i>	8
Figura 4. Morfología de <i>Acacia farnesiana</i>	8
Figura 5. Población de <i>Alnus acuminata</i>	8
Figura 6. <i>Arbutus xalapensis</i>	9
Figura 7. <i>Buddleia cordata</i>	9
Figura 8. Morfología de hojas y vainas de <i>Lysiloma acapulcensis</i>	10
Figura 9. <i>Pithecellobium dulce</i>	11
Figura 10. Hojas de <i>P. juliflora</i>	11
Figura 11. Inflorescencia de <i>Prosopis juliflora</i>	11
Figura 12. Curva de degradación ruminal con fase lag.....	15
Figura 13. Dimensiones del terreno donde se colectó el z. Kikuyo.....	18
Figura 14. Método de muestreo para las arbóreas.....	18
Figura 15. Relación lineal entre la presión en el espacio del cuello de la botella y el volumen de aire inyectado.....	25
Figura 16. Degradabilidad característica de un alimento fibroso, expresado por la fórmula $Y = D (1 - e - k (l-t))$	38
Figura 17. Curva de degradación <i>P. dulce</i>	39
Figura 18. Curva de degradación <i>B. cordata</i>	39
Figura 19. Curva de degradación 50% <i>P. juliflora</i> : 50% <i>S. officinarum</i>	40

RESUMEN

COTA URIZA THALÍA GUILLERMINA. Degradabilidad de mezclas de ocho arbóreas nativas en dos proporciones con zacate Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y punta de caña (*Saccharum officinarum*). MPAT, MVZ. Agustín Roberto Bobadilla Hernández; MC, IAZ. Reyes López Ordaz; DCAyRN, MC, Biol. Julieta Gertrudis Estrada Flores.

Se consideraron ocho arbóreas nativas de México referenciadas como consumidas por rumiantes domésticos, mezcladas con Kikuyo y punta de caña, respectivamente; para medir la degradabilidad de la MS, MO y FDN, la concentración de taninos condensados. Las muestras de follaje se obtuvieron de ramillas con grosor menor a 5 mm de diámetro. Los análisis bromatológicos, se realizaron en el laboratorio de Bromatología del DNAyB de la FMVZ UNAM y los de degradabilidad en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la UAEMex. Las degradabilidades de MS, MO y FDN presentaron diferencia estadística ($P < 0.01$). La mayor degradabilidad (dMS, dMO y dFDN) la presentó el Kikuyo (70.1, 67.2 y 69.6 %), seguido por el Tepeguaje (58.4, 55.0 y 30.8 %) y el Tepozán (42.1, 39.3 y 33.7 %). En cuanto a las mezclas con punta de caña, se observó que a mayor proporción de arbórea (50: 50) en la mezcla, la degradabilidad aumenta, hasta 20%; a excepción de la mezcla con Tepozán (56.6 % dMS, 53.6 % dMO y 47.9 dFDN), en la cual se mantiene la degradabilidad. En las mezclas con Kikuyo, la proporción 75: 25 presentó mejor degradabilidad ($< 30\%$), con respecto a las mezclas 50: 50; destacando Tepozán (68.9 % dMS, 66.1 % dMO y 67.1 % dFDN). Además, la composición nutricional de las arbóreas evaluadas fue: 22.6 % (Mezquite) – 13.0 % (Tepeguaje) de PC y 3.0 Mcal/KgMS (Tepeguaje) – 2.3 Mcal/KgMS (Tehuiztle) de EM. Por lo anterior, es posible considerar las arbóreas nativas, como un recurso con potencial forrajero, así como su utilización para la complementación estratégica en pastoreo.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción pecuaria se clasifican, por su método de alimentación en pastoreo, semi estabulados y estabulados (INEGI, 2015). Pueden ser reconocidos como intensivos o extensivos, si se tienen en cuenta sus niveles productivos y el control de los procesos productivos. Por otro lado, el número de animales, los agrupa en pequeños, medianos y grandes producciones. Los sistemas extensivos, se asociaban con una baja productividad y ausencia de control; sin embargo, actualmente, no es así.

Para conocer la intensificación de los sistemas pecuarios, se requiere la comprensión de las interacciones presentes, mediante parámetros productivos, ya que están evolucionando conforme a la calidad y cantidad de los productos exigidos por la población. En México, no es diferente; en 2005, el consumo nacional aparente de carne de bovino fue de 1'654'503 toneladas, de las cuales, se importó el 14.5%. Para la carne de ovino, se importó el 47.6% (SAGARPA, 2014) de lo exigido; ésto resultaba en una disponibilidad de 15.5 kg y de 0.8 kg, respectivamente, por habitante al año. Las importaciones corrigen el déficit, sin aliviar del todo el abasto; ya que los precios dependen de la tasa de cambio del peso frente al dólar. Además, en 2009, las importaciones disminuyeron 31% (Rubio, 2011), lo que generó una reducción de disponibilidad e incremento el precio al consumidor. En el país, los sistemas pecuarios con base en pastoreo representan el 52.5% de las unidades de producción y concentran 77.89% del total de animales (INEGI, 2007); lo que vislumbra que, si se aumenta la eficiencia de estos sistemas, la producción nacional se incrementaría significativamente.

Hasta ahora, la alimentación animal, se ha basado en la utilización de granos y pastas de oleaginosas; que elevan los costos, disminuyen las ganancias y comprometen la economía del productor. En contraste, existen forrajes con precios bajos y significativo aporte de nutrientes (Wilkins, 2000).

Las ventajas de los forrajes se sustentan en su resistencia a pisoteo, corte y tolerancia a sequías o inundaciones. Si se considera la utilización de árboles y

arbustos forrajeros, como un complemento al pastoreo, también se favorece la restauración de superficies degradadas, reducen la pérdida de suelos por erosión y mejora la fertilidad de los suelos debido a las micorrizas (Szott *et al.*, 2000). La caracterización nutricional de estos recursos forrajeros, es necesaria, para promover su utilización eficaz en la alimentación y en coherencia con la sustentabilidad de los sistemas pecuarios.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA EN EL PAÍS.

En el 2014, de los 7'260'710'677 habitantes en el mundo; México, contaba con 125'385'833 (Banco Mundial, 2016); el 37.1 % se encontraba en pobreza y de ésta, el 43.5 % se ubica en el ámbito rural; en consecuencia, los requerimientos alimentarios son elevados y es un país deficitario en alimentos; lo que implica el reto de la ganadería para asegurar la alimentación, como un derecho de la población.

A lo largo de los últimos años, se promovió una dependencia alimentaria en cultivos, que posteriormente se redirigieron a los biocombustibles y exhibió la carencia de éstos en el mundo. Así los modelos de producción neoliberalistas redujeron el libre mercado al mínimo, lo que observó un incremento del costo de producción. Por ejemplo, en 2009, las importaciones se redujeron 31%, respecto al año anterior, y esto comprometió la disponibilidad de los alimentos, provocó el desabasto y aumentó 62% el costo de la canasta básica; minando aún más la seguridad alimentaria y la soberanía nacional (Torres, 2010).

En este sentido, la situación pecuaria en México, muestra que el 60% del país realiza actividades ganaderas en 2012; empleando a 40'000 familias (Solorio *et al.*, 2009; Chalate *et al.*, 2010). La agricultura, ocupó el 3er lugar de las actividades económicas, con 15.48% del total (CEPALSTAT, 2015).

El Servicio de Información Agraria y Pesquera (SIAP), en 2012, reportó que la producción cárnica, fue de 1'904,394 miles de toneladas, lo que significó una derrama económica, de 745'373'854 miles de pesos; la producción lechera fue de

10'965'632 miles de litros, con una derrama de 60'678'49 miles de pesos. La existencia de ganado ovino, caprino, bovino productor de carne y leche, era de: 29'526'949 y 2'398'639, 8'405'902, 8'743'949 cabezas; respectivamente. Los principales estados con mayor inventario ganadero, son: Veracruz, Jalisco, Edo. de México, Oaxaca e Hidalgo; y que basan su alimentación en pastoreo, que integran al menos el 51.36% de las unidades de producción.

Caracterizar los sistemas de producción, facilitaría evaluarlos y hacer recomendaciones tecnológicas eficaces. Todo sistema productivo, es un conjunto de decisiones relativas, basadas en experiencias o conocimientos, guiados por un objetivo; debiendo resolver cuatro situaciones imperantes: adaptación al ambiente, conservación del modelo, control de la tensión y por último la integración de distintas clases sociales. Las producciones ganaderas pueden ser divididas en cinco tipos, considerando la escala de producción, la mano de obra, y el nivel tecnológico (Cuadro 1) (Chalate *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Tipos y características de la ganadería (SAGARPA, 2006).

Tipo	Características (Escala de producción, la mano de obra, y el nivel tecnológico)
<i>I</i>	Subsistencia , nula infraestructura y bajos niveles de producción.
<i>II</i>	De traspatio , poca infraestructura y producción. Diversifica con maíz.
<i>III</i>	Ganadería extensiva , infraestructura media.
<i>IV</i>	Combinan la actividad con agricultura, sistema semi-tecnificado .
<i>V</i>	Producción agroindustrial , sistemas tecnificados.

Actualmente, se diluyen los límites de esta clasificación, debido a la diversificación de los mismos; ya que existe acceso a diferentes tecnologías adaptadas a cada sistema. En el Cuadro 2 se observan las características de los sistemas de producción en pastoreo.

Cuadro 2. Características de los sistemas de producción pecuaria en pastoreo.

	Descripción	Ejemplos
Tipo de pastoreo ^{α,β}	Considera divisiones de la superficie con administración por tiempos de ocupación y descanso.	Continuo, Rotacional, En Franjas, Alta Densidad.
Recursos ^γ	Clase de forraje empleado (especie de planta).	Pradera: Introducida/Mejorada, Endémica De corte: Anual, Perenne Arbóreas / Arbustos
Metodología ^{α,δ, ε}	Forma de aprovechamiento del forraje, y de los estratos aprovechados.	Pastoreo, Silvopastoreo, Agrosilvopastoreo, Bancos de proteína Corte / Acarreo
Producción ^ζ	Niveles de producción, (parámetros productivos).	Intensivos/Especializado, Doble propósito, Familiar/Subsistencia
Tecnología	Instrumentos y procedimientos empleados para la producción.	Riego, Fertilización, Semilla (Certificada, Mejorada, etc.),

^α Allen y Collins, 1995; ^β Redden, 2014; ^γ Szott *et al.*, 2000; ^δ Barnes y Nelson, 1995; ^ε Ojeda *et al.*, 2003; ^ζ SAGARPA, 2006.

Todo lo anterior se dirige a cambiar de una ganadería dependiente de recursos externos y poco competitiva, a sistemas que conserven recursos naturales y con mayor eficiencia biológica y económica, con técnicas sustentables de manejo de recursos; que incluso recuperen suelos degradados. En este sentido, los sistemas silvopastoriles, vienen mostrando ser una buena opción.

2.1. Sistemas de alimentación.

Los sistemas de alimentación, deben adaptarse lo mejor posible a los recursos de cada región (cereales, pastos, etc.). Debemos resaltar que el recurso planta, es la fuente primaria de alimentación en rumiantes; ya que presentan la habilidad de extraer sus nutrientes. Por lo que, el pastoreo, es una metodología que ayuda a minimizar el impacto ambiental y permite una elevada eficiencia de producción.

2.1.1. Silvopastoreo.

El silvopastoreo es una herramienta metodológica, presente desde el trópico húmedo hasta las regiones semiáridas. El potencial de estos sistemas recae en la diversidad de especies vegetales, endémicas y de tolerancia al ramoneo.

La implementación de arbóreas en la ganadería permite incrementar los niveles de producción y reduce la dependencia de insumos externos y con ello, los costos de producción (Palma, 2005). Los sistemas agroforestales; presentan: 1) interacción entre más de dos especies; 2) por lo menos un elemento es una arbórea/arbustiva; 3) uno de los componentes es con fines de producción pecuaria (Botero y Russo, 1998).

2.2. Arbóreas con potencial forrajero.

La utilización de las arbóreas se promueve por la amplia disponibilidad y menor fluctuación en su calidad nutrimental durante el año (Nahed *et al.*, 1998; Bobadilla, 2001; Hernández *et al.*, 2010). Por ejemplo, sus valores de Proteína Cruda (PC) se encuentran entre 12 y 30 %, con lo que pueden cubrir los requerimientos de amonio (8 % PC) de la población bacteriana ruminal (Norton, 1998); sin embargo, la edad de la planta afecta ligeramente la concentración de proteína, taninos y fibra (Barahona *et al.*, 2003; Bhatta *et al.*, 2005). Por otro lado, las especies leñosas también benefician los demás componentes del sistema (suelo, planta), gracias a la simbiosis con microorganismos (*Frankia*, *Rhizobium*, entre otros), los cuales mejoran el aprovechamiento de nutrientes.

Los pequeños productores, empíricamente, permiten que caprinos y ovinos, consuman el follaje de especies leñosas. El uso de estos recursos forrajeros, puede basarse en: 1) La arbórea debe tener beneficios en la producción animal, por su contenido nutrimental, 2) resistencia a pastoreo o poda y 3) la cantidad de biomasa potencialmente utilizable (Bobadilla, 2001).

2.2.1. *Acacia bilimekii* J.F. Macbr

Pertenece a la familia *Mimosaceae*, su nombre común, es Tehuiztle. Arbórea de 6 m de alto, de hojas con 1 – 2 pares de folíolos. De clima tropical, con precipitación pluvial hasta 1200 mm; entre los 1500 y 2500 msnm. Aportando de 8.6 % a 35.5 % de PC, dependiendo de la porción de la planta (folíolos, ramillas y/o frutos); 50.3 % y 39.6 % de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA), respectivamente (Sotelo *et al.*, 1999; Pedraza *et al.*, 2007; Camacho, 2012). El aprovechamiento de la especie se ve influida por la concentración de Taninos Condensados (TC), su degradabilidad de MS es de 39.5 % y de FDN de 27.6 %, además se reporta un Lag (tiempo de colonización bacteriana) de 0.84 hrs (Hernández *et al.*, 2010; Toledo, 2000).



Figura 2. Vainas de *Acacia bilimekii*



Figura 1. Morfología característica de *Acacia bilimekii*

2.2.2. *Acacia farnesiana* (L.) Willd

Familia *Fabaceae*, mantiene una simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. También, se conoce como: Huizache, Espino blanco, Aromo, entre otros. Se encuentra en climas tropicales, y en ocasiones se adaptan adecuadamente a climas secos, con precipitación pluvial hasta de 900 mm; se localiza hasta los 1500 msnm. Es un arbusto, de entre 3 y 10 m de altura, presenta de 2 a 7 pares de folíolos primarios. Los aportes nutricionales son de 17.9 – 21.1 %, 36.3 – 39.5 %, 26.9 – 28.5 %; de PC, FDN y FDA respectivamente (Ramírez y Ledezma, 1997; Ramírez *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2000; Carranza *et al.*, 2003).

Cabe mencionar que presenta una concentración de 1.8 % de TC; debiendo resaltar su degradabilidad *in vitro* desde 67.2 % y de 54.9 % para MS y FDN, respectivamente (Ramírez *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2000).



Figura 3. Hojas de *A. farnesiana*



Figura 4. Morfología de *Acacia farnesiana*

2.2.3. *Alnus Acuminata* Kunth

Conocido como Aile, Abedul, Elite, es un árbol de hasta 25 m de altura; pertenece a la familia *Betulaceae*. Se adapta en climas templados, entre los 1300 y 2800 msnm, con 1000 – 3000 mm de precipitación pluvial. Sus hojas son ovadas con margen biserrado; puede aportar hasta 320 Kg/N/Ha/año, gracias a su asociación con bacterias del género *Frankia*. Su composición química es 17.8 % de PC, 57.3 % y 48.5 % de FDN y FDA, respectivamente (Niang *et al.*, 1996; Nahed *et al.*, 1998); presenta 7.23% TC (Chirinos *et al.*, 2013). La degradabilidad de la MS es de 47.71 % y la de la FDN es de 20.17 %, siendo de moderada a baja (Naranjo y Cuartas, 2011).



Figura 5. Población de *Alnus acuminata*

2.2.4. *Arbutus xalapensis* Kunth

Se localiza en climas templados con precipitación pluvial de 1300 mm, entre los 800 y 1500 msnm. Pertenece a la familia *Ericaceae*, tiene una altura promedio de 10 m, presenta hojas lanceoladas (Figura 7) y su corteza es rojiza (Camacho *et al.*, 2001; González *et al.*, 2012). Sus aportes nutricionales no son elevados, 11.3 % PC, 38.9 % FDN y 23.92 % FDA (Sotelo y López, 2007); la degradabilidad de la MS llega al 82.47 % (Camacho *et al.*, 2001).



Figura 6. *Arbutus xalapensis*

2.2.5. *Buddleia cordata* Kunth

Es de la familia *Loganiaceae*, se conoce como Tepozán, Marubio, Xompantle. mide de 2 a 15 m de altura, su distribución es entre los 1400 y 3200 msnm; en climas templados subhúmedos, con precipitación pluvial anual de hasta 2000 mm. Sus ramas jóvenes presentan pubescencias, sus hojas son opuestas y pecioladas (Camacho *et al.*, 2009). Sus aportes nutricionales son de 17.8 %, y 51.43 %, 48.5 %; de PC, FDN y FDA, respectivamente y 63.83 % de dMS. Se ha observado que con una inclusión



Figura 7. *Buddleia cordata*

de hasta el 30 % en la dieta, no se muestran efectos negativos (Nahed *et al.*, 1998; Navarro y Velázquez, 2001; Pérez *et al.*, 2011).

2.2.6. *Lysiloma acapulcensis* Kunth (Benth)



Figura 8. Morfología de hojas y vainas de *Lysiloma acapulcensis*.

Su nombre común es Tepeguaje, Tepehuaje, Ébano o Cañamazo; pertenece a la familia *Fabaceae*. Se ubica en regiones tropicales, con precipitación pluvial de hasta 1200 mm anuales y hasta los 1700 msnm. Alcanza los 20 m de altura, la hoja presenta de 25 a 50 pares de folíolos secundarios (Maheca, 2002). Nutricionalmente aporta 17.7 % de PC, 60.7 % de FDN y 50.08 de FDA; la concentración de taninos condensados puede llegar a ser hasta de 18.7 %, limitando su inclusión (Camacho, 2010); la degradabilidad de la materia seca es de 44.97 %.

2.2.7. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth

Árbol tropical, presenta hoja bipinada y aglomerada; llega a medir hasta 20 m de altura. Se le conoce como Guamúchil o Huamúchil, de la familia *Mimosaceae*; se encuentra hasta los 1800 msnm, en climas tropicales con precipitación pluvial entre 450 y 1650 mm. Nutricionalmente el Guamúchil, aporta 16.45 - 19.38 % de PC, 43.35 % de FDN, 25.1 % de FDA; y 2.01 Mcal/Kg MS EM. La concentración de taninos condensado que presenta (4.54 %) modifica la degradabilidad de MS (42.7 - 76.7 %), así como el tiempo Lag (4.33 hrs) (Carranza *et al.*, 2003; García y Medina, 2006; Pedraza *et al.*, 2007; Hernández *et al.*, 2010; Camacho, 2012). Además, estudios reportan un rendimiento forrajero de 44.5 Kg MS/árbol⁻¹ (Olivares *et al.*, 2011).



Figura 9. *Pithecellobium dulce* - a) Bovino ramoneando b) hoja compuesta c) vainas

2.2.8. *Prosopis juliflora* (Sw.) DC

Conocido como Mezquite, o Algarrobo; es un arbusto que mide desde 2 hasta 12 m de altura, sus hojas presentan de 13 a 16 pares de folíolos. Se distribuye en climas tropicales y semiáridos, con una precipitación pluvial desde 150 hasta 1200 mm; se establece hasta los 2430 msnm (Vallejo *et al.*, 2012). Sus aportes nutricionales son de 12.6 hasta 19.8 % de PC, 47.1 % de FDN, además de presentar entre 0.8 y 1.2 % de taninos condensados. Su degradabilidad es de 42.9 % con un tiempo Lag de 3.9 hrs (Ramírez *et al.*, 2000; Carranza *et al.*, 2003).



Figura 10. Hojas de *P. juliflora*



Figura 11. Inflorescencia de *Prosopis juliflora*.

2.3. Parámetros productivos con follaje de arbóreas

La respuesta productiva del animal con uso de follaje de arbóreas, está determinada por (Naranjo *et al.*, 2011):

- 1) Proveer los nutrientes requeridos.

- 2) Cantidad de nutrientes.
- 3) Llenado ruminal y tasa de pasaje.
- 4) Digestibilidad y tasa de fermentación ruminal.
- 5) Síntesis de proteína microbiana.
- 6) Aporte importante de aminoácidos, su absorción se da en el intestino delgado.
- 7) Síntesis de ácido propiónico.
- 8) Nutrientes de sobrepaso (proteína, fibra).
- 9) La proteína vegetal de mejor calidad es debido a la cantidad de aminoácidos esenciales. (Norton, 1998).
- 10) Taninos condensados: modifican la digestión y el metabolismo de las proteínas y dan protección contra helmintos (Waghorn *et al.*, 1998).

En este sentido, los TC de 2 al 4 %, incrementan la proteína de sobrepaso y disminuyen la pérdida de amonio en el rumen (Barry *et al.*, 1986); con 8 a 10%, disminuyen la palatabilidad y la disponibilidad de amonio en el rumen (Nbugua *et al.*, 2008; Salem *et al.*, 2007; Waghorn, 1990). Los TC favorecen la proteína de sobrepaso (Waghorn *et al.*, 1987) por la inhibición de enzimas digestivas ruminales (Rubanza *et al.*, 2005); lo cual logra incrementar el uso de amoniaco.

Merlos *et al* (2008), analizaron las características productivas en cabritos, en selva baja caducifolia y matorral crasicaule; donde estaban presentes huizache (*Acacia farnesiana*), amate (*Ficus spp*), Tepehuaje (*Lysiloma acapulcensis*), huamúchil (*Pithecellobium dulce*), mezquite (*Prosopis juliflora*), cubata (*Acacia pennatula*), entre otras y obtuvieron 11.4 – 17.3 Kg PV al destete; 21.1 – 32.1 Kg PV peso a los 360 días.

Niang *et al* (1996) observaron que el consumo voluntario (CV) se incrementa significativamente (70.3 g/Kg PV^{0.75}) con la inclusión de mimosa (*M. scabrella*), comparado únicamente Setaria (37.2 g/Kg PV^{0.75}); también obtuvieron mayor GDP, de 51 g/animal contra 31.25 g/animal, respectivamente. Resultados similares reportan Vadiveloo *et al* (1985), quienes observaron que *Leucaena leucocephala* incrementaba las GDP; al igual Kahindi *et al* (2007) que suplementaron con

Pithecellobium dulce a 32.61 y 60.04 % de inclusión y obtuvieron que la digestibilidad de la MS fue de 62.29 y 61.16 % y el consumo voluntario de 302.48 y 428.50 g/Kg PV^{0.75}; respectivamente; cuando el porcentaje de inclusión de arbórea fue de 40 a 50 % de la MS de la ración.

En 2013, Olivares *et al*, evaluaron la inclusión de follaje de tres arbóreas (*P. dulce*, *G. sepium* y *H. matoxylum*) en dos proporciones (30 y 15 %) en dietas para cabras, se percibe el incremento en la digestibilidad de la MS, hasta un 85 % e influye aumentando el consumo voluntario hasta 40 %; además de incrementar la hasta 50 % la cantidad de EM.

Por otro lado, en 2011, Velázquez *et al*, utilizando vainas de *Acacia farnesiana* en corderos, concluyeron que, la inclusión entre 20 y 40 % en la dieta, mejora el consumo y reduce los costos de alimentación. Botero y Russo (1998) reportan que la asociación de gramíneas y especies leñosas incrementa entre 10 – 34 % la producción de biomasa de la gramínea, aumentando así, la carga animal hasta 3.0 UA/Ha.

Los bancos de proteína con especies leñosas, reportan ganancias diarias de peso hasta 850 g/animal/día en novillos e incrementa la producción de leche a 4.3 Kg/vaca/día con base en 3.5 Kg/vaca/día, en trópico. En clima templado, con *Alnus acuminata* + *Pennisetum clandestinum*, la producción de leche llegó a 14.4 lts/día contra 12.8 lts/día con solo pasto. Broom *et al* (2013) reporta que la sombra (54 %) de especies leñosas incrementó el contenido de proteína, en *Panicum maximum*, de 9.6 a 12.9 %.

2.4. Procesos ruminales: Degradabilidad.

La principal función del rumen, es la fermentación microbiana de la fibra dietética; esta fermentación, involucra la tasa de degradación de la materia orgánica, la eficiencia microbiana y el tipo de ácidos grasos volátiles (AGV's) producidos (Bannink y Tamminga, 2005). La degradabilidad, varía por el crecimiento microbiano, la velocidad de colonización (Salem *et al.*, 2007; Getachew *et al.*, 2008;

Nbugua *et al.*, 2008) y las características nutrimentales del alimento y por ello se busca emular en laboratorio, para describir plenamente este proceso.

2.4.1. Técnica de Producción de gas *in vitro*.

Esta técnica se basa en que, el sustrato digerido influye directamente en la producción de gas y, el crecimiento microbiano. La producción de gas es únicamente consecuencia de la fermentación del sustrato (France *et al.*, 2000).

Medir la tasa de producción de gas, predice la tasa de degradabilidad (López *et al.*, 2000). Primordialmente, la digestión de los carbohidratos (solubles e insolubles) (Menke & Steingass, 1988), y el volumen de gas, con lo cual, posteriormente se puede estimar la producción de AGV's (Getachew *et al.*, 2004). Esta técnica, exige controlar el tamaño y forma física de la partícula y el inóculo, puesto que puede alterarse por la especie animal, la raza y el momento de obtención (López, 2005); la dieta y la composición de la muestra (Omed *et al.*, 2000). Por otro lado, la tasa de fermentación, puede considerarse como una característica intrínseca del alimento, la cual depende de la composición química y de la proporción de tejidos (López, 2005).

Para asociar la desaparición o la producción de gas con la digestión en rumen (Figura 12), los modelos asumen que el alimento se compone de dos fracciones, una potencialmente degradable y la otra no degradable. La primera fracción, será degradada en una tasa fraccional ($\%/h^{-1}$) después de un tiempo de colonización denominado Lag (h). La fase lag, se debe a la inhabilidad de la población microbiana y a las enzimas, para degradar el sustrato a una velocidad significativa.

Esta técnica permite describir la dinámica de fermentación (Ørskov, 2000); por ejemplo, en los forrajes, modificará la producción de gas: los niveles de lignina y taninos, que comúnmente disminuyen la tasa de fermentación y el volumen de gas producido (Camacho, 2010; Getachew *et al.*, 2008).

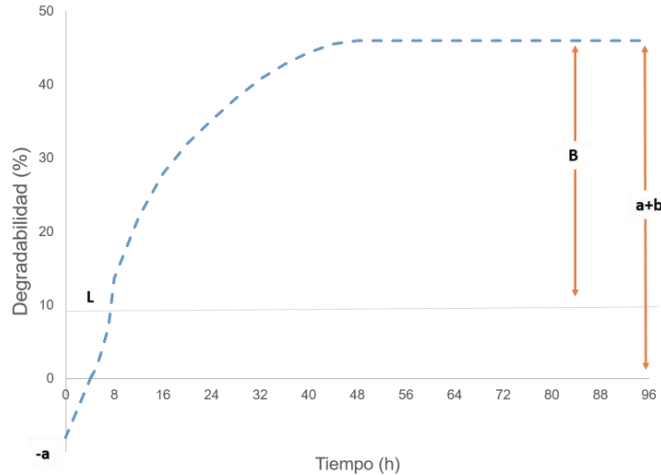


Figura 12. Curva de degradación ruminal con fase lag.

3. HIPÓTESIS

La degradabilidad, de la materia seca (MS), materia orgánica (MO) y fibra detergente neutro (FDN); de mezclas de gramíneas con follajes de arbóreas nativas de México, será modificada por la especie arbórea, la proporción de follaje utilizado en la mezcla y la especie de gramínea.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Medir la degradabilidad de la MS, MO y FDN; así como la concentración de taninos condensados; en mezclas (en dos proporciones 25/75 y 50/50) de follaje de ocho arbóreas nativas de México con zacate Kikuyo (Ky) (*Pennisetum clandestinum*) y punta de caña (PCñ) (*Saccharum officinarum*).

4.2. Objetivos Particulares

- a. Determinar la cinética ruminal, de las ocho arbóreas y las dos gramíneas, mediante la técnica de "Producción de gas *in vitro*", para evidenciar las curvas de degradabilidad.

- b. Determinar la cinética ruminal de las mezclas, con Ky o PCñ, en ambas proporciones (75/25 y 50/50); mediante la técnica de “Producción de gas *in vitro*”, para evidenciar las curvas de degradabilidad.
- c. Evaluar la degradabilidad de MS, MO y FDN, de las especies evaluadas, mediante los remanentes obtenidos a partir de la técnica de “Producción de gas *in vitro*”.
- d. Evaluar la degradabilidad de MS, MO y FDN de las mezclas, con Ky o PCñ, en ambas proporciones (75/25 y 50/50); mediante los remanentes obtenidos a partir de la técnica de “Producción de gas *in vitro*”, para definir su eficiencia en la alimentación de rumiantes.
- e. Calcular el porcentaje de TC, presente en las ocho arbóreas evaluadas, mediante la técnica propuesta por Makkar (2003).
- f. Determinar la composición química de las especies evaluadas, mediante el análisis químico proximal, para conocer su potencial forrajero.
- g. Determinar la composición química de las mezclas, con Ky o PCñ, en proporción 50/50, mediante el análisis químico proximal.
- h. Calcular las fracciones de la fibra, de las especies evaluadas, mediante el análisis de paredes celulares.
- i. Calcular las fracciones de la fibra de las mezclas, con Ky o PCñ, en ambas proporciones (75/25 y 50/50), mediante el análisis de paredes celulares.

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

La realización del trabajo se dividió en dos fases: a) Campo, la cual se llevó en diferentes estados del país, como se muestra en el Cuadro 3; y b) Laboratorio, que se realizó en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEMex y en el Laboratorio de Bromatología del DNAYB de la FMVZ – UNAM.

5.1. Fase de campo.

El Kikuyo (Ky) se obtuvo de un predio en Huitzilac, Mor., a la edad de 20 días; para lo anterior, se realizó un corte de homogenización, la superficie fue de 9 m², de los cuales solo se cosecharon 4 m² (Figura 13). La punta de caña (PCñ), se obtuvo de plantas con 1 año de edad, en Jojutla, Mor.

Las muestras de follaje se obtuvieron de diversos estados (Cuadro 3); se tomaron ramillas con follaje de un grosor no mayor de 5 mm de diámetro, en un margen de 30 cm a partir de la periferia y hasta una altura de 1.5 m (Figura 14). Todas las muestras se guardaron y transportaron en refrigeración (4° C).

Cuadro 3. Arbóreas nativas de México y sus mezclas (tratamientos).

Nombre Común	Nombre Científico	Sitio de colecta	Kikuyo* 50%	Kikuyo 75%	Caña** 50%	Caña 75%
Aile (AL)	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Molango de Escamilla, Hgo.	T1	T2	T3	T4
Guamúchil (GML)	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	Tepalcingo, Mor.	T5	T6	T7	T8
Huizache (HZE)	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Tequisquiapan, Qro.	T9	T10	T11	T12
Madroño (MDÑ)	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Chapa de Mota, Edo. de Méx.	T13	T14	T15	T16
Mezquite (MZQ)	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Tepalcingo, Mor.	T17	T18	T19	T20
Tehuiztle (THE)	<i>Acacia bilimekii</i> J.F. Macbr.	Santa Rosa Treinta, Mor.	T21	T22	T23	T24
Tepeguaje (TPJ)	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth	Tepalcingo, Mor.	T25	T26	T27	T28
Tepozán (TPZ)	<i>Buddleia cordata</i> Kunth	Calnalí, Hgo.	T29	T30	T31	T32

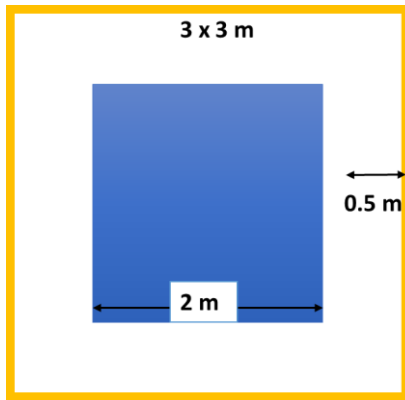


Figura 14. Dimensiones del terreno donde se colectó el zacate Kikuyo.

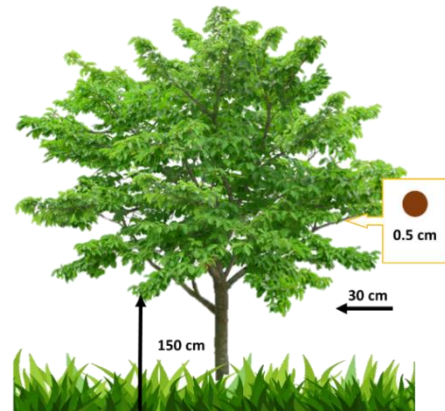


Figura 13. Método de muestreo para las arbóreas.

Con la finalidad de determinar la composición botánica y contenido nutricional de la pradera donde pastoreaba la vaca fistulada, se realizó un muestreo en “X” o “Cinco de Diamantes”; el cual consistió en tomar 5 muestras (los lados y el centro) de la división a pastorear.

5.2. Fase de laboratorio.

La fase de laboratorio, se llevó a cabo en los laboratorios de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México y en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Los análisis de laboratorio se realizaron individualmente para cada especie y sus mezclas.

5.2.1. Manejo de las muestras.

Las muestras, fueron deshidratadas a $\pm 55^{\circ}$ C en una estufa de aire caliente (Rios Rocha HS-62) hasta llegar a peso constante (48 hrs); se procesaron en un molino de cuchillas (Arthur H. Thomas Wiley) utilizando una criba de 1mm (AOAC, 2005). Se conservaron en frascos de plástico hasta su procesamiento.

5.2.2. Proporción de las mezclas.

Para realizar las proporciones de las mezclas (Cuadro 3), se consideró que, en época de estiaje, las arbóreas componen cerca de la mitad del forraje consumido (proporción 50:50, gramínea: follaje); mientras que, en lluvias, el follaje es poco consumido (proporción 75:25, gramínea: follaje) (Ortega *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2014). Una vez molida la muestra, se mezclaba el follaje con la gramínea, para obtener 50 g de cada tratamiento, como se indica en el Cuadro 3.

5.2.3. Producción de gas *in vitro*.

La cinética de fermentación *in vitro* de los forrajes, se realizó mediante la técnica de producción de gas propuesta por Menke y Steingass (1988) y por Mauricio *et al* (1999), modificada en el ICAR UAEMex (Anexo 1), con el empleo de líquido ruminal procedente de una vaca fistulada.

5.2.3.1. Alimentación de la vaca donante de líquido ruminal.

La vaca pastoreaba durante 9 hrs/día (07:00 a 16:00), por 3 días de ocupación y 25 días de recuperación; una pastura de kikuyo y trébol blanco. Se complementa con 1 Kg de alimento concentrado y ensilado de maíz *ad libitum*.

5.2.3.2. Evaluación de la ración de la vaca donante.

Para la pradera se calculó la proporción hoja: tallo, la composición florística, FDN y FDA, estos últimos también se analizaron en el ensilado de maíz. Para los ingredientes de la ración, se determinó MS, PC, EE, FC y Cen. Con los resultados se estimó el aporte de nutrientes.

La determinación de la composición florística y la proporción hoja: tallo, se realizó manualmente, mediante la selección, separación y pesaje de cada porción (Mendoza P y Lascano C, 1986).

5.2.3.3. Fermentación *in vitro* mediante la técnica de producción de gas.

Tres días antes de iniciar la prueba, se prepararon las cantidades requeridas de cada solución y el día de inicio se mezcló para conformar el medio.

Las botellas (Bellco glass – Wolfe anaeróbica de 120 ml) se pesaron con ± 0.9999 g de muestra, se adicionaron 90 ml del medio, con ayuda de un dispensador automático (Lab-tech Jencans Perimatic GP), colocándolas en un baño maría (PoliScience 2001 de 25 L) a 39° C; posteriormente (90 min) se les añadió 10 ml de líquido ruminal homogenizado; cada muestra contó con cuatro repeticiones. Una vez agregado el medio, las botellas se sellaron herméticamente con tapones de caucho; y se regresaron al baño maría, donde permanecieron durante la incubación de 96 horas.

Para las mediciones, las botellas se puncionaron, registrando la lectura de presión (Psi), dejando escapar el aire al finalizar; la medición se realizó en el mismo orden durante cada lectura. Los tiempos de incubación en los que se realizaron las mediciones fueron 1-8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 72, 84, 96 hrs. Se empleó un transductor (Delta OHM DO9704), con el que se midió la producción de CO₂. El volumen se determinó mediante la correlación entre la presión obtenida (psi) y el volumen inyectado (ml).

Para la obtención de las curvas de fermentación, se empleó el modelo propuesto por Krishnamoorthy *et al* (1995):

$$Y = D (1 - e^{-k(l-t)})$$

Dónde: Y es el porcentaje de desaparición de la materia seca, D es la producción potencial de gas (ml), k es la tasa fraccional de digestión (h^{-1}), t es el tiempo de incubación y l es el tiempo Lag (h).

5.2.3.4. Degradabilidad de MS, MO y FDN.

Con base en el peso inicial y el de los remanentes, se obtuvo la degradabilidad de MS, MO y FDN. Se seleccionó dos repeticiones de cada muestra, su contenido se filtró a través de crisoles gooch de poro N° 1 con ayuda de una bomba de vacío; al finalizar, se colocaron en una estufa de aire caliente (Rios Rocha HCF-82D) durante 48 horas y se pesaron en una balanza analítica (AND HR-202) para obtener la degradabilidad de la MS por diferencia. Posteriormente fueron colocadas en una mufla (Cole-Parmer StableTemp) durante 4 horas a 450° C y se pesaron, con la finalidad de determinar la degradabilidad de MO.

La degradabilidad de FDN (Anexo 2), se determinó mediante el uso del contenido de las dos botellas restantes; a las que se les agregó la solución de FDN y se incubó en una autoclave (Prendo AV-3062) durante 1 hora a 105° C y 0 mmHg; el proceso se repitió a partir del filtrado.

Para el cálculo del porcentaje de degradabilidad de MS, MO y FDN; se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\%dMS = \left(\frac{Pi - (Pf - B)}{Pi} \right) * 100$$

Dónde: dMS, es el porcentaje de degradabilidad de la MS. Pi, Peso inicial; Pf, Peso final; B, Promedio de los blancos.

$$\%dMO = \left(\frac{\%MO - (MSf - MIf)}{\%MO} \right) * 100$$

Dónde: %MO, es el porcentaje de MO de la muestra, MSf, peso de la MS final; MIf, peso de la materia inorgánica final.

$$\%dFDN = \left(\frac{Pi_{FDN} - (Pf - B)}{Pi_{FDN}} \right)$$

Dónde: Pi_{FDN}, Peso inicial de FDN; Pf, Peso final de FDN; B, Promedio de los blancos.

5.2.4. Análisis de laboratorio de los forrajes experimentales.

Al follaje y al pasto, se les determinó MS, PC, EE, FC, Cen (AOAC, 2005); FND, FAD y LAD (Van Soest, 1979); también se determinó la concentración de TC (Makkar, 2003) en el follaje de las arbóreas.

5.2.4.1. Taninos condensados.

La cuantificación de taninos condensados se realizó con base en la técnica propuesta por Makkar (2003), modificada en el ICAR UAEMex (Anexo 3).

La extracción consideró el uso de un baño ultrasónico (Branson 1510) durante 20 minutos. Se centrifugó durante 10 min a 3000 rpm en una centrífuga (IEC HN-SII) para obtener el sobrenadante, al cual se le agregó las soluciones de butanol y hierro; se mezcló con un vortex (Maxi Max II). Se realizaron tres repeticiones de cada muestra; estas se incubaron en un baño en seco (Electrothermal 5401 Digi-Block) durante 60 min a $\pm 99^\circ$ C. La absorbancia se leyó en un espectrofotómetro (Thermo Scientific Genesys 10s) a 550 nm; y las lecturas se sustituyeron en la siguiente fórmula:

$$\%TC = \frac{(Abs * 78.26 * FactDil)}{\%MS}$$

5.3. Análisis Estadístico

Los resultados de los análisis Químico Proximal, Van Soest, Taninos condensados y degradabilidades (MS, MO y FDN), se analizaron mediante un diseño completamente al azar:

$$Y_{jk} = [\mu + \tau_j + \epsilon_{jk}]$$

Dónde: Y_{jk} representa la variable respuesta en la repetición j del tratamiento k , μ es la media general, τ_j es el efecto del tratamiento j , y ϵ_{jk} son las desviaciones, a partir de la media.

6. RESULTADOS y DISCUSIÓN.

6.1. Alimentación de la vaca.

6.1.1. Composición de la pradera.

En el Cuadro 4, se muestra que, la proporción hoja: tallo, fue de 5:1 (83.7%:16.3%).

Cuadro 4. Proporción hoja: tallo de la pradera.		
	%	Proporción
Hoja	83.67	Hoja: Tallo
Tallo	16.32	5 : 1

En el Cuadro 5, se muestra que 82.0 % fue de *P. clandestinum* y 18.0 % de *T. repens*. Se calculó la producción de biomasa, con un muestreo en “cinco de diamantes”; y se obtuvo 177.92 g/m² de MS.

Cuadro 5. Composición florística (% gramínea, leguminosa).		
	g (BH)	%
Gramínea	167.00	82.03
Leguminosa	36.30	17.83
Maleza	0.27	0.13

6.1.2. Composición nutricional de la ración.

El análisis bromatológico, de cada ingrediente, mostró que la pradera mixta contenía 13.13 % PC, 20.70 % FC y 2.41 Mcal/Kg EM; en ese orden el concentrado presentó 20.78 %, 7.45 % y 2.94 Mcal/Kg y el ensilado de maíz, 5.69 %, 30.67 % y 2.55 Mcal/Kg (Cuadro 6).

En el Cuadro 7, se muestran las fracciones de la fibra, de la pradera y ensilado. Destaca que la FDN es menor en la pradera que en el ensilado de maíz, lo anterior puede deberse a diversos factores, como la madurez del forraje, especie y variedad (Johnston *et al.*, 1999; Coblenz *et al.*, 2000; Ramírez OS *et al.*, 2013).

Cuadro 6. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de la ración.

	HUM	MS	PC	EE	Cen	FC	ELN	TND	EM
Conc.	9.16	90.84	20.78	2.88	6.52	7.45	62.37	81.27	2.94
Pradera	72.72	27.28	13.13	3.99	10.90	20.76	51.23	66.72	2.41
E. Maíz	60.70	39.30	5.69	6.12	5.94	30.67	51.58	70.67	2.55

Los resultados están expresados en Base Seca.

Cuadro 7. Fracciones de la fibra (%) de los ingredientes de la ración.

	MS	FC	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
Pradera	27.28	19.99	51.55	48.45	25.36	23.09	15.23	7.86
E. Maíz	39.30	29.54	39.19	60.81	27.77	33.04	20.28	12.75

Los resultados obtenidos para el ensilado de maíz son semejantes a los descritos por Cubero *et al* (2010) (9.06 % PC, 1/3 avance de línea de leche, 42 días de fermentación) y Ruiz *et al* (2009) (8.84 % PC, 90 d edad, 70 días de fermentación), variando únicamente en el porcentaje de PC, el cual pudo ser modificado por la edad de la planta y el tiempo de almacenamiento. Los resultados de la pradera difieren con lo reportado para praderas de Ky asociado con leguminosas, las cuales muestran hasta 20.6 % de PC y 62.2 % FDN (Morales *et al.*, 2013; Sossa y Barahona, 2015); lo anterior, puede ser efecto de los tiempos de ocupación y recuperación, así como de la presión de pastoreo (Delagarde *et al.*, 2000; Parga *et al.*, 2000).

Para la evaluación de la ración (Cuadro 8), en función al porcentaje de inclusión y la concentración de nutrientes de cada insumo, se estimaron los aportes; se evidencia una deficiencia de 0.03 % de PC, la cual no repercute significativamente, puesto que las necesidades de mantenimiento se cubren y la vaca mantiene su CC (Interián *et al.*, 2012).

Cuadro 8. Evaluación de la ración ofertada a la vaca donante de líquido ruminal.

	CMS (Kg)	Incl MS (%)	MS (%)	PC (%)	FC (%)	EM Mcal/ Kg	APORTES (MS)		
							PC (%)	FC (%)	EM Mcal/ Kg
Conc.	1.0	13.57	90.84	20.78	7.44	2.93	2.82	1.01	0.40
Pradera	4.20	56.99	27.28	13.12	20.75	2.41	7.48	11.83	1.37
E. Maíz	2.17	29.44	39.30	5.68	30.67	2.55	1.67	9.03	0.75
Aporte	7.37	100					11.97	21.87	2.53
Req*	6.75						12.00		2.04
Balance	+0.62						-0.03		+0.48

*Vaca Holstein de 500 Kg PV. Requerimientos: CMS 1.35 % PV, 12.00 % PC y 2.04 Mcal/Kg EM (NRC, 2001). **La evaluación se realizó en base seca.

6.2. Cinética Ruminal.

Se realizó una correlación (Figura 15), entre los valores de presión (psi) obtenidos del transductor con el volumen (ml). Los datos de la correlación, se obtuvieron mediante la inyección de aire, con volumen conocido (1 ml – 25 ml) en las botellas a emplear y se les tomó la lectura de presión (psi).

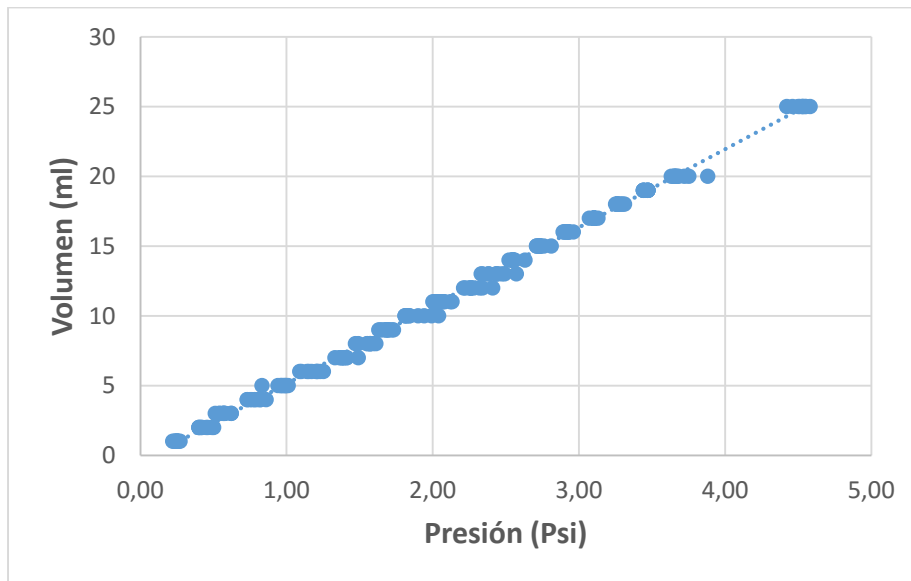


Figura 15. Relación lineal entre la presión en el espacio del cuello de la botella y el volumen de aire inyectado.

La ecuación generada ($r^2= 0.99$), es:

$$Y = 5.6015x - 0.4647$$

Siendo:

Y= ml de gas producidos.

x = presión (psi).

Con la ecuación anterior se calculó el volumen (ml) (Theodorou *et al.*, 1994).

6.2.1. Parámetros de Degradación.

Se analizó la producción de gas (ml); tasa de fermentación (%/h⁻¹) y tiempo Lag (h); para comparar diferencias entre arbóreas, gramíneas y sus mezclas (25:75 y 50:50).

6.2.1.1. Arbóreas

Para las arbóreas evaluadas (Cuadro 9), la producción potencial de gas (ml) mayor fue TPZ (205.4), indicando una mayor fermentación; por el contrario, MZQ obtuvo el menor resultado (75.9). Las demás arbóreas se encuentran entre 176.9 – 113.4. Con respecto a la tasa de fermentación (h⁻¹), el resultado más alto es de 0.034 del GML, 0.029 de THE y 0.028 de MZQ, y la tasa más baja (0.006) la presenta AL. Con respecto al tiempo Lag (h), el menor fue AL con 0.85 y el más lento TPJ con 10.82, TPZ y MZQ, tienen un Lag de 8.19 y 6.23; el resto de las arbóreas se encuentran por debajo de 5.5 h; todas las diferencias fueron significativas (P<0.001).

El GML, puede considerarse el mejor follaje evaluado, ya que su tasa de fermentación es de 3.5% h⁻¹, la degradación de la fibra inicia a las 4.82 h encontrándose cerca del promedio (5 h) para alimentos fibroso (Schofield *et al.*, 1994). Por otro lado, el TPJ presenta una tasa de fermentación baja (1.49% h⁻¹), si además consideramos el tiempo Lag, 10.82 h y la elevada producción de gas (176.9 ml); podemos sugerir que el forraje deber mantener lleno por más tiempo el rumen (Aitchison *et al.*, 1986; Araujo *et al.*, 2007).

El AL pese a que presenta un tiempo Lag reducido (0.85 h), presenta una tasa de fermentación lenta ($0.68\% \text{ h}^{-1}$) y una producción de gas media (123.69 ml); asociado a una baja degradabilidad. Lo anterior, permite considerar estos forrajes (AL y THE), los de menor valor nutricional.

6.2.1.2. Gramíneas

Las gramíneas evaluadas no presentaron diferencia estadística ($P > 0.01$) para la producción potencial de gas. Para las otras dos variables (TF y Lag), si existe diferencia estadística ($P < 0.01$) (Cuadro 9). El Ky presenta una mejor tasa de fermentación de $4.19\% \text{ h}^{-1}$ con un tiempo Lag de 20.18 h; pese a la rápida TF, su tiempo Lag, reduce el valor nutricional, ya que retarda el aprovechamiento ruminal.

Por otro lado, la PCñ tiene una tasa de fermentación de $0.82\% \text{ h}^{-1}$ y un tiempo Lag de 11.91. Lo anterior permite sugerir, su empleo como complemento para raciones ricas en granos, con la intención de disminuir la velocidad de fermentación y evitar cambios drásticos en el pH, mejorando así el aprovechamiento.

Los tiempos Lag obtenidos, para las gramíneas, difieren de lo reportado; Duque *et al* (2009) obtuvieron un tiempo Lag de 5.15 h para la PCñ y Noguera *et al* (2006) indican un Lag de 7.04 h para el Ky, lo anterior se puede atribuir a diversos factores. Los parámetros mostrados por la PCñ, permiten indicar su utilización en raciones con una inclusión elevada de cereales; con la finalidad de reducir la velocidad de fermentación, evitando cambios drásticos en el pH, mejorando así la eficiencia alimentaria.

La PG del TPZ (205.4), resalta, puesto que presenta similitud estadística ($P < 0.01$) con las gramíneas; en cuanto a la TF, las ocho arbóreas presentan una tasa por debajo del Kikuyo ($4.2\% \text{ h}^{-1}$), además el AL ($0.7\% \text{ h}^{-1}$) y la PCñ ($0.82\% \text{ h}^{-1}$) tienen menores valores. También es importante señalar que, el tiempo Lag de las arbóreas, es menor en comparación con las gramíneas; en proporción, el tiempo Lag de las primeras representa desde el 5 % hasta el 50 %, de las gramíneas.

Cuadro 9. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs de las gramíneas y las ocho arbóreas nativas evaluadas.

	PG (ml)	TF (%/h⁻¹)	Lag (h)
AL	123.7 ± 31.5 ^{b,d,c}	0.7 ± 0.3 ^f	0.85 ± 0.8 ^e
GML	145.4 ± 4.5 ^{b,d,c}	3.5 ± 0.3 ^{b,a}	4.82 ± 0.6 ^{c,d,e}
HZE	128.7 ± 28.9 ^{b,d,c}	1.7 ± 0.5 ^{d,e}	2.82 ± 0.6 ^{d,e}
MDÑ	126.3 ± 1.1 ^{b,d,c}	1.8 ± 0.1 ^{d,c}	4.51 ± 0.1 ^{c,d,e}
MZQ	75.9 ± 5.1 ^d	2.8 ± 0.2 ^{b,c}	6.23 ± 0.5 ^{c,d}
THE	113.4 ± 2.9 ^{d,c}	2.9 ± 0.03 ^b	5.43 ± 0.1 ^{c,d}
TPJ	176.9 ± 7.4 ^{b,a,c}	1.5 ± 0.1 ^{d,e,f}	10.82 ± 0.2 ^b
TPZ	205.4 ± 72.4 ^{b,a}	1.3 ± 0.6 ^{d,e,f}	8.19 ± 3.5 ^{c,b}
Ky	214.0 ± 4.8 ^{b,a}	4.2 ± 0.4 ^a	20.18 ± 1.3 ^a
PCñ	264.8 ± 51.6 ^a	0.82 ± 0.2 ^{e,f}	11.91 ± 2.3 ^b

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán; Ky- zacate Kikuyo; PCñ- Punta de caña. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

Los resultados anteriores evidencian la calidad y cantidad de nutrientes contenidos en las arbóreas; los niveles de PC (Humphreys, 1995) disminuyen la producción de gas (Getachew *et al.*, 2004) y el tiempo lag (Edwards *et al.*, 2012); la tasa de fermentación se incrementa, lo que favorece un mejor desempeño en comparación con el de las gramíneas.

6.2.1.3. Mezclas con Z. Kikuyo

6.2.1.3.1. Proporción 75: 25

En las mezclas con 75 % de Ky (Cuadro 10), la de menor producción de gas (P<0.01) fue la del AL (158.4), el resto de las mezclas estuvieron entre 196.9 – 186.2. Las tasas de fermentación se ubicaron entre, 0.05 y 0.29, resultados obtenidos de las mezclas de HZE y TPJ, respectivamente. En cuanto al comportamiento en el tiempo Lag, el menor tiempo lo presenta la mezcla con MZQ (5.62 h), lo contrario ocurre con la mezcla de MDÑ (20.00 h); la generalidad de las mezclas, se localizan cercanas a 17.51 h (TPJ).

En este sentido, la mezcla que evidencia mejores resultados, es la de 25 % MZQ; presentando 186.25 ml de producción de gas, una tasa de fermentación de 4.05 % h⁻¹ y 5.62 h de tiempo Lag. La mezcla con bajos resultados, es la de 25 %

MDÑ, debido a que presenta una tasa de fermentación de 3.80 % h⁻¹, sin embargo, su tiempo Lag (20.00 h) es lento; disminuyendo así su valor nutricional.

Cuadro 10. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs del Zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas, en proporción 75:25, respectivamente.

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
Ky	214.0 ± 4.8 ^a	4.2 ± 0.4 ^{b,a}	20.18 ± 1.3 ^a
AL	158.4 ± 4.8 ^c	3.8 ± 0.2 ^{b,a}	5.97 ± 0.4 ^b
GML	196.9 ± 13.1 ^{b,a}	4.0 ± 1.0 ^{b,a}	16.34 ± 1.8 ^a
HZE	195.4 ± 10.1 ^{b,a}	5.0 ± 0.2 ^a	18.90 ± 0.4 ^a
MDÑ	189.8 ± 10.6 ^{b,a}	3.8 ± 0.1 ^{b,a}	20.00 ± 1.8 ^a
MZQ	186.3 ± 1.3 ^b	4.0 ± 1.1 ^{b,a}	5.62 ± 0.2 ^b
THE	193.2 ± 1.6 ^{b,a}	4.2 ± 0.7 ^{b,a}	17.36 ± 1.8 ^a
TPJ	193.4 ± 12.9 ^{b,a}	2.9 ± 0.5 ^b	17.51 ± 2.0 ^a
TPZ	195.9 ± 8.9 ^{b,a}	4.8 ± 0.2 ^a	19.01 ± 0.3 ^a

Ky- zacate Kikuyo; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

También se observa (Cuadro 10), que los parámetros de degradación *in vitro* de las mezclas, no muestran diferencia estadística (P>0.01) entre éstas y el Ky, para las tres variables evaluadas. Es importante destacar que, en la TF, el 75 % de las mezclas se encuentran por debajo del valor del Kikuyo (4.2 %/h⁻¹) y para el tiempo Lag, la totalidad de las mezclas se encuentran por debajo de 20.18 h valor obtenido por el Kikuyo; sin embargo, el 75% de las mezclas, incrementaron su tiempo Lag hasta 6.7 veces con respecto al obtenido por las arbóreas solas.

6.2.1.3.2. Proporción 50: 50

En alusión a las mezclas con 50 % de Ky (Cuadro 11), los resultados obtenidos para producción de gas se distribuyeron en el rango de 192.0 (GML) a 147.3 (THE). La mezcla con GML presenta la tasa de fermentación más alta (0.04) y la de MZQ la menor (0.01); el resto de las mezclas se ubica entre estos datos. Los resultados para el tiempo Lag son menos uniformes, siendo el más rápido, 5.35 (MZQ) y el más lento, 17.85 (AL).

Los resultados observados para las mezclas con Ky (50:50), permiten indicar que las mezclas con mejor desempeño, son: MZQ (191.37 ml, 1.77 % h⁻¹, 5.35 h) y GML (192.00 ml, 4.38% h⁻¹, 14.69 h). La respuesta de la mezcla con MZQ se compromete debido a su tasa de fermentación; en contraste, la mezcla con GML, presenta un tiempo Lag retardado, que reduce su eficiencia en el rumen (Nogueira *et al.*, 2000; Schofield *et al.*, 1994; Nagadi *et al.*, 2000a). La mezcla con AL, muestra una respuesta desfavorable, siendo su producción de gas 147.26 ml y su tiempo Lag 17.85 h, lo cual limita su valor nutritivo (Edward *et al.*, 2012).

Se puede observar que la presencia de la gramínea (Ky) modifica la tasa de fermentación y el tiempo lag de las mezclas, sin importar la proporción. En general el tiempo lag es elevado (Schofield *et al.*, 1994), sin embargo, existe una disminución con respecto al tiempo lag del Ky, lo anterior permite asumir que existe una mejor proporción de nutrientes disponibles, los cuales son aportados por la arbórea (Edwards *et al.*, 2012).

Cuadro 11. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs del Zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
Ky	214.0 ± 4.8 ^a	4.2 ± 0.4 ^a	20.18 ± 1.3 ^a
AL	147.3 ± 8.6 ^d	3.2 ± 0.7 ^{b,a}	17.85 ± 1.1 ^{b,a}
GML	192.0 ± 14.1 ^{b,a}	4.4 ± 0.2 ^a	14.69 ± 0.5 ^{b,c}
HZE	170.2 ± 3.4 ^{b,d,c}	3.7 ± 0.2 ^{b,a}	15.05 ± 0.2 ^{b,c}
MDÑ	166.6 ± 3.4 ^{d,c}	2.6 ± 0.3 ^{b,c}	12.38 ± 1.8 ^{d,c}
MZQ	191.4 ± 10.6 ^{b,a,c}	1.8 ± 0.5 ^c	5.35 ± 0.1 ^f
THE	147.3 ± 4.9 ^d	2.8 ± 0.3 ^{b,c}	10.31 ± 0.4 ^{d,e}
TPJ	165.6 ± 14.5 ^d	2.8 ± 0.2 ^{b,c}	13.41 ± 1.7 ^{d,c}
TPZ	158.5 ± 4.3 ^d	3.5 ± 0.6 ^{b,a}	7.61 ± 1.8 ^{f,e}

Ky- zacate Kikuyo; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

Al reducir la concentración de Ky, se observa una amplia diferencia con respecto a la gramínea; así el caso de la TF y el Lag, donde observamos la generalidad de los valores cercanos a 2.6 %/h⁻¹ (MDÑ) y 13.4 h (TPJ), respectivamente. La reducción del Lag nos indica que la presencia de la arbórea en la mezcla facilita la colonización bacteriana (Camacho, 2010; France *et al.*, 2000;

López S, 2005), favorecido por el valor nutricional de esta; sin embargo, contrario a lo esperado, la TF se modifica negativamente (Nogueira *et al.*, 2000) con respecto al Ky.

6.2.1.4. Mezclas con Punta de Caña

6.2.1.4.1. Proporción 75: 25

En el Cuadro 12, se muestran los parámetros para las mezclas con 75 % de PCñ ($P < 0.01$). La mezcla con HZE presenta la mayor producción de gas (189.12) y las que tienen el menor volumen producido son: MDÑ, con 158.89 y TPZ, con 158.58; el resto de los datos se encuentran entre los anteriores. En cuanto a las tasas de fermentación, el mejor desempeño lo tiene la mezcla TPZ, 0.02 y el menor es de MZQ, 0.01. El tiempo Lag de las mezclas se encuentra distribuido entre 7.75 (AL) y 4.24 (MZQ); a excepción del TPJ con el tiempo Lag más largo (12.08).

Al integrar los parámetros, las mezclas con mejor respuesta son las de HZE ($2.22 \% h^{-1}$ y 6.73 h) y TPZ ($2.97 \% h^{-1}$ y 5.61 h); ya que el tiempo Lag no está alejado del promedio (5 h) reportado por Schofield (1994). También, el comportamiento de la mezcla con GML, presenta una TF ($2.4 \% h^{-1}$) y Tiempo Lag (5.21 h) aceptable, reduciendo así el tiempo de llenado ruminal.

La mezcla con 25 % TPJ, es la de menor valor nutricional, como consecuencia de su tiempo Lag de 12.08 h y su tasa de fermentación de $2.74 \% h^{-1}$ (Dougherty y Collins, 1995); ya que prolonga el tiempo de llenado ruminal, afectando así el consumo voluntario (Poppi y Norton, 1995).

Además, al comparar los resultados con las especies, se incrementa la TF en el 62.5% de las mezclas, hasta 2.2 veces más. En el tiempo Lag, destaca el TPJ (12.1), el cual no presentan diferencia estadística con la PCñ (11.91). Es importante hacer notar que, las mezcla con TPZ y MZQ, muestran una reducción en el Lag en comparación con las especies solas. El aumento en la TF y la reducción del Lag en las mezclas, se favorece debido a la calidad de nutrientes presentes en las arbóreas (Cone y Van Gelder, 1999; Getachew *et al.*, 2004; Humphreys, 1995). Por otro lado,

la facilidad de colonización microbiana, permitiría reducir el tiempo lag, incluso por debajo del reportado para las arbóreas (Nagadi *et al.*, 2000a). Por lo anterior, es posible inferir una buena interacción en mezclas con forrajes maduros.

Cuadro 12. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 75:25, respectivamente.

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
PCñ	264.8 ± 51.6 ^a	0.82 ± 0.2 ^e	11.91 ± 2.3 ^a
AL	173.2 ± 7.9 ^b	2.2 ± 0.1 ^{c,d}	7.75 ± 1.7 ^{b,a}
GML	165.4 ± 5.0 ^b	2.4 ± 0.1 ^{b,c}	5.21 ± 0.5 ^b
HZE	189.1 ± 13.9 ^b	2.2 ± 0.1 ^{b,c,d}	6.73 ± 0.7 ^b
MDÑ	158.9 ± 1.6 ^b	2.4 ± 0.1 ^{b,c}	7.54 ± 2.3 ^{b,a}
MZQ	183.6 ± 3.7 ^b	1.7 ± 0.3 ^d	4.24 ± 0.1 ^b
THE	174.7 ± 2.0 ^b	2.2 ± 0.2 ^{b,c,d}	5.36 ± 0.5 ^b
TPJ	176.0 ± 10.7 ^b	2.7 ± 0.3 ^{b,a}	12.08 ± 3.3 ^a
TPZ	158.6 ± 4.5 ^b	2.9 ± 0.02 ^a	5.61 ± 0.2 ^b

PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

6.2.1.4.2. Proporción 50: 50

Las cantidades obtenidas para las mezclas con 50 % de PCñ se muestran en el Cuadro 13. La mezcla de TPJ, presenta 187.43, siendo la mayor producción de gas; el resto de las mezclas se encuentran entre 152.68 (TPZ) y 123.78 (MDÑ), salvo la mezcla con MZQ (P<0.01). La mezcla con MZQ, exhibe las mejores respuestas para la tasa de fermentación y el tiempo Lag, 5.22 %/h⁻¹ y 4.43 h, respectivamente. El resto de las mezclas se encuentra sobre los datos obtenidos por la mezcla TPJ (1.34 %/h⁻¹ y 11.11 h), para las variables anteriores.

Las mezclas que presentan la mejor respuesta, comprendiendo PG, TF y Lag en conjunto, son: GML y HZE, las cuales presentan, los siguientes datos: 147.68 ml, 2.87 %/h⁻¹ y 4.80 h; 150.52 ml, 2.35 %/h⁻¹ y 5.31 h; para producción potencial de gas, tasa de fermentación y tiempo Lag, respectivamente.

Cabe resaltar la mezcla con MZQ (5.2 %/h⁻¹), ya que, su tasa de fermentación se duplica en comparación con la arbórea, lo que podría indicar un mejor valor

nutricional (Nogueira *et al.*, 2000). Por otro lado, las mezclas con MDÑ (10.18 h) y TPJ (11.11 h) no muestran diferencia estadística con respecto a la gramínea (11.91 h), para el Tiempo Lag; lo anterior difiere a lo observado por Edwards *et al* (2012), y sugiere que prevalece la calidad de los nutrientes de la gramínea, sobre los de la arbórea.

En las mezclas con PCñ, se observa que la tasa de fermentación incrementa a la vez que el tiempo lag disminuye, con respecto a los exhibidos por la gramínea (Schofield *et al.*, 1994); al igual que para las mezclas con Ky, dichos resultados pueden atribuirse a la presencia de la arbórea, la cual aporta mejor calidad de nutrientes (Edwards *et al.*, 2012).

Cuadro 13. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
PCñ	264.8 ± 51.6 ^a	0.82 ± 0.2 ^e	11.91 ± 2.3 ^a
AL	136.5 ± 2.5 ^{c,b}	2.02 ± 0.02 ^{c,d}	7.04 ± 1.0 ^b
GML	147.7 ± 6.9 ^{c,b}	2.9 ± 0.2 ^b	4.80 ± 0.4 ^b
HZE	150.5 ± 9.9 ^{c,b}	2.3 ± 0.2 ^{c,b}	5.31 ± 0.4 ^b
MDÑ	123.8 ± 5.6 ^c	2.2 ± 0.2 ^{c,b}	10.18 ± 0.6 ^a
MZQ	56.1 ± 0.6 ^d	5.2 ± 0.1 ^a	4.43 ± 0.3 ^b
THE	136.3 ± 10.5 ^{c,b}	2.5 ± 0.2 ^{c,b}	5.96 ± 0.5 ^b
TPJ	187.4 ± 8.2 ^b	1.3 ± 0.2 ^{e,d}	11.11 ± 0.3 ^a
TPZ	152.7 ± 13.2 ^{c,b}	2.7 ± 0.6 ^{c,b}	6.35 ± 0.5 ^b

PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

Los siguientes cuadros, facilitan la comparación del efecto de las proporciones (75:25 y 50:50) y las gramíneas (PCñ y Ky), dentro de las mezclas.

6.2.1.5. Comparación entre proporciones.

El Cuadro 14, expone los resultados de las mezclas con Ky en ambas proporciones (75:25 y 50:50). Se aprecia que, al incrementar la participación de la arbórea dentro de las mezclas (50:50), la PG se reduce hasta un 20 % en comparación con la proporción 75:25. Lo mismo ocurre para la TF, siendo que, en

las mezclas 50:50, la tasa se reduce en promedio 30 %, a excepción de la mezcla con MZQ, en la cual, su tasa se reduce 55 %; lo anterior en comparación con la mezcla 75:25.

Cuadro 14. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs, de las mezclas de las ocho arbóreas nativas con Z. Kikuyo en las dos proporciones (75:25 y 50:50).

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
Proporción 75: 25			
AL	158.4 ± 4.8 ^d	3.76 ± 0.2 ^{b,d,a,c}	5.97 ± 0.4 ^g
GML	196.9 ± 13.1 ^a	4.0 ± 1.0 ^{b,d,a,c}	16.34 ± 1.8 ^{b,a,c}
HZE	195.4 ± 10.1 ^a	5.0 ± 0.2 ^a	18.90 ± 0.4 ^a
MDÑ	189.8 ± 10.6 ^{b,a,c}	3.8 ± 0.1 ^{b,d,a,c}	20.00 ± 1.8 ^a
MZQ	186.3 ± 1.3 ^{b,a,c}	4.0 ± 1.1 ^{b,d,a,c}	5.62 ± 0.2 ^g
THE	193.2 ± 1.6 ^{b,a}	4.2 ± 0.7 ^{b,d,a,c}	17.36 ± 1.8 ^{b,a}
TPJ	193.4 ± 12.9 ^{b,a}	2.9 ± 0.5 ^{d,e,c}	17.51 ± 2.0 ^{b,a}
TPZ	195.9 ± 8.9 ^a	4.8 ± 0.2 ^{b,a}	19.01 ± 0.3 ^a
Proporción 50:50			
AL	147.3 ± 8.6 ^d	3.2 ± 0.7 ^{b,d,e,c}	17.85 ± 1.1 ^{b,a}
GML	192.0 ± 14.1 ^{b,a,c}	4.4 ± 0.2 ^{b,a,c}	14.69 ± 0.5 ^{b,d,c}
HZE	170.2 ± 3.4 ^{b,d,a,c}	3.7 ± 0.2 ^{b,d,a,c}	15.05 ± 0.2 ^{b,d,c}
MDÑ	166.6 ± 3.4 ^{b,d,c}	2.6 ± 0.3 ^{d,e}	12.38 ± 1.8 ^{e,d}
MZQ	191.4 ± 10.6 ^{b,a,c}	1.8 ± 0.5 ^e	5.35 ± 0.1 ^g
THE	147.3 ± 4.9 ^d	2.8 ± 0.3 ^{d,e,c}	10.31 ± 0.4 ^{e,f}
TPJ	165.6 ± 14.5 ^{d,c}	2.8 ± 0.2 ^{d,e,c}	13.41 ± 1.7 ^{e,d,c}
TPZ	158.5 ± 4.3 ^d	3.5 ± 0.6 ^{b,d,a,c}	7.61 ± 1.8 ^{g,f}

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

En el Cuadro 15, se presentan los resultados obtenidos para las mezclas con PCñ en ambas proporciones. Es conveniente resaltar que, en las tres variables evaluadas, las mezclas, presentan un comportamiento similar; la TF de las mezclas de MZQ sobresale, porque se reduce 67 % al encontrarse en proporción 75:25; las mezclas de MDÑ (50:50) y TPJ (75:25 y 50:50), exhiben el mayor tiempo lag, debido quizás al aporte de nutrientes de la mezcla (Nagadi *et al.*, 2000a; Nogueira *et al.*, 2000; Williams *et al.*, 2010).

Se observa que, los resultados de las mezclas en proporción 75:25 son semejantes a los de la proporción 50:50; por ello, se puede afirmar que, el efecto de la proporción en las mezclas con PCñ es exiguo.

Cuadro 15. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs, de las mezclas de las ocho arbóreas nativas con P. de Caña en las dos proporciones (75:25 y 50:50).

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
Proporción 75:25			
AL	173.2 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	2.2 ± 0.1 ^{f,e,d}	7.75 ± 1.7 ^{b,d,c}
GML	165.4 ± 5.0 ^{b,d,e,c}	2.4 ± 0.1 ^{f,c,e,b,d}	5.21 ± 0.5 ^d
HZE	189.1 ± 13.9 ^a	2.2 ± 0.1 ^{f,c,e,d}	6.73 ± 0.7 ^{d,c}
MDÑ	158.9 ± 1.6 ^{f,d,e,c}	2.4 ± 0.1 ^{f,c,e,b,d}	7.54 ± 2.3 ^{b,d,c}
MZQ	183.6 ± 3.7 ^{b,a}	1.7 ± 0.3 ^{f,g}	4.24 ± 0.1 ^d
THE	174.7 ± 2.0 ^{b,a,c}	2.2 ± 0.2 ^{f,c,e,d}	5.36 ± 0.5 ^d
TPJ	176.0 ± 10.7 ^{b,a,c}	2.7 ± 0.3 ^{c,b,d}	12.08 ± 3.3 ^a
TPZ	158.6 ± 4.5 ^{f,d,e,c}	2.9 ± 0.02 ^b	5.61 ± 0.2 ^d
Proporción 50:50			
AL	136.5 ± 2.5 ^{f,g}	2.02 ± 0.02 ^{f,e,g}	7.04 ± 1.0 ^{d,c}
GML	147.7 ± 6.9 ^{f,e}	2.8 ± 0.2 ^{c,b}	4.80 ± 0.4 ^d
HZE	150.5 ± 9.9 ^{f,d,e}	2.3 ± 0.2 ^{f,c,e,b,d}	5.31 ± 0.4 ^d
MDÑ	123.8 ± 5.6 ^g	2.2 ± 0.2 ^{f,c,e,d}	10.18 ± 0.6 ^{b,a,c}
MZQ	56.1 ± 0.6 ^h	5.2 ± 0.1 ^a	4.43 ± 0.3 ^d
THE	136.3 ± 10.5 ^{f,g}	2.5 ± 0.2 ^{c,e,b,d}	5.96 ± 0.5 ^d
TPJ	187.4 ± 8.2 ^{b,a}	1.3 ± 0.2 ^g	11.11 ± 0.3 ^{b,a}
TPZ	152.7 ± 13.2 ^{f,d,e,c}	2.7 ± 0.6 ^{c,b,d}	6.35 ± 0.5 ^d

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

Los resultados mostrados en los Cuadros 14 y 15, permiten afirmar que, al mezclar el Ky o la PCñ con las arbóreas nativas, en cualquier proporción (75:25 o 50:50), los parámetros de degradación mejoran considerablemente con respecto a las especies (Edwards *et al.*, 2012).

6.2.1.6. Comparación entre gramíneas

En el Cuadro 16, se exponen los resultados de las mezclas en proporción 75:25, con Ky o PCñ; para evidenciar el efecto de la gramínea en las mezclas. En

general observamos que los resultados para las mezclas con Ky son mayores que los de las mezclas con PCñ, en las tres variables (PG, TF y Lag); las tasas de fermentación se ubican alrededor de 4.0 %/h⁻¹, superior al de las mezclas con PCñ (2.2 %/h⁻¹). Por otro lado, el tiempo Lag mejora en las mezclas con PCñ, la mayoría se encuentran cercanas a 5.61 (TPZ), a diferencia del obtenido por la mayoría de las mezclas con Ky (THE, 17.4 h).

Cuadro 16. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs, de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas con, en proporción 75:25, respectivamente.

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
Mezclas de Ky			
AL	158.4 ± 4.8 ^d	3.76 ± 0.2 ^{b,d,a,c}	5.97 ± 0.4 ^d
GML	196.9 ± 13.1 ^a	4.0 ± 1.0 ^{b,a,c}	16.34 ± 1.8 ^{b,a}
HZE	195.4 ± 10.1 ^a	5.0 ± 0.2 ^a	18.90 ± 0.4 ^a
MDÑ	189.8 ± 10.6 ^{b,a}	3.8 ± 0.1 ^{b,a,c}	20.00 ± 1.8 ^a
MZQ	186.3 ± 1.3 ^{b,a}	4.0 ± 1.1 ^{b,a,c}	5.62 ± 0.2 ^d
THE	193.2 ± 1.6 ^a	4.2 ± 0.7 ^{b,a}	17.36 ± 1.8 ^a
TPJ	193.4 ± 12.9 ^a	2.9 ± 0.5 ^{b,d,e,c}	17.51 ± 2.0 ^a
TPZ	195.9 ± 8.9 ^a	4.8 ± 0.2 ^a	19.01 ± 0.3 ^a
Mezclas de PCñ			
AL	173.2 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	2.2 ± 0.1 ^e	7.75 ± 1.7 ^{d,c}
GML	165.4 ± 5.0 ^{b,d,c}	2.4 ± 0.1 ^{d,e}	5.21 ± 0.5 ^d
HZE	189.1 ± 13.9 ^{b,a}	2.2 ± 0.1 ^e	6.73 ± 0.7 ^d
MDÑ	158.9 ± 1.6 ^{d,c}	2.4 ± 0.1 ^e	7.54 ± 2.3 ^d
MZQ	183.6 ± 3.7 ^{b,a,c}	1.7 ± 0.3 ^e	4.24 ± 0.1 ^d
THE	174.7 ± 2.0 ^{b,d,a,c}	2.2 ± 0.1 ^e	5.36 ± 0.5 ^d
TPJ	176.0 ± 10.7 ^{b,d,a,c}	2.7 ± 0.3 ^{d,e,c}	12.08 ± 3.3 ^{b,c}
TPZ	158.6 ± 4.5 ^{d,c}	2.9 ± 0.02 ^{b,d,e,c}	5.61 ± 0.2 ^d

Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

En el Cuadro 17, se muestra los resultados de las mezclas en proporción 50:50. El comportamiento de las variables evaluadas en estas mezclas, es semejante al de las mezclas 75:25; es decir, tanto la PG como la TF son mejores en las mezclas con Ky, a diferencia del tiempo Lag, el cual exhibe mejores resultados en las mezclas con PCñ. Al mezclarse las especies muestran mejoras

significativas en las tres variables evaluadas, pudiendo verse influido por el valor nutricional final de las mezclas (Cone y Van Gelder, 1999).

Cuadro 17. Parámetros de degradación *in vitro* hasta las 96 hrs, de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas con, en proporción 50:50, respectivamente.

	PG (ml)	TF (%/h ⁻¹)	Lag (h)
Mezclas de Ky			
AL	147.3 ± 8.6 ^{e,d,c}	3.2 ± 0.6 ^{e,c,d}	17.85 ± 1.1 ^a
GML	192.0 ± 14.1 ^a	4.4 ± 0.2 ^{b,a}	14.69 ± 0.5 ^b
HZE	170.2 ± 3.4 ^{b,a,c}	3.7 ± 0.2 ^{b,c}	15.05 ± 0.2 ^{b,a}
MDÑ	166.6 ± 3.4 ^{b,a,c}	2.6 ± 0.3 ^{g,e,f,d}	12.38 ± 1.8 ^{b,c,d}
MZQ	191.4 ± 10.6 ^{b,a}	1.8 ± 0.5 ^{g,h}	5.35 ± 0.1 ^{f,g}
THE	147.3 ± 4.9 ^{e,d,c}	2.8 ± 0.3 ^{g,e,f,c,d}	10.31 ± 0.4 ^{e,d}
TPJ	165.6 ± 14.5 ^{b,c}	2.8 ± 0.2 ^{g,e,f,c,d}	13.41 ± 1.7 ^{b,c}
TPZ	158.5 ± 4.3 ^{d,c}	3.5 ± 0.6 ^{b,c,d}	7.61 ± 1.8 ^{f,e}
Mezclas de PCñ			
AL	136.5 ± 2.5 ^{e,d}	2.02 ± 0.02 ^{g,f,h}	7.04 ± 1.0 ^{f,g}
GML	147.7 ± 6.9 ^{e,d,c}	2.8 ± 0.2 ^{e,f,c,d}	4.80 ± 0.4 ^g
HZE	150.5 ± 9.9 ^{d,c}	2.3 ± 0.2 ^{g,e,f,h}	5.31 ± 0.4 ^{f,g}
MDÑ	123.8 ± 5.6 ^e	2.2 ± 0.2 ^{g,e,f,h}	10.18 ± 0.6 ^{e,d}
MZQ	56.1 ± 0.6 ^f	5.2 ± 0.1 ^a	4.43 ± 0.3 ^g
THE	136.3 ± 10.5 ^{e,d}	2.5 ± 0.2 ^{g,e,f,d}	5.96 ± 0.5 ^{f,g}
TPJ	187.4 ± 8.2 ^{b,a}	1.3 ± 0.2 ^h	11.11 ± 0.3 ^{c,d}
TPZ	152.7 ± 13.2 ^{d,c}	2.7 ± 0.6 ^{g,e,f,c,d}	6.35 ± 0.5 ^{f,g}

Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDN- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

Los resultados de las arbóreas para la PG (205.94 – 75.9 ml), son semejantes a los reportados por Olivares *et al* (2014); por otro lado, el rango descrito para la TF (3.5 – 0.7 %/h⁻¹), es menor a lo indicado en la literatura (García *et al.*, 2008; Guerrero *et al.*, 2010; Pinto *et al.*, 2002).

La TF del Ky, es similar a lo reportado por Noguera *et al* (2006), contrario a la TF de la PCñ, la cual difiere de lo indicado por Duque *et al* (2009); estos resultados se encuentran dentro del rango reportado para gramíneas (Chumpawadee *et al.*, 2006; Keir *et al.*, 1997; Posada *et al.*, 2014). El tiempo lag del Ky y la PCñ, es elevado (Duque *et al.*, 2009; Noguera *et al.*, 2006); lo cual puede estar relacionado

con la edad de la planta (Moore *et al.*, 2001; Salem *et al.*, 2007), la habilidad de las bacterias para colonizar el material vegetal (Kennedy, 2005; Nagadi *et al.*, 2000b).

En general, al mezclar el Ky o la PCñ, con las arbóreas nativas, los parámetros de degradación mejoran considerablemente; afirmar lo anterior es posible ya que, el tiempo Lag se reduce y la tasa de fermentación incrementa (Schofield *et al.*, 1994), en comparación con los resultados obtenidos por las especies individualmente (Edwards *et al.*, 2012). En este sentido, es importante destacar que al reducir la participación del Ky dentro de la mezcla (Cuadro 20), se observa un efecto adverso sobre las variables PG y TF; sin embargo, el Lag mejora, lo que nos indica que las bacterias presentes en el líquido ruminal colonizan más fácilmente la mezcla cuando el porcentaje de la arbórea es mayor (Nagadi *et al.*, 2000a; Nagadi *et al.*, 2000b; Orskov y McDonald, 1979; Schoefield *et al.*, 2014). Por otra parte, las mezclas con Ky, despuntan al compararse con la PCñ (Cuadro 22), pese a que estas últimas tienen valores más bajos para el tiempo Lag, lo cual permite iniciar su aprovechamiento más rápido (Bannink y Tamminga, 2005).

6.2.2. Curvas de fermentación.

Los alimentos fibrosos inician su fermentación, comúnmente, a la hora 5 (Schofield *et al.*, 1994). La incubación hasta las 96 horas, es suficiente para identificar claramente la asíntota (Fig. 16). El punto de inicio de la curva, es el tiempo

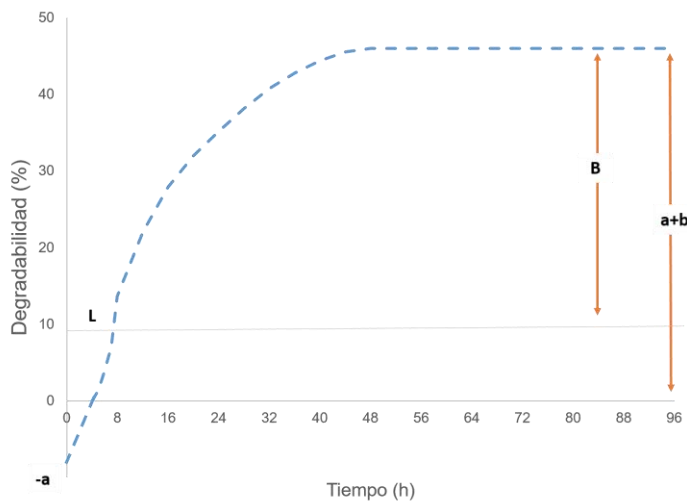


Figura 16. Degradabilidad característica de un alimento fibroso, expresado por la ecuación:
$$Y = D (1 - e^{-k(t-L)})$$

Lag; la pendiente, expresa la tasa de fermentación (TF); la producción de gas (PG) son los ml potencialmente producidos hasta las 96 hrs y representan la asíntota.

En la gráfica del GML (Figura 17), se observa un patrón uniforme, que entre la hora 80 y 100 inicia su estabilización; sin embargo, la producción de 140 ml de gas, aun no alcanza el equilibrio.

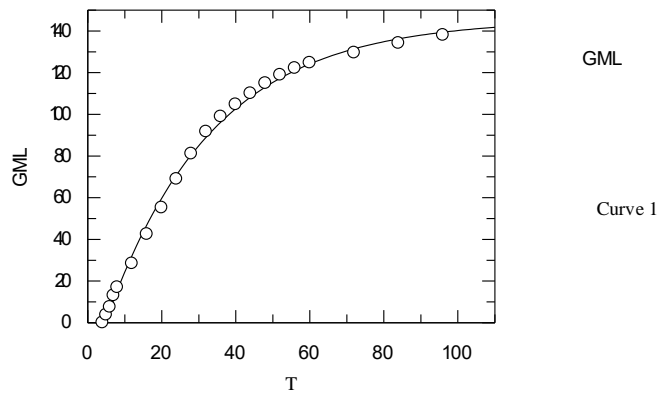


Figura 17. Curva de degradación *P. dulce*.

Por otro lado, en la gráfica del TPZ (Figura 18), se observa una pendiente continua, la cual, a las 120 horas, no alcanza a estabilizarse; lo que no permite mostrar la producción potencial de gas.

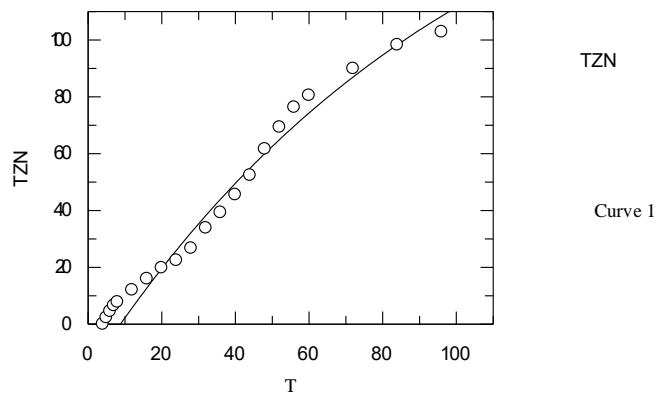


Figura 18. Curva de degradación *B. cordata*.

Por último, la gráfica de la mezcla 50 % PCñ – 50 % MZQ (Figura 19), tiene un desempeño característico para un alimento fibroso; en ella se muestra claramente el inicio de la fermentación, es decir el tiempo lag; la pendiente y la

asíntota, también, se observa que a partir de la hora 40 curva inicia a estabilizarse, alcanzando el punto máximo cerca de la hora 90.

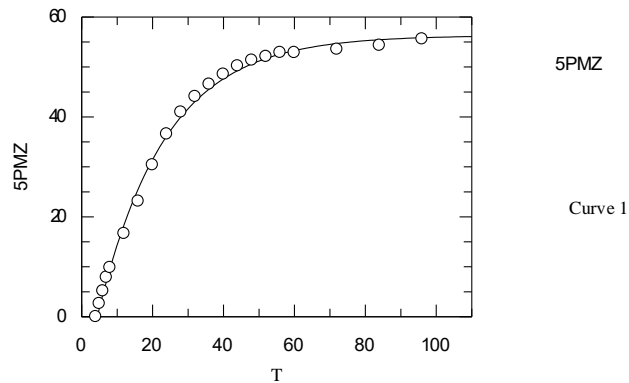


Figura 19. Curva de degradación 50% *P. juliflora*: 50% *S. officinarum*

Las gráficas de los demás tratamientos, se presentan en el Anexo 4.

6.2.3. Degradabilidad de la MS, MO y FDN.

A continuación, se muestran los resultados para la degradabilidad, obtenidos a 96 hrs de incubación *in vitro*. Es importante mencionar que los porcentajes de degradabilidad se presentan en el siguiente orden $dMS > dMO > dFDN$.

Las tres variables evaluadas (dMS , dMO y $dFDN$) muestran diferencias estadísticas ($P < 0.01$) para los resultados de las diez especies estudiadas, es decir, las ocho arbóreas nativas y las dos gramíneas (Cuadro 18).

6.2.3.1. Arbóreas

Los follajes que presentan mayor dMS y dMO son: el MZQ con 59.6 y 56.2; el TPJ con 58.4 y 55.0; respectivamente. En el caso de la $dFDN$, el HZE, TPJ y TPZ son los forrajes con mejor degradabilidad; con 29.6, 30.8 y 33.7, respectivamente. El THE tiene la menor $dFDN$ (5.4), lo que refleja la edad de la planta; el AL, presenta los menores resultados, para dMS y dMO . Se destacan los resultados del TPJ (58.41 % dMS , 55.02 % dMO y 30.84 % $dFDN$) y del TPZ (42.17 % dMS , 39.34 % dMO y 33.69 % $dFDN$); los resultados, que muestran degradabilidad moderada y uniforme (Bannink y Tamminga, 2005), influyen principalmente sobre el contenido de fibra (Getachew *et al.*, 2004; Roa y Muñoz, 2012). Se espera un efecto positivo

sobre el consumo voluntario (Collins y Fritz, 1995) al incluir ambos forrajes en la dieta.

El AL, exhibe una dMS de 32.3 %, superior al descrito por Nahed *et al* (1998); para el GML, se indican dMS superiores a las alcanzadas en este análisis, siendo incluso de hasta 76.7 % (Sotelo *et al.*, 1999; García y Medina, 2006); por otro lado, Hernández *et al* (2010), indica un tiempo lag de 4.33 h, similar al aquí reportado (4.82 h). Los valores obtenidos para la dMS y dFDN son semejantes a los reportados para otras arbóreas nativas como: Gliricidia (51.7 %) y Guazuma (45.6) (La *et al.*, 2006; Izaguirre *et al.*, 2011). No obstante, también existen arbóreas con una mejor degradabilidad, como, por ejemplo: Leucaena que puede variar entre 76.1 % y 70.4 % (Martín *et al.*, 2007; y Rodríguez y Roncallo, 2013), y la morera con hasta 76.77 % (Martín *et al.*, 2007).

6.2.3.2. Gramíneas

En las gramíneas resalta la respuesta del Ky (P<0.01), el cual presenta mejor degradabilidad en las tres variables evaluadas (70.1 dMS, 67.2 dMO y 69.6 dFDN). La punta de caña presenta un dFDN baja (34.2); para la dMS y dMO, su degradabilidad es de 44.4^b y 41.6^b, para cada una.

Cuadro 18. Degradabilidad (%) *in vitro* de las gramíneas y las ocho arbóreas nativas de México.

Especie	dMS	dMO	dFDN
AL	32.3 ± 0.2 ^e	29.4 ± 0.2 ^e	10.5 ± 0.8 ^{e,f}
GML	48.3 ± 3.5 ^{d,c}	45.4 ± 2.5 ^{c,d}	13.4 ± 1.6 ^{e,d,f}
HZE	38.8 ± 2.2 ^{d,e}	35.9 ± 1.6 ^{e,d}	29.6 ± 1.7 ^{c,b}
MDÑ	41.5 ± 0.1 ^{d,e}	38.1 ± 0.05 ^{e,d}	21.1 ± 2.4 ^{c,d}
MZQ	59.6 ± 3.0 ^{b,a}	56.2 ± 2.1 ^b	15.1 ± 0.5 ^{e,d}
THE	41.0 ± 0.7 ^{d,e}	37.6 ± 0.5 ^{e,d}	5.4 ± 0.5 ^f
TPJ	58.4 ± 6.2 ^{b,c}	55.0 ± 4.4 ^{c,b}	30.8 ± 4.5 ^b
TPZ	42.2 ± 1.4 ^{d,e}	39.3 ± 1.0 ^{e,d}	33.7 ± 0.9 ^b
Ky	70.1 ± 0.06 ^a	67.2 ± 0.04 ^a	69.6 ± 3.5 ^a
PCñ	44.4 ± 2.1 ^d	41.6 ± 1.5 ^d	34.2 ± 1.1 ^b

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán; Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

El Ky, presenta las mayores degradabilidades (70.1 dMS, 67.2 dMO y 69.6 dFDN); sin embargo, es importante destacar que, algunas arbóreas, como: GML, HZE, MDÑ, THE y TPZ presentan semejanza estadística con la PCñ (44.4 dMS, 41.6 dMO), para las variables dMS y dMO.

6.2.3.3. Mezclas con Z. Kikuyo

6.2.3.3.1. Proporción 75: 25

En el Cuadro 19, se muestran los resultados de la degradabilidad de las mezclas con 75 % Ky ($P < 0.01$). Resalta el efecto de la mezcla de TPZ, por la consistencia de los resultados en las tres variables; al obtener los mayores porcentajes de degradabilidad (68.9 dMS, 66.1 dMO, 67.1 dFDN). El resto de las mezclas, se encuentran entre 65.5 (MZQ) y 50.8 (TPJ) para la dMS; la dMO va desde 62.05 (MZQ) hasta 50.3 (THE), a excepción del TPJ (48.0); para la dFDN, la partición de los datos es variada, va desde 67.1 (TPZ) hasta 50.3 (TPJ).

En general las mezclas presentan degradabilidades moderadas (50 – 70%), y se observa un efecto positivo en la degradabilidad (Bannink y Tamminga, 2005) de las arbóreas, favorecido por la proporción del 75 % de Ky.

Cuadro 19. Degradabilidad (%) *in vitro* del zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 75:25, respectivamente.

	dMS	dMO	dFDN
Ky	70.1 ± 0.06 ^a	67.2 ± 0.05 ^a	69.6 ± 3.5 ^a
AL	57.3 ± 2.7 ^{b,d,c}	53.9 ± 2.7 ^{b,d,c}	47.1 ± 2.4 ^d
GML	60.7 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	57.9 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	56.5 ± 3.3 ^c
HZE	62.5 ± 4.3 ^{b,d,a,c}	59.7 ± 4.3 ^{b,d,a,c}	58.7 ± 2.3 ^{b,c}
MDÑ	54.8 ± 0.5 ^{d,c}	51.9 ± 0.5 ^{d,c}	52.2 ± 1.4 ^{d,c}
MZQ	65.4 ± 0.1 ^{b,a,c}	62.0 ± 0.1 ^{b,a,c}	56.5 ± 1.1 ^c
THE	53.2 ± 0.9 ^{d,c}	50.3 ± 0.9 ^{d,c}	52.4 ± 1.9 ^{d,c}
TPJ	50.8 ± 0.5 ^d	48.0 ± 0.5 ^d	50.3 ± 1.0 ^{d,c}
TPZ	68.9 ± 0.2 ^{b,a}	66.1 ± 0.2 ^{b,a}	67.1 ± 1.2 ^{b,a}

Ky- zacate Kikuyo; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P < 0.01$) en la prueba de Tukey.

Además, se observa que las mezclas de GML, HZE y MZQ muestran semejanza estadística con el Ky, para la dMS y dMO; la mezcla de TPZ presenta semejanza para las tres variables. La totalidad de las mezclas exhiben resultados menores a los de la gramínea, estando hasta 27 % por debajo de esta.

6.2.3.3.2. Proporción 50: 50

En el Cuadro 20 se exponen los resultados de degradabilidad para las mezclas con 50 % de Ky ($P < 0.01$); evidenciando una distribución homogénea para cada una de las variables evaluadas. Los resultados para la dMS se reparten entre 59.3 (TPZ) y 44.5 (AL), la dMO se distribuye a partir de 41.7 (AL) hasta 56.4 (TPZ); el intervalo para la dFDN es más amplio, oscilando desde 64.4 (TPZ) hasta 39.0 (AL).

Cuadro 20. Degradabilidad (%) *in vitro* del zacate Kikuyo y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.

	dMS	dMO	dFDN
Ky	70.1 ± 0.1 ^a	67.2 ± 0.06 ^a	69.6 ± 3.5 ^a
AL	44.5 ± 0.9 ^c	41.7 ± 1.0 ^c	39.0 ± 1.1 ^d
GML	53.1 ± 2.4 ^{c,b}	50.2 ± 2.4 ^{c,b}	47.8 ± 5.9 ^{b,d,c}
HZE	46.5 ± 2.5 ^c	43.7 ± 2.5 ^c	45.4 ± 3.6 ^{d,c}
MDÑ	48.3 ± 3.4 ^c	45.4 ± 3.5 ^c	43.2 ± 1.9 ^{d,c}
MZQ	51.5 ± 2.9 ^{c,b}	48.5 ± 2.9 ^{c,b}	42.1 ± 1.8 ^{d,c}
THE	47.9 ± 2.9 ^c	44.9 ± 2.8 ^c	46.9 ± 2.5 ^{b,d,c}
TPJ	51.7 ± 1.3 ^{c,b}	48.8 ± 1.3 ^{c,b}	59.3 ± 9.8 ^{b,a,c}
TPZ	59.3 ± 0.9 ^b	56.4 ± 0.9 ^b	64.4 ± 4.7 ^{b,a}

Ky- zacate Kikuyo; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P < 0.01$) en la prueba de Tukey.

La mejor interacción la expresan las mezclas de: 50 % TPJ, con 59.3 % y la de 50 % TPZ con 64.4 %, para la dFDN; las dMS y dMO, de las mezclas anteriores son moderadas (60 % - 50 %) (Ndlovu y Nherera, 1997; Larbi *et al.*, 1998), lo que muestra su potencial en la alimentación animal. Es importante destacar, que las mezclas con TPJ y TPZ muestran semejanza estadística con respecto al Ky, para la dMO; lo anterior, evidencia el efecto de la gramínea dentro de la mezcla. Sin embargo, la mezcla de 50 % AL, presenta los menores porcentajes de

degradabilidad, 44.5 % dMS, 41.7 % dMO y 39.05 % dFDN, lo que compromete su empleo en raciones.

En los cuadros anteriores, se observa que, al mezclarse el Ky con las arbóreas nativas, su degradabilidad reduce hasta 35 %; sin embargo, la degradabilidad de las arbóreas se incrementa significativamente (hasta 40 %).

6.2.3.4. Mezclas con Punta de Caña

6.2.3.4.1. Proporción 75: 25

Las mezclas con 75 % de PCñ, muestran diferencias estadísticas ($P < 0.01$) para las tres variables (Cuadro 21). La dMS mayor la exhibe la mezcla con 25 % TPZ, siendo de 56.8; la menor la obtuvo la mezcla con 25 % de AL con 43.3, el resto se encuentra entre estos dos valores. La mayor dMO la presenta nuevamente la mezcla con TPZ, siendo de 53.8 y la mezcla con menor dMO, vuelve a ser el AL con 40.3. Para la dFDN, los datos se distribuyen desde 41.9 del TPZ, hasta 31.4 del THE; a excepción de la mezcla con 25 % MZQ, que tiene una degradabilidad de 25.6, siendo ésta, la menor.

En esta proporción 75: 25, destacan los resultados de la mezcla con 25 % TPZ, que presenta la mayor degradabilidad para las tres variables; del mismo modo, la mezcla con 25 % TPJ, presenta importantes porcentajes de degradabilidad: 52.7 % dMS, 49.8 % dMO y 41.8 % dFDN. Por otro lado, las mezclas cuya respuesta es baja, son: 25 % AL y 25 % MZQ, siendo que, para la dFDN, presentan 31.9 % y 25.6%, respectivamente.

Es importante mencionar que, la generalidad de las mezclas, elevan el porcentaje de degradabilidad mostrado por la PCñ, hasta un 27 %. El 75 % de las mezclas tienen una degradabilidad mayor con respecto a las arbóreas nativas evaluadas, siendo de hasta 20 % más, para la dMS y la dMO, y del 35 % en promedio para la dFDN.

Cuadro 21. Degradabilidad (%) *in vitro* de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 75:25, respectivamente.

	dMS	dMO	dFDN
PCñ	44.4 ± 2.1 ^c	41.6 ± 2.1 ^c	34.2 ± 1.1 ^{b,a,c}
AL	43.3 ± 0.6 ^c	40.3 ± 0.6 ^c	31.9 ± 2.0 ^{b,a,c}
GML	48.6 ± 2.3 ^{b,c}	45.7 ± 2.3 ^{b,c}	39.2 ± 0.2 ^{b,a}
HZE	50.2 ± 0.4 ^{b,a,c}	47.3 ± 0.4 ^{b,a,c}	31.2 ± 4.0 ^{b,c}
MDÑ	44.8 ± 1.4 ^c	41.8 ± 1.4 ^c	35.4 ± 1.9 ^{b,a,c}
MZQ	49.1 ± 0.3 ^{b,a,c}	45.7 ± 0.3 ^{b,c}	25.6 ± 4.2 ^c
THE	47.6 ± 0.2 ^{b,c}	44.2 ± 0.2 ^{b,c}	31.4 ± 0.7 ^{b,c}
TPJ	52.7 ± 4.8 ^{b,a}	49.8 ± 4.8 ^{b,a}	41.8 ± 4.1 ^a
TPZ	56.8 ± 0.05 ^a	53.8 ± 0.03 ^a	41.9 ± 0.6 ^a

PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

6.2.3.4.2. Proporción 50: 50

En el Cuadro 22, se muestran los resultados para las mezclas con 50 % de PCñ, con diferencias significativas (P<0.01). En general la degradabilidad se mantiene entre el 60 % y 40 %; a excepción de la dFDN la cual está entre 50% y 30 %. La menor dFDN es 23.7 del MZQ, contra la mayor de 47.9 del TPZ. Diferente a la dMS cuyo menor resultado es del MZQ con 40.9 hasta 56.6 del TPZ.

Al mezclarse la PCñ con las arbóreas se mejora la dMS y dMO hasta 20 %, la dFDN aumenta en promedio 30 % con respecto a la gramínea, exceptuando la mezcla con MZQ la cual muestra una degradabilidad menor (23.7) a la de la PCñ (34.2). Por otro lado, al comparar las mezclas con las arbóreas, las primeras presentan una mejor degradabilidad de MS y MO, salvo las mezclas con MZQ y TPJ; la degradabilidad de FDN en las mezclas se incrementa hasta 60 %.

Cabe resaltar los resultados obtenidos por la mezcla con 50 % TPZ, ya que es la que presenta los mejores porcentajes de degradabilidad (56.6 % dMS, 53.6 % dMO y 47.9 % dFDN), la mezcla con 50 % GML muestra adecuados porcentajes de degradabilidad, siendo de 51.6 % dMS hasta 37.4 % dFDN (Bannink y Tamminga, 2005; Larbi *et al.*, 1998). La mezcla con 50 % MZQ, es la que exhibe un menor porcentaje de degradabilidad (Norton, 1998), estando a partir de 40.9 % dMS a 23.7 % dFDN.

Cuadro 22. Degradabilidad (%) *in vitro* de la P. de caña y sus mezclas con las ocho arbóreas nativas; en proporción 50:50, respectivamente.

	dMS	dMO	dFDN
PCñ	44.4 ± 2.1 ^{b,c}	41.6 ± 2.1 ^{b,c}	34.2 ± 1.1 ^b
AL	45.8 ± 6.1 ^{b,c}	42.8 ± 6.1 ^{b,c}	32.5 ± 3.2 ^{c,b}
GML	51.6 ± 0.2 ^{b,a}	48.7 ± 0.1 ^{b,a}	37.4 ± 2.3 ^b
HZE	47.3 ± 1.2 ^{b,a,c}	44.3 ± 1.2 ^{b,a,c}	34.1 ± 3.7 ^b
MDÑ	45.9 ± 0.9 ^{b,c}	42.9 ± 0.9 ^{b,c}	30.1 ± 0.6 ^{c,b}
MZQ	40.9 ± 1.1 ^c	37.5 ± 1.1 ^c	23.7 ± 0.9 ^c
THE	47.4 ± 1.1 ^{b,a,c}	44.5 ± 1.1 ^{b,a,c}	37.7 ± 2.6 ^b
TPJ	53.8 ± 2.0 ^{b,a}	50.8 ± 2.0 ^{b,a}	35.1 ± 1.8 ^b
TPZ	56.6 ± 2.3 ^a	53.6 ± 2.3 ^a	47.9 ± 1.9 ^a

PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

6.2.3.5. Comparación entre proporciones.

6.2.3.5.1. Z. Kikuyo.

El Cuadro 23, muestra la degradabilidad *in vitro* de las mezclas con Ky en proporción 75:25 y 50:50, lo que permite analizar el efecto de la proporción. Las mezclas en proporción 75:25 muestran mejores porcentajes para las tres variables, por lo que se puede afirmar que, al incrementar la participación de la arbórea dentro de la mezcla, ésta modifica negativamente la degradabilidad; a excepción de la mezcla de TPJ (50:50), en la cual incrementa la dFDN 15 % con respecto a la mezcla 75:25.

Para las variables dMS y dMO, las mezclas de THE (75:25) (53.2 %), GML (50:50) (53.1 %), MZQ (50:50) (51.5 %) y TPJ (50:50) (51.7 %), presentan semejanza estadística (P<0.01) entre ellas; en el caso de la dFDN, las mezclas de AL (75:25) (47.1 %), GML (50:50) (47.8 %), HZE (50:50) (45.4 %) y THE (50:50) (46.9 %), no presentan diferencia estadística (P<0.01), al igual que las mezclas en proporción 25:75 de MDÑ (52.2 %), THE (52.4 %) y TPJ (50.3 %).

Cuadro 23. Degradabilidad (%) *in vitro* de las mezclas, de las ocho arbóreas nativas con Z. Kikuyo en las dos proporciones (75:25 y 50:50).

	dMS	dMO	dFDN
Proporción 75: 25			
AL	57.3 ± 2.7 ^{e,b,d,f,c}	53.9 ± 2.7 ^{e,b,d,f,c}	47.1 ± 2.4 ^{d,e,c}
GML	60.7 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	57.9 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	56.5 ± 3.3 ^{b,d,a,c}
HZE	62.5 ± 4.3 ^{b,a,c}	59.7 ± 4.3 ^{b,a,c}	58.7 ± 2.3 ^{b,a,c}
MDÑ	54.8 ± 0.5 ^{e,b,d,f,c,g}	51.9 ± 0.5 ^{e,b,d,f,c,g}	52.2 ± 1.4 ^{b,d,e,c}
MZQ	65.5 ± 0.1 ^{b,a}	62.0 ± 0.1 ^{b,a}	56.5 ± 1.05 ^{b,d,a,c}
THE	53.2 ± 0.9 ^{e,d,f,c,g}	50.3 ± 0.9 ^{e,d,f,c,g}	52.4 ± 1.9 ^{b,d,e,c}
TPJ	50.8 ± 0.5 ^{e,d,f,g}	48.0 ± 0.5 ^{e,d,f,g}	50.3 ± 1.0 ^{b,d,e,c}
TPZ	68.9 ± 0.2 ^a	66.1 ± 0.2 ^a	67.1 ± 1.2 ^a
Proporción 50: 50			
AL	44.5 ± 0.9 ^g	41.7 ± 1.0 ^g	39.0 ± 1.1 ^e
GML	53.1 ± 2.4 ^{e,d,f,c,g}	50.2 ± 2.4 ^{e,d,f,c,g}	47.8 ± 5.9 ^{d,e,c}
HZE	46.5 ± 2.5 ^{f,g}	43.7 ± 2.5 ^{f,g}	45.4 ± 3.6 ^{d,e,c}
MDÑ	48.3 ± 3.4 ^{e,f,g}	45.4 ± 3.5 ^{e,f,g}	43.2 ± 1.9 ^{d,e}
MZQ	51.5 ± 2.9 ^{e,d,f,c,g}	48.5 ± 2.9 ^{e,d,f,c,g}	42.1 ± 1.8 ^{d,e}
THE	47.9 ± 2.8 ^{e,f,g}	44.9 ± 2.8 ^{e,f,g}	46.9 ± 2.3 ^{d,e,c}
TPJ	51.7 ± 1.3 ^{e,d,f,c,g}	48.8 ± 1.3 ^{e,d,f,c,g}	59.2 ± 9.8 ^{b,a,c}
TPZ	59.3 ± 0.9 ^{e,b,d,a,c}	56.4 ± 0.9 ^{e,b,d,a,c}	64.4 ± 4.7 ^{b,a}

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

6.2.3.5.2. Punta de Caña.

La degradabilidad *in vitro* de las mezclas con PCñ en proporción 75:25 y 50:50, se exponen en el Cuadro 24. Al compararse las proporciones, se observa que la mayoría de las mezclas 50:50, presentan menor degradabilidad que las 75:25, salvo las mezclas de GML (51.6 % y 48.7 %), MDÑ (45.9 % y 42.9 %) y TPJ (53.8 % y 50.8 %) para dMS y dMO y, para dFDN, las mezclas de AL (32.5 %), HZE (34.1 %), THE (37.7 %) y TPZ (47.9 %).

Las mezclas muestran en general que, al incrementar el contenido de la arbórea dentro de la mezcla, se presenta un efecto negativo, puesto que se reduce la degradabilidad. En contraste con lo anterior, la mezcla 50:50 de TPZ (56.6, 53.6 y 47.9), tiene resultados similares a la mezcla 75:25 (56.8, 53.8 y 41.9), incluso, la

dFDN se incrementa 12 %; es decir, la mezcla de PCñ con TPZ mantiene su degradabilidad sin importar la proporción.

Cuadro 24. Degradabilidad (%) *in vitro* de las mezclas, de las ocho arbóreas nativas con P. de Caña en las dos proporciones (75:25 y 50:50).

	dMS	dMO	dFDN
Proporción 75: 25			
AL	43.3 ± 0.6 ^{e,d}	40.3 ± 0.6 ^{d,c}	31.9 ± 2.0 ^{b,e,d,c}
GML	48.6 ± 2.3 ^{e,b,d,a,c}	45.7 ± 2.3 ^{b,d,a,c}	39.2 ± 0.2 ^{b,a,c}
HZE	50.2 ± 0.4 ^{b,d,a,c}	47.3 ± 0.4 ^{b,a,c}	31.2 ± 4.0 ^{e,d,c}
MDÑ	44.8 ± 1.4 ^{e,d,c}	41.8 ± 1.4 ^{b,d,c}	35.4 ± 1.9 ^{b,d,c}
MZQ	49.1 ± 0.3 ^{e,b,d,a,c}	45.7 ± 0.3 ^{b,d,a,c}	25.6 ± 4.2 ^{e,d}
THE	47.6 ± 0.2 ^{e,b,d,c}	44.2 ± 0.2 ^{b,d,c}	31.4 ± 0.7 ^{e,d,c}
TPJ	52.7 ± 2.8 ^{b,a,c}	49.8 ± 4.8 ^{b,a}	41.8 ± 4.1 ^{b,a}
TPZ	56.8 ± 0.5 ^a	53.8 ± 0.03 ^a	41.9 ± 0.6 ^{b,a}
Proporción 50: 50			
AL	45.8 ± 6.1 ^{e,d,c}	42.8 ± 6.1 ^{b,d,c}	32.5 ± 3.2 ^{b,e,d,c}
GML	51.6 ± 0.1 ^{b,d,a,c}	48.7 ± 0.1 ^{b,a,c}	37.4 ± 2.3 ^{b,c}
HZE	47.3 ± 1.2 ^{e,d,c}	44.3 ± 1.2 ^{b,d,c}	34.1 ± 3.7 ^{b,d,c}
MDÑ	45.9 ± 0.9 ^{e,d,c}	42.9 ± 0.9 ^{b,d,c}	30.1 ± 0.6 ^{e,d,c}
MZQ	40.9 ± 1.1 ^e	37.5 ± 1.1 ^d	23.7 ± 0.9 ^e
THE	47.4 ± 1.1 ^{e,d,c}	44.5 ± 1.1 ^{b,d,c}	37.7 ± 2.6 ^{b,c}
TPJ	53.8 ± 2.0 ^{b,a,c}	50.8 ± 2.0 ^{b,a}	35.1 ± 1.8 ^{b,d,c}
TPZ	56.6 ± 2.3 ^{b,a}	53.6 ± 2.3 ^a	47.9 ± 1.9 ^a

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey.

6.2.3.6. Comparación entre gramíneas.

6.2.3.6.1. Proporción 25:75

En el Cuadro 25, se evidencia que las mejores mezclas son las de Ky con TPZ (68.9 dMS, 66.1 dMO y 67.1 dFDN) y MZQ (65.5 dMS, 62.1 dMO y 56.5 dFDN), puesto que obtienen mejores degradabilidades, siendo éstas, moderadas para las tres variables (Norton, 1998). Contrariamente, las mezclas de PCñ con MDÑ (44.8 dMS, 41.8 dMO y 35.4 dFDN) y AL (43.3 dMS, 40.3 dMO y 31.9 dFDN), las cuales presentan las menores degradabilidades, siendo éstas, bajas. La utilización de las mezclas de Ky con MZQ o TPZ, favorece el consumo voluntario (Bannink y Tamminga, 2005) al reducir el tiempo de llenado ruminal.

Las mezclas exhiben que, al mezclarse con Ky se mejora la degradabilidad, obteniendo resultados hasta 30 % más con respecto a las mezclas con PCñ.

Cuadro 25. Degradabilidad (%) *in vitro* de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas en proporción 75:25.

	dMS	dMO	dFDN
Mezclas de Ky			
AL	57.3 ± 2.7 ^{b,d,e,c}	53.9 ± 2.7 ^{b,d,e,c}	47.1 ± 2.4 ^{e,c,d}
GML	60.7 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	57.9 ± 7.9 ^{b,d,a,c}	56.5 ± 3.3 ^{b,c}
HZE	62.5 ± 4.3 ^{b,a,c}	59.7 ± 4.3 ^{b,a,c}	58.7 ± 2.3 ^{b,a}
MDÑ	54.8 ± 0.5 ^{f,b,d,e,c}	51.1 ± 0.5 ^{f,b,d,e,c}	52.2 ± 1.4 ^{b,c}
MZQ	65.5 ± 0.1 ^{b,a}	62.1 ± 0.1 ^{b,a}	56.5 ± 1.06 ^{b,c}
THE	53.2 ± 0.9 ^{f,g,d,e,c}	50.3 ± 0.9 ^{f,g,d,e,c}	52.4 ± 1.9 ^{b,c}
TPJ	50.8 ± 0.5 ^{f,g,d,e}	48.0 ± 0.5 ^{f,g,d,e}	50.3 ± 1.0 ^{b,c,d}
TPZ	68.9 ± 0.2 ^a	66.1 ± 0.2 ^a	67.1 ± 1.2 ^a
Mezclas de PCñ			
AL	43.3 ± 0.6 ^g	40.3 ± 0.6 ^g	31.9 ± 2.03 ^{h,g}
GML	48.6 ± 2.3 ^{f,g,e}	45.7 ± 2.3 ^{f,g,e}	39.2 ± 0.2 ^{e,f,g}
HZE	50.2 ± 0.4 ^{f,g,d,e}	47.3 ± 0.4 ^{f,g,d,e}	31.2 ± 4.02 ^{h,g}
MDÑ	44.8 ± 1.4 ^{f,g}	41.8 ± 1.4 ^{f,g}	35.4 ± 1.9 ^{f,g}
MZQ	49.1 ± 0.3 ^{f,g,e}	45.7 ± 0.3 ^{f,g,e}	25.6 ± 4.2 ^h
THE	47.6 ± 0.2 ^{f,g,e}	44.2 ± 0.2 ^{f,g,e}	31.4 ± 0.7 ^{h,g}
TPJ	52.7 ± 4.8 ^{f,g,d,e,c}	49.8 ± 4.8 ^{f,g,d,e,c}	41.8 ± 4.1 ^{e,f,d}
TPZ	56.8 ± 0.05 ^{b,d,e,c}	53.8 ± 0.03 ^{b,d,e,c}	41.9 ± 0.6 ^{e,f,d}

Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey

6.2.3.6.2. Proporción 50:50

Por último, se exhiben las degradabilidades *in vitro* de las mezclas de Ky o PCñ en proporción 50:50 (Cuadro 26). Se observa que, en las mezclas de PCñ con AL (45.8 y 42.8), HZE (47.3 y 44.3) y TPJ (53.8 y 50.8), se mejora en promedio 3 % la dMS y la dMO (P<0.01); opuesto a lo que sucede con la dFDN, donde la totalidad de las mezclas de PCñ, reducen el porcentaje de degradabilidad hasta 40 % (PCñ–TPJ) con respecto a las mezclas de Kikuyo. Lo anterior, permite decir que el zacate Kikuyo exhibe mejor desempeño que la PCñ.

Las mejores mezclas ($P < 0.01$) son las de Ky (59.3 % dMS, 56.4 % dMO y 64.4 % dFDN) y PCñ (56.5 % dMS, 53.6 % dMO y 47.9 % dFDN) con TPZ, puesto que presentan degradabilidades moderadas (Norton, 1998); además de ser diferentes estadísticamente a las demás. E cambio, las mezclas de PCñ con MDÑ (45.9 % dMS, 42.9 % dMO y 30.1 % dFDN) y MZQ (40.9 % dMS, 37.5 % dMO y 23.7 % dFDN), tienen los valores más bajos, indicando un comportamiento deficiente.

Cuadro 26. Degradabilidad (%) *in vitro* de las mezclas de Z. Kikuyo o P. de caña con las ocho arbóreas nativas en proporción 50:50.

	dMS	dMO	dFDN
Mezclas de Ky			
AL	44.5 ± 0.9 ^{d,c}	41.7 ± 1.0 ^{d,c}	39.0 ± 1.1 ^{e,c,d}
GML	53.1 ± 2.4 ^{b,a,c}	50.2 ± 2.4 ^{b,a,c}	47.8 ± 5.9 ^{b,c}
HZE	46.5 ± 2.5 ^{d,c}	43.7 ± 2.5 ^{d,c}	45.4 ± 3.6 ^{b,c,d}
MDÑ	48.3 ± 3.4 ^{b,d,c}	45.4 ± 3.5 ^{b,d,c}	43.2 ± 1.9 ^{e,c,d}
MZQ	51.5 ± 2.9 ^{b,a,c}	48.5 ± 2.9 ^{b,a,c}	42.1 ± 1.8 ^{e,c,d}
THE	47.9 ± 2.8 ^{b,d,c}	44.9 ± 2.8 ^{b,d,c}	46.9 ± 2.5 ^{b,c,d}
TPJ	51.7 ± 1.3 ^{b,a,c}	48.8 ± 1.3 ^{b,a,c}	59.3 ± 9.8 ^{b,a}
TPZ	59.3 ± 0.9 ^a	56.4 ± 0.9 ^a	64.4 ± 4.7 ^a
Mezclas de PCñ			
AL	45.8 ± 6.1 ^{d,c}	42.8 ± 6.1 ^{d,c}	32.5 ± 3.2 ^{e,f,d}
GML	51.6 ± 0.1 ^{b,a,c}	48.7 ± 0.1 ^{b,a,c}	37.4 ± 2.3 ^{e,f,c,d}
HZE	47.3 ± 1.2 ^{b,d,c}	44.3 ± 1.2 ^{b,d,c}	34.1 ± 3.7 ^{e,f,c,d}
MDÑ	45.9 ± 0.9 ^{d,c}	42.9 ± 0.9 ^{d,c}	30.1 ± 0.6 ^{e,f}
MZQ	40.9 ± 1.1 ^d	37.5 ± 1.1 ^d	23.7 ± 0.9 ^f
THE	47.4 ± 1.1 ^{b,d,c}	44.5 ± 1.1 ^{b,d,c}	37.7 ± 2.6 ^{e,f,c,d}
TPJ	53.8 ± 2.04 ^{b,a,c}	50.8 ± 2.04 ^{b,a,c}	35.1 ± 1.8 ^{e,f,c,d}
TPZ	56.5 ± 2.3 ^{b,a}	53.6 ± 2.3 ^{b,a}	47.9 ± 1.9 ^{b,c}

Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña; AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P < 0.01$) en la prueba de Tukey

La dMS de las arbóreas es semejante a la descrita en la literatura (Guerrero *et al.*, 2010; Olivares *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2002), sin alcanzar los mayores niveles (García *et al.*, 2008). Del mismo modo, los resultados obtenidos para las gramíneas concuerdan con lo descrito por Chupawadee *et al* (2006) y Keir *et al* (1997). La degradabilidad de las mezclas es similar a la de las especies; contrario a lo indicado

por Chipatecua *et al* (2007), los cuales observan una disminución en la degradabilidad de mezclas con 50 % de follaje de arbóreas.

La dFDN de las arbóreas, es menor (Norton, 1998) con respecto a la obtenida por García *et al* (2008); sin embargo, mejora al mezclarse con la gramínea, sin importar la proporción; lo anterior puede verse favorecido por la velocidad de colonización bacteriana (Nagadi *et al.*, 2000b).

6.3. Coeficiente de Correlación de Pearson.

En el Cuadro 27, se muestran los coeficientes que presentaron significancia estadística ($P < 0.05$). En el caso de la variable TC, exhibe correlación positiva con el % FDA (0.579) y negativa, con la dMS (-0.612) similar a lo obtenido por García *et al* (2008); lo que indica que cuando la concentración de TC se eleva, el porcentaje de FDA también y la dMS se reduce.

Cuadro 27. Coeficiente de Correlación de las variables evaluadas en la totalidad de los tratamientos

	TC	PC	EM	FDN	FDA	dMS	dFDN	PG	TF	Lag
TC	1	-0.491	0.101	0.399	0.579*	-0.612*	0.091	0.224	-0.054	-0.169
PC		1	-0.206	-0.184	-0.107	-0.04	-0.047	-0.311*	0.2	0.02
EM			1	-0.662**	-0.4**	-0.096	-0.324*	-0.043	-0.299*	-0.148
FDN				1	0.713**	0.08	0.403**	0.363**	0.116	0.242*
FDA					1	-0.412**	-0.146	-0.062	-0.185	-0.173
dMS						1	0.697**	0.437**	0.534**	0.472**
dFDN							1	0.591**	0.502**	0.652**
PG								1	-0.093	0.471**
TF									1	0.491**
Lag										1

*La correlación es significativa ($P < 0.05$ y $P < 0.01$) en la prueba de coeficientes de correlación de Pearson.

Cabe destacar los coeficientes de correlación obtenidos para la PG con relación a la dMS y la dFDN, siendo ambos positivos, de 0.437 y 0.591, respectivamente, lo cual difiere de lo reportado por Getachew *et al* (2004); por otra parte, la correlación con PC, es de -0.311 (Getachew *et al.*, 2004). Además, se observa una correlación positiva (0.363) entre el % de FDN y la PG, lo cual difiere de Guerrero *et al* (2010), quienes reportan una correlación negativa.

La dMS presenta una correlación positiva (0.697) con la dFDN, menor a la obtenida por García *et al* (2008); la EM posee una correlación negativa con la dFDN (-0.324). La diferencia en las correlaciones puede verse modificada por la cantidad de datos utilizados.

Como consecuencia de los resultados mostrados en el Cuadro 39, se consideró la realización de regresiones lineales, para las siguientes variables: TC, PC, EM, FDN, dMS, dFDN, PG, TF y Lag. Los datos utilizados fueron los obtenidos de las ocho arbóreas nativas, así como los de sus mezclas con las gramíneas en proporción 50:50.

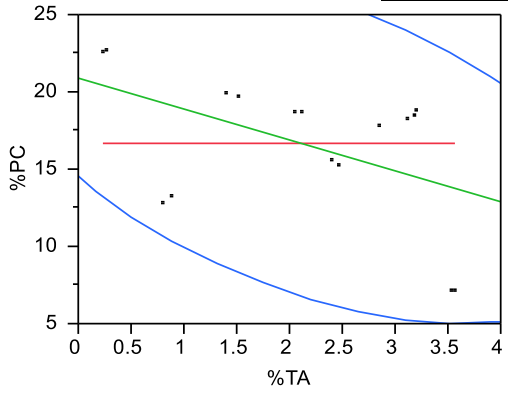
6.3.1. Regresión Lineal.

Las regresiones lineales, se decidieron en base al Cuadro 39, se desarrollaron con los datos de tres grupos: las ocho arbóreas nativas y sus mezclas en proporción 50:50, tanto con *P. clandestinum* como con *S. officinarum*. Sin embargo, no todas las regresiones presentaron significancia estadística, a continuación, se muestran únicamente las regresiones que fueron significativas ($P < 0.05$).

Los primeros cuadros (28, 29, 30, 31 y 32) muestran las regresiones obtenidas a partir de los datos de las ocho arbóreas nativas; las ecuaciones lineales permiten estimar la concentración de una variable a partir de otra. En el Cuadro 28, se muestra que existe una relación lineal simple con pendiente negativa entre el porcentaje de TC y PC, en el rango de valores analizados; por cada 1 % de incremento en el porcentaje de TC, puede reducirse el porcentaje de PC desde 1.056 % hasta 2.960 %, con una confianza del 95%. Existiendo una correlación de -0.506.

Cuadro 28. Regresión lineal entre % TC y % PC en las ocho arbóreas nativas de México.

Correlación	Significancia
-0.50673	P<0.0001
Ecuación Lineal	
%PC = 20.874744 – (2.0083662*%TC)	
R ² = 0.2413	



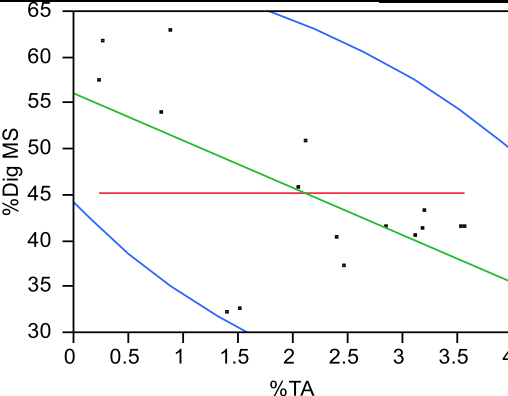
* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

La ecuación lineal presente permite estimar el porcentaje de proteína cruda de las arbóreas a partir de la concentración de taninos.

La relación lineal simple, que existe entre el porcentaje de TC y la degradabilidad de MS (Cuadro 29) tiene una pendiente negativa, es decir, con el aumento del porcentaje de TC la degradabilidad de MS disminuye, en promedio 5.133, con una confianza de 95 por ciento y una correlación de -0.628.

Cuadro 29. Regresión lineal entre % TC y % dMS en las ocho arbóreas nativas de México.

Correlación	Significancia
-0.62804	P<0.0001
Ecuación Lineal	
%dMS = 56.027096 – (5.1335653*%TC)	
R ² = 0.3748	



* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

El Cuadro 30, muestra la correlación (-0.699) y la relación lineal entre el porcentaje de FDN y la degradabilidad de MS, en el rango de valores estudiados;

presentando una pendiente negativa. En este sentido, por cada 1 % que se incremente FDN, la degradabilidad de MS puede mermar hasta 1.118 por ciento, con un 95 % de confianza.

Cuadro 30. Regresión lineal entre % FDN y % dMS en las ocho arbóreas nativas de México.

Correlación	Significancia
-0.69887	P<0.0001
Ecuación Lineal	
$\%dMS = 81.179076 - (0.878291 * FDN)$	
R ² = 0.4884	

* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

Los resultados de la relación entre la EM y la degradabilidad de FDN, en el rango de valores analizados, se exponen en el Cuadro 31. En el que se observa la relación lineal con pendiente positiva y la correlación de 0.493; con una confianza de 95 por ciento. Siendo que la degradabilidad de FDN puede aumentar desde 10.633 hasta 29.655 por cada Mcal/Kg que la EM se acrecente.

Cuadro 31. Regresión lineal entre EM (Mcal/Kg) y % dFDN en las ocho arbóreas nativas de México.

Correlación	Significancia
0.492596	P<0.0001
Ecuación Lineal	
$\%dFDN = -32.62238 + (20.143769 * EM)$	
R ² = 0.2426	

* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

Existe una relación entre la PG y la dFDN (Cuadro 32), en esta se presenta una correlación de 0.713 y una regresión lineal simple, con pendiente positiva.

En promedio, la degradabilidad de FDN crece 0.180 por cada ml de gas producido; todo esto con 95 por ciento de confianza.

Cuadro 32. Regresión lineal entre PG (ml) y % dFDN en las ocho arbóreas nativas de México.

Correlación	Significancia
0.712854	P<0.0001
Ecuación Lineal	
$\%dFDN = -3.919394 + 0.1796186*PG$	
R ² = 0.3851	

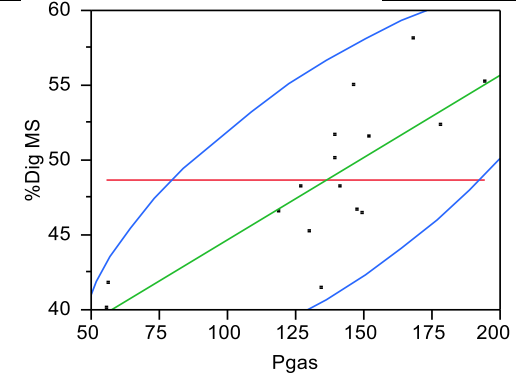
* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

A continuación (Cuadro 33 y 34), se muestra las regresiones lineales obtenidas a partir de los datos de las mezclas de las arbóreas nativas con PCñ, en proporción 50:50 respectivamente.

Entre la degradabilidad de MS y la PG (Cuadro 33), se presenta una correlación de 0.774; además de que existe una relación lineal simple con pendiente positiva, en el rango de valores analizados. Con base en la recta de mínimos cuadrados obtenida, la degradabilidad de MS puede aumentar desde 0.086 hasta 0.134 por cada ml que se incremente la PG, con 95 por ciento de confianza.

Cuadro 33. Regresión lineal entre % dMS y PG (ml) en Mezclas de *S. officinarum* con las ocho arbóreas nativas, en proporción 50:50.

Correlación	Significancia
0.774575	P<.0001
Ecuación Lineal	
$\%dMS = 33.700921 + 0.1099367*PG$	
R ² = 0.6036	

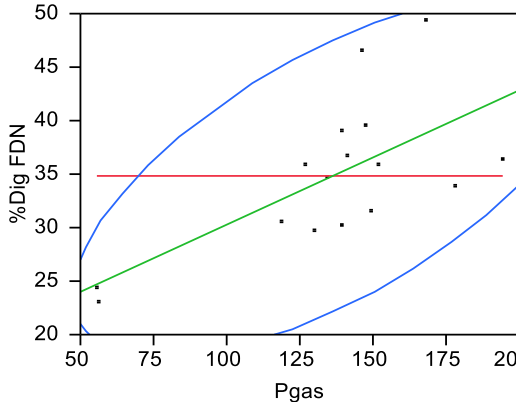


* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

Finalmente, el Cuadro 34, presenta la regresión lineal, entre la degradabilidad de FDN y la PG; así como el coeficiente de correlación (0.661). Se evidencia, que existe una relación lineal con pendiente positiva. La ecuación lineal, refleja que por cada ml que se eleve la PG, el porcentaje de dFDN se incrementa en promedio 0.126, con una confianza de 95 por ciento.

Cuadro 34. Regresión lineal entre % dFDN y PG (ml) en Mezclas de *S. officinarum* con las ocho arbóreas nativas, en proporción 50:50.

Correlación	Significancia
0.66142	P<0.0005
Ecuación Lineal	
$\%dFDN = 17.712739 + 0.1255895*PG$	
R ² = 0.4412	



* La regresión lineal es significativa (P<0.05)

Es importante indicar, que las regresiones elaborados con los datos obtenidos de las mezclas con *P. clandestinum*, no presentaron significancia estadística.

Los coeficientes de correlación se realizaron para el total de los datos obtenidos. Se obtuvo una correlación negativa entre la PC y la producción de gas (-0.311), los anterior coincide con lo indicado por Getachew G. et al. (1997); sin embargo, difiere con lo descrito por Larbi A *et al* (1998) y Ndlovu LR, FN Nherera (1997), con especies tropicales. Camacho LM (2010), menciona correlaciones negativas entre FDN y EM (-0.72), FDA y EM (-0.68), y PG y FDN (-0.85); los hallazgos del presente trabajo son similares para las primeras dos, siendo FDN y EM de -0.66, y FDA y EM de -0.4; lo contrario ocurre para PG y FDN, la cual mostro una correlación positiva de 0.36.

6.4. Composición nutricional de los forrajes.

Se observó una diferencia estadística ($P < 0.01$) en la composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg); de las dos gramíneas, las ocho arbóreas nativas de México y sus mezclas con cada gramínea, en proporción 50:50.

Se observa en el Cuadro 35 que, el rango para MS, se compone por los porcentajes obtenidos por el TPJ (44.7 %) y el TPZ (24.4 %); la mayoría de las arbóreas evaluadas se ubican sobre 36.7 % (MDÑ). Para los valores de PC, siete de las ocho arbóreas presentan un porcentaje mayor a 13.3 % (TPJ), lo que fácilmente permitiría cubrir los requerimientos de mantenimiento de rumiantes domésticos (Norton BW; 1998). El MDÑ, presentó el resultado más bajo para PC (7.4 %), el TPJ presenta 13.3 %, y el resto se encuentran por encima de dicho valor, siendo el más alto, MZQ, con 23.8 %; este rango es semejante a lo reportado en la literatura (Ku *et al.*, 2013; Olivares *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2002). El rango para EE, es amplio, y va de 7.9 % a 3.1 %, TPJ y HZE, respectivamente. La mayoría de las arbóreas se ubican entre 7.1 % y 4.9 %; a excepción de TPZ (10.1 %), HZE (10.8 %) y GML, el cual presenta 15.2 % siendo el de mayor concentración de Cen. Los follajes con mayor porcentaje de FC son, THE y AL, con 26.6 % y 23.5 %, respectivamente; el resto de las arbóreas se encuentran por debajo de estos valores, hasta 13.2 % de MDÑ.

El TPJ presenta valores elevados para MO, TND y EM, siendo 94.8 %, 76.5 % y 2.8 Mcal/Kg, para cada uno. Del mismo modo, MDÑ tiene valores elevados en lo referente a MO, TND y EM, correspondiendo a 95.1 %, 86.9 % y 3.1 Mcal/Kg, respectivamente. Por otra parte, los valores inferiores para las variables anteriores los presentan GML (84.7 %) para MO, AL (43.6 %) para ELN, HZE (66.2 %) para TND y (2.4 Mcal/Kg) para EM. Cabe destacar, que la cantidad Mcal/Kg, que presentan las arbóreas nativas es superior a 2.4, incluso, solo dos de ellas están por debajo de 2.5; lo cual representa un aporte importante de energía, considerando que se trabajó con foliolos y ramillas.

Cuadro 35. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de los follajes de ocho arbóreas nativas de México.

	MS	PC	EE	CEN	FC
AL	35.7 ± 2.4 ^b	20.9 ± 0.1 ^b	6.8 ± 0.2 ^b	5.0 ± 0.1 ^f	23.5 ± 0.1 ^b
GML	38.5 ± 2.0 ^{b,a}	19.7 ± 0.01 ^c	6.2 ± 0.1 ^b	15.2 ± 0.01 ^a	14.6 ± 0.3 ^f
HZE	42.3 ± 0.5 ^{b,a}	16.4 ± 0.3 ^d	3.1 ± 0.01 ^d	10.8 ± 0.1 ^b	18.7 ± 0.2 ^d
MDÑ	36.7 ± 0.9 ^b	7.4 ± 0.01 ^f	6.9 ± 0.2 ^b	4.9 ± 0.04 ^f	13.2 ± 0.2 ^g
MZQ	39.0 ± 2.7 ^{b,a}	23.8 ± 0.1 ^a	4.1 ± 0.3 ^c	7.1 ± 0.03 ^d	20.0 ± 0.1 ^c
THE	40.6 ± 1.2 ^{b,a}	19.0 ± 0.3 ^c	3.3 ± 0.1 ^{d,c}	6.3 ± 0.05 ^e	26.6 ± 0.1 ^a
TPJ	44.7 ± 1.6 ^a	13.3 ± 0.3 ^e	7.9 ± 0.3 ^a	5.2 ± 0.0 ^{**f}	18.2 ± 0.1 ^d
TPZ	24.4 ± 1.0 ^c	19.7 ± 0.2 ^c	4.0 ± 0.1 ^c	10.1 ± 0.3 ^c	17.5 ± 0.3 ^e

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los resultados están expresados en Base Seca. * Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Cuadro 35. Continuación.

	MO	ELN	TND	EM
AL	94.9 ± 0.1 ^a	43.6 ± 0.6 ^e	73.9 ± 0.2 ^{b,c}	2.6 ± 0.01 ^{c,b}
GML	84.7 ± 0.01 ^f	44.2 ± 0.3 ^e	74.5 ± 0.05 ^b	2.7 ± 0.0 ^{**b}
HZE	89.2 ± 0.1 ^e	50.9 ± 0.5 ^c	66.2 ± 0.1 ^e	2.4 ± 0.0 ^{**d}
MDÑ	95.1 ± 0.05 ^a	67.6 ± 0.1 ^a	86.9 ± 0.5 ^a	3.1 ± 0.02 ^a
MZQ	92.9 ± 0.03 ^c	44.8 ± 0.4 ^e	69.9 ± 0.2 ^c	2.5 ± 0.01 ^c
THE	93.7 ± 0.05 ^b	44.7 ± 0.7 ^e	67.9 ± 0.7 ^d	2.4 ± 0.03 ^d
TPJ	94.8 ± 0.0 ^{**a}	55.3 ± 0.1 ^b	76.5 ± 0.2 ^a	2.8 ± 0.01 ^a
TPZ	89.9 ± 0.3 ^d	48.5 ± 0.8 ^d	75.4 ± 0.3 ^b	2.7 ± 0.01 ^b

Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Los niveles de PC, presentes en las arbóreas, influyen positivamente en la degradabilidad (Edwards *et al.*, 2012; Humphreys LR., 1995). Del mismo modo, la cantidad de EM en las arbóreas es elevada (NRC, 2007), contrario al promedio (1.58 Mcal/Kg) reportado por Guerrero *et al* (2012).

En el Cuadro 36, se muestra los valores obtenidos para las dos gramíneas utilizadas. Para las variables EE (4.2 %), y EM (2.2 Mcal/Kg), no se encontró diferencia significativa ($P>0.01$); lo que si sucedió para las demás variables (MS, PC, Cen, FC, MO y ELN). El Ky, presenta 20.9 % MS, 17.8 % PC, 17.6 %Cen, 19.3 %FC, 82.4 %MO y 41.0 % ELN; por otro lado, PCñ, presenta 43.8 %, 4.9 %, 15.0 %, 23.3 %, 85.0 % y 52.5 %, respectivamente. Es importante enfatizar la diferencia en el porcentaje de PC (± 12.9 %), aunado al porcentaje de FC, ya que, PCñ, además de presentar baja concentración de PC contiene 4.0 % más de FC.

El porcentaje de PC presente en las gramíneas, concuerda con lo indicado por Chumpawadee *et al* (2006) y Correa *et al* (2008), para PCñ y Ky, respectivamente.

Cuadro 36. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las gramíneas evaluadas.

	MS	PC	EE	CEN	FC
Ky	20.9 ± 1.3 ^b	17.8 ± 0.1 ^a	4.2 ± 0.02 ^a	17.6 ± 0.1 ^a	19.3 ± 0.1 ^b
PCñ	43.8 ± 2.9 ^a	4.9 ± 0.0 ^{**b}	4.2 ± 0.1 ^a	15.0 ± 0.04 ^b	23.3 ± 0.2 ^a

Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña. Los resultados están expresados en Base Seca. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P<0.01$) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Cuadro 36. Continuación.

	MO	ELN	TND	EM
Ky	82.4 ± 0.1 ^b	41.0 ± 0.3 ^b	62.3 ± 0.2 ^b	2.2 ± 0.0 ^{**a}
PCñ	85.0 ± 0.04 ^a	52.5 ± 0.4 ^a	63.3 ± 0.03 ^a	2.3 ± 0.0 ^{**a}

Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P<0.01$) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

En el Cuadro 37, se muestra la composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las mezclas de los follajes de las arbóreas nativas, con Ky en proporción 50: 50.

El porcentaje de MS, presenta un rango estrecho, entre 22.7 % (TPZ) y 32.8 % (TPJ). Para el porcentaje de PC, GML tiene el menor resultado (10.9 %), seguido de MDÑ con 12.6 %, los demás se ubican por encima de 16.5 % (HZE) hasta llegar a 21.0 %, de TPJ. La concentración de EE, oscila entre 5.5 % de MDÑ y 3.4 % del HZE. El porcentaje de CEN, TPZ y HZE, exhiben los mayores resultados con 13.7 % y 13.5 %, respectivamente, siendo los menores MDÑ y AL con 10.9 %. En la mayoría de las mezclas, la cantidad de FC sobrepasa el 18 %, a excepción de MDÑ (15.6 %) y GML (18.0 %), siendo AL, el que presenta mayor concentración con 22.0 %.

Cuadro 37. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las mezclas en proporción 50% Zacate Kikuyo y 50% follajes arbóreos.

	MS	PC	EE	CEN	FC
AL	28.3 ± 1.8 ^a	18.7 ± 0.1 ^{c,d}	4.4 ± 0.4 ^{b,c}	10.9 ± 0.2 ^c	22.0 ± 0.05 ^a
GML	29.8 ± 1.7 ^a	10.9 ± 0.02 ^g	5.1 ± 0.04 ^{b,a}	12.6 ± 0.1 ^b	18.0 ± 0.0 ^{**d}
HZE	31.7 ± 0.9 ^a	16.5 ± 0.2 ^e	3.4 ± 0.1 ^d	13.5 ± 0.1 ^a	19.4 ± 0.1 ^c
MDÑ	28.8 ± 0.2 ^a	12.6 ± 0.1 ^f	5.5 ± 0.2 ^a	10.9 ± 0.05 ^c	15.6 ± 0.3 ^e
MZQ	29.9 ± 0.7 ^a	19.1 ± 0.1 ^{c,b}	4.9 ± 0.1 ^{b,a}	11.4 ± 0.1 ^c	19.2 ± 0.1 ^c
THE	30.8 ± 0.05 ^a	19.2 ± 0.0 ^{**b}	3.5 ± 0.3 ^{d,c}	12.5 ± 0.2 ^b	21.4 ± 0.1 ^{b,a}
TPJ	32.8 ± 1.4 ^a	21.0 ± 0.03 ^a	4.5 ± 0.1 ^b	12.2 ± 0.1 ^b	20.9 ± 0.1 ^b
TPZ	22.7 ± 1.1 ^b	18.4 ± 0.1 ^d	4.5 ± 0.02 ^b	13.7 ± 0.3 ^a	19.2 ± 0.1 ^c

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los resultados están expresados en Base Seca. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Cuadro 37. Continuación.

	MO	ELN	TND	EM
AL	89.1 ± 0.2 ^a	43.9 ± 0.4 ^d	66.8 ± 0.4 ^b	2.4 ± 0.02 ^{c,b}
GML	87.4 ± 0.1 ^b	53.3 ± 0.0 ^{**a}	67.5 ± 0.1 ^b	2.4 ± 0.0 ^{*c,b}
HZE	86.5 ± 0.1 ^c	47.1 ± 0.4 ^b	64.3 ± 0.2 ^d	2.3 ± 0.0 ^{**c}
MDÑ	89.0 ± 0.05 ^a	55.2 ± 0.2 ^a	78.2 ± 0.5 ^a	2.8 ± 0.02 ^a
MZQ	88.6 ± 0.1 ^a	45.4 ± 0.2 ^c	67.9 ± 0.2 ^a	2.5 ± 0.0 ^{**b}
THE	87.5 ± 0.2 ^b	43.3 ± 0.3 ^d	64.7 ± 0.5 ^d	2.3 ± 0.02 ^c
TPJ	87.8 ± 0.1 ^b	41.5 ± 0.2 ^e	66.3 ± 0.4 ^{c,b}	2.4 ± 0.02 ^{c,b}
TPZ	86.2 ± 0.3 ^c	44.1 ± 0.6 ^d	65.6 ± 0.5 ^{c,d}	2.4 ± 0.0 ^{**c,b}

Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

La concentración de MO, oscila entre 89.1 % (AL y MDÑ) y 86.2 % de TPZ; en cuanto a ELN, los mayores valores los presentan MDÑ (55.2 %) y GML (53.3 %), el menor resultado, es de TPJ, siendo 41.5 %. En cuanto a TDN, MDÑ y MZQ muestran los valores más elevados, 67.9 % y 73.5 %, respectivamente y los menores con 64.3 %, es HZE; a razón de EM, todas las mezclas están por arriba de 2.3 Mcal/Kg, siendo las mayores, MDÑ con 2.8 Mcal/Kg y MZQ con 2.5 Mcal/Kg.

En el Cuadro 38, se muestran los resultados, de las mezclas de PCñ con las ocho arbóreas nativas de México en proporción 50:50. La MS oscila en un rango entre 34.2 % (TPZ) y 44.3 % (THE). El MZQ con 14.7 % es la mezcla con mayor porcentaje de PC, siendo TPJ la mezcla que presenta el menor porcentaje, 7.7 %; la mayoría de las mezclas oscilan alrededor de 12.0 %. La concentración de EE, es versátil en las mezclas, siendo a partir de 8.9 % (TPJ) hasta 3.5 % (HZE); para Cen, los resultados fluctúan ampliamente, HZE presenta 15.9 % siendo el resultado más alto y GML con 5.0 %, es el menor valor obtenido, el resto presentan valores semejantes a MDÑ con 9.9 %. Los resultados de FC se ubican por encima de 19.2 % (MDÑ) y alrededor de 20.1 % (MZQ), los mayores resultados fueron obtenidos por AL (23.8 %), THE (23.8 %) y TPZ (23.3 %).

En relación a la cantidad de MO, las mezclas fluctúan desde 95.0 % (GML) hasta 84.1 % (HZE). El porcentaje de ELN, oscila entre, 55.8 % de GML y 48.0 % de TPZ; el TND obtenido varía a partir de 62.7 % de HZE, hasta 73.9 % del THE. El contenido energético de las mezclas, se halla arriba de 2.2 Mcal/Kg, siendo el menor HZE, la mayoría se ubican cercanos a 2.3 Mcal/Kg del HZE; la mezcla de TPJ con 2.7 Mcal/Kg es la que presenta mejor contenido energético.

Cuadro 38. Composición nutricional (%) y contenido energético (Mcal/Kg) de las mezclas en proporción 50% Punta de Caña y 50% follajes arbóreos.

	MS	PC	EE	CEN	FC
AL	39.8 ± 2.7 ^{b,a}	12.9 ± 0.03 ^b	4.9 ± 0.3 ^c	9.6 ± 0.03 ^d	23.8 ± 0.3 ^a
GML	41.2 ± 2.5 ^{b,a}	12.6 ± 0.1 ^{c,b}	5.1 ± 0.1 ^c	5.0 ± 0.1 ^e	21.5 ± 0.2 ^b
HZE	43.1 ± 1.7 ^a	10.9 ± 0.05 ^d	3.5 ± 0.06 ^d	15.9 ± 0.1 ^a	19.2 ± 0.2 ^d
MDÑ	40.3 ± 1.0 ^{b,a}	11.6 ± 0.3 ^d	6.4 ± 0.1 ^b	9.9 ± 0.02 ^d	19.2 ± 0.3 ^d
MZQ	41.4 ± 0.1 ^{b,a}	14.7 ± 0.1 ^a	3.9 ± 0.2 ^d	10.7 ± 0.04 ^c	21.3 ± 0.2 ^{c,b}
THE	42.2 ± 0.9 ^a	11.9 ± 0.05 ^{c,d}	3.8 ± 0.1 ^d	10.4 ± 0.1 ^c	23.8 ± 0.1 ^a
TPJ	44.3 ± 2.3 ^a	7.7 ± 0.2 ^f	8.9 ± 0.2 ^a	9.8 ± 0.1 ^d	20.4 ± 0.1 ^c
TPZ	34.2 ± 1.9 ^b	8.9 ± 0.3 ^e	7.0 ± 0.2 ^b	12.7 ± 0.02 ^b	23.3 ± 0.05 ^a

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los resultados están expresados en Base Seca. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Cuadro 38. Continuación.

	MO	ELN	TND	EM
AL	90.1 ± 0.03 ^b	48.5 ± 0.3 ^e	67.9 ± 0.3 ^d	2.5 ± 0.0 ^{**d}
GML	95.0 ± 0.1 ^a	55.8 ± 0.2 ^a	72.4 ± 0.4 ^b	2.6 ± 0.02 ^b
HZE	84.1 ± 0.1 ^e	50.4 ± 0.8 ^c	62.7 ± 0.4 ^f	2.3 ± 0.0 ^{**f}
MDÑ	90.1 ± 0.02 ^b	52.9 ± 0.5 ^b	70.9 ± 0.2 ^c	2.6 ± 0.0 ^{**c}
MZQ	89.2 ± 0.04 ^c	49.3 ± 0.3 ^{d,e}	66.6 ± 0.3 ^e	2.4 ± 0.0 ^{**e}
THE	89.6 ± 0.1 ^c	50.0 ± 0.02 ^{d,c}	66.1 ± 0.2 ^e	2.4 ± 0.0 ^{**e}
TPJ	90.2 ± 0.1 ^b	53.3 ± 0.3 ^b	73.9 ± 0.3 ^a	2.7 ± 0.01 ^a
TPZ	87.3 ± 0.2 ^d	48.0 ± 0.2 ^e	68.6 ± 0.1 ^d	2.5 ± 0.0 ^{**d}

Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Es significativo referirnos al comportamiento del porcentaje de PC y el contenido de EM, en las mezclas de PCñ, con relación a las especies aisladamente.

La generalidad de las mezclas, muestran una merma en el porcentaje de PC con respecto a las arbóreas, desde 4.8 % en HZE y hasta 10.0 % en el caso de TPZ, salvo MDÑ, el cual refleja un aumento de casi 5.0 %; Sin embargo, al compararse con la gramínea, se advierte un incremento en la PC desde 3.0 hasta 9.3 %. En cuanto al contenido de EM, las mezclas, exhiben un aumento de hasta 0.5 Mcal/Kg MS al equipararse con la gramínea; por otro lado, la totalidad de las mezclas decaen hasta 0.6 Mcal/Kg MS con respecto a las arbóreas.

En las mezclas con 50 % de Ky, el porcentaje de PC tiende a ser menor con respecto a las arbóreas, a excepción de MDÑ, THE y TPJ, en las cuales el porcentaje se incrementa, 7.2 % con respecto a la arbórea y 3.2 % con relación al Ky. Por otro lado, la EM de las mezclas con Ky evidencian un descenso exiguo de máximo 0.3 Mcal/Kg, con respecto a las arbóreas.

La evaluación de mezclas con follaje de arbóreas aun es escasa, Singh *et al* (2013), indica resultados entre 18.3 % y 10.2 % de PC, para mezclas con 40 % de follaje, similar a lo aquí observado para las mezclas en proporción 50:50.

6.4.1. Análisis de Paredes Celulares.

Del mismo modo, se realizaron ANOVAs a los resultados obtenidos en el análisis de paredes celulares (%), de las ocho arbóreas nativas y las dos gramíneas, así como a sus mezclas en proporción 75:25 y 50:50.

En el Cuadro 39, se muestran los resultados del análisis de paredes celulares (%) del follaje las ocho arbóreas nativas, los cuales presentaron diferencia estadística ($P < 0.01$). El CC y el FDN están relacionados, debido a que el contenido celular (CC) se calculó mediante la diferencia del 100 % con el porcentaje de FDN; el THE (67.8 y 32.2) y TPZ (51.1 y 48.9), presentan los máximos y mínimos para CC y FDN, respectivamente. Para la HEM, los datos fluctúan ampliamente, desde 10.3 (MDÑ) hasta 21.5 (TPZ); de igual manera, el porcentaje de FDA varía considerablemente, siendo THE el de menor porcentaje con 14.1, hasta AL y TPJ con 33.9 y 32.9, respectivamente. Con respecto a la CEL, la mayoría de las arbóreas oscilan alrededor de 9.3 (MZQ), siendo las más alejadas TPJ con 16.2 y AL con 13.9. La totalidad de las arbóreas presentan un porcentaje de LAD mayor a 5.6 (THE), siendo AL y TPZ con 19.9 y 21.1, respectivamente, las arbóreas con mayor porcentaje de LAD; dichos valores catalogan a los follajes, como forrajes maduros (>15 % LAD).

El rango de FDN, de las arbóreas, es semejante al reportado por Ku *et al* (2013); por el contrario, Olivares *et al* (2014) y Pinto *et al* (2002) difieren en el límite

máximo. Cabe destacar que, el % FDN determina en parte la calidad nutricional, puesto que, niveles elevados de esta reducen la degradabilidad (Getachew *et al*; 2008; Roa VM, Muñoz MJ; 2012).

Cuadro 39. Paredes celulares (%) del follaje de ocho arbóreas nativas de México.

	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
AL	49.2±0.05 ^c	50.8±0.05 ^{b,a}	16.8±0.7 ^{c,b}	33.9±0.8 ^a	13.9±0.3 ^{b,a}	19.9±1.1 ^a
GML	62.8±6.6 ^{b,a}	32.2±0.9 ^d	12.7±0.4 ^{f,e}	19.4±0.5 ^d	8.7±1.2 ^c	10.7±0.7 ^c
HZE	60.3±0.3 ^{b,a}	39.7±0.3 ^c	14.8±0.7 ^{c,e,d}	24.9±0.3 ^c	11.3±0.4 ^{b,c}	13.6±0.0 ^{**b,c}
MDÑ	61.7±1.0 ^{b,a}	38.0±0.3 ^c	10.3±0.1 ^e	27.7±0.4 ^b	10.6±2.4 ^{b,c}	17.1±1.9 ^{b,a}
MZQ	63.8±1.2 ^a	36.1±1.2 ^c	16.2±1.0 ^{c,b,d}	19.9±0.2 ^d	9.3±1.2 ^c	10.6±0.9 ^c
THE	52.9±0.8 ^{b,c}	47.1±0.8 ^b	14.1±0.1 ^{e,d}	32.9±0.9 ^a	16.2±0.4 ^a	16.7±1.3 ^{b,a}
TPJ	67.8±1.2 ^a	32.2±1.2 ^d	18.1±1.2 ^b	14.1±0.0 ^{**e}	8.5±0.2 ^c	5.6±0.2 ^d
TPZ	48.9±1.6 ^c	51.1±1.6 ^a	21.5±0.4 ^a	29.6±1.2 ^b	8.5±0.9 ^c	21.1±2.1 ^a

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

En el Cuadro 40, se exhiben los resultados para las dos gramíneas evaluadas; las variables CC, FDN, HEM y LAD, no mostraron diferencia significativa. El % de FDN de la PCñ, es menor a la indicada por Chumpawadee *et al* (2006), contrario al porcentaje del Ky, el cual es mayor al descrito por Chipatecua *et al* (2007) y Correa *et al* (2008). Sin embargo, las variables FDA y CEL, si presentan diferencia (P<0.01); PCñ es la gramínea con los valores más elevados para las dos variables, 31.3 y 22.1, respectivamente, por otro lado, los menores resultados son de Ky, 26.9 y 16.2, para cada una.

Cuadro 40. Paredes celulares (%) de las gramíneas.

	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
Ky	38.3 ± 0.3 ^a	61.7 ± 0.3 ^a	34.8 ± 1.1 ^a	26.9 ± 0.8 ^b	16.2 ± 0.1 ^b	10.7 ± 0.7 ^a
PCñ	36.1 ± 2.4 ^a	63.8 ± 2.4 ^a	32.5 ± 2.3 ^a	31.3 ± 0.0 ^{**a}	22.1 ± 0.6 ^a	9.2 ± 0.5 ^a

Ky- zacate Kikuyo; PCñ- punta de Caña. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

Los resultados de las mezclas, de Ky con las ocho arbóreas en proporción 25:75 (Cuadro 41), presentan diferencia estadística (P<0.01), a excepción de la variable HEM. El THE (53.8 y 46.2) y TPZ (44.7 y 55.3), representan los valores límites para CC y FDN, respectivamente. Para las variables FDA, CEL y LAD, la

TPJ posee los resultados más altos: 28.1, 17.1 y 11.0, respectivamente; a su vez, THE tiene los menores resultados: 20.9, 14.4 y 6.5; en relación al porcentaje de CEL el rango es estrecho, teniendo una diferencia de ± 2.7 %.

Cuadro 41. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 25% Zacate Kikuyo y 75% follaje de arbóreas.

	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
AL	47.3 \pm 1.1 ^{b,c}	52.7 \pm 1.1 ^{b,a}	26.6 \pm 0.4 ^a	26.1 \pm 0.6 ^{b,a}	15.7 \pm 0.4 ^{b,a}	10.4 \pm 0.2 ^{b,a}
GML	50.5 \pm 2.7 ^{b,a}	49.5 \pm 2.7 ^{b,c}	26.4 \pm 2.1 ^a	23.1 \pm 0.6 ^{b,c}	15.4 \pm 0.2 ^{b,a}	7.6 \pm 0.4 ^{d,c}
HZE	46.8 \pm 1.5 ^{b,c}	53.2 \pm 1.5 ^{b,a}	27.5 \pm 0.7 ^a	25.7 \pm 0.8 ^{b,a}	15.9 \pm 0.3 ^{b,a}	9.8 \pm 0.4 ^{b,a,c}
MDÑ	46.8 \pm 0.3 ^{b,c}	53.2 \pm 0.3 ^{b,a}	26.1 \pm 0.9 ^a	27.1 \pm 0.7 ^a	15.9 \pm 0.6 ^{b,a}	11.1 \pm 1.2 ^a
MZQ	49.5 \pm 0.3 ^{b,a,c}	50.5 \pm 0.3 ^{b,a,c}	27.1 \pm 0.2 ^a	23.4 \pm 0.1 ^{b,c}	15.3 \pm 0.6 ^{b,a}	8.1 \pm 0.5 ^{b,d,c}
THE	45.4 \pm 0.9 ^{b,c}	54.6 \pm 0.9 ^{b,a}	26.5 \pm 1.0 ^a	28.1 \pm 1.9 ^a	17.1 \pm 1.4 ^a	11.0 \pm 0.6 ^a
TPJ	53.8 \pm 1.5 ^a	46.2 \pm 1.5 ^c	25.3 \pm 0.9 ^a	20.9 \pm 0.5 ^c	14.4 \pm 0.2 ^b	6.5 \pm 0.3 ^d
TPZ	44.7 \pm 1.2 ^c	55.3 \pm 1.1 ^a	28.8 \pm 0.5 ^a	26.5 \pm 0.6 ^{b,a}	17.0 \pm 0.4 ^a	9.4 \pm 0.2 ^{b,a,c}

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media \pm desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P < 0.01$) en la prueba de Tukey

En el Cuadro 42, se describen las diferencias significativas ($P < 0.01$), para las mezclas de Ky en proporción 50:50. Del mismo modo, la variable HEM no mostró diferencias, oscilando los valores alrededor de 24.1 (AL).

Para la variable CC, los límites son 56.5 de THE y 46.2 de AL, al igual los límites del porcentaje de FDN, los definen ambas mezclas, siendo 43.5 y 53.8, respectivamente; el cambio en esta variable puede ser de hasta ± 10.8 %. El TPJ (30.6) y el AL (29.7), muestran los valores más elevados y el THE (19.5) es el menor valor, para FDA; los valores de CEL se ubican entre 17.0 de la TPJ y 11.4 de la HZE, la mayoría de las mezclas se encuentran cercanas a 13.9 (MZQ). Para el porcentaje de LAD, el mínimo valor es 7.0 de la mezcla con THE, en general las mezclas fluctúan próximas a 13.3 (MDÑ) y AL presenta el valor superior (13.7).

Cuadro 42. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 50% Zacate Kikuyo y 50% follaje de arbóreas.

	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
AL	46.2 ± 2.3 ^c	53.8 ± 2.3 ^a	24.1 ± 3.2 ^a	29.7 ± 0.9 ^a	16.0 ± 0.5 ^{b,a}	13.7 ± 1.4 ^a
GML	52.8 ± 4.0 ^{b,a,c}	41.7 ± 0.1 ^b	19.7 ± 0.1 ^a	22.0 ± 0.2 ^c	11.4 ± 0.6 ^d	10.6 ± 0.8 ^{b,a}
HZE	48.2 ± 2.5 ^{b,a,c}	51.8 ± 2.5 ^a	25.4 ± 2.6 ^a	26.4 ± 0.01 ^b	14.4 ± 0.4 ^{b,c}	12.0 ± 0.4 ^a
MDÑ	48.5 ± 1.5 ^{b,a,c}	51.5 ± 1.5 ^a	25.1 ± 1.1 ^a	26.4 ± 0.4 ^b	13.1 ± 0.7 ^{c,d}	13.3 ± 0.3 ^a
MZQ	54.8 ± 1.9 ^{b,a}	45.2 ± 1.9 ^b	22.5 ± 1.2 ^a	22.6 ± 0.7 ^c	13.9 ± 0.3 ^{b,c,d}	8.7 ± 0.5 ^{b,c}
THE	47.6 ± 0.9 ^{b,c}	52.4 ± 0.9 ^a	21.9 ± 0.1 ^a	30.6 ± 0.9 ^a	17.0 ± 0.3 ^a	13.6 ± 1.2 ^a
TPJ	56.5 ± 0.8 ^a	43.5 ± 0.8 ^b	24.0 ± 0.2 ^a	19.5 ± 0.6 ^d	12.5 ± 1.2 ^{c,d}	7.0 ± 0.5 ^c
TPZ	47.5 ± 0.1 ^{b,c}	52.5 ± 0.1 ^a	25.7 ± 0.4 ^a	26.8 ± 0.3 ^b	13.7 ± 0.7 ^{b,c,d}	13.1 ± 0.4 ^a

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey

Los resultados del análisis de las mezclas en proporción: 25% PCñ y 75% follaje de arbóreas (Cuadro 43), presentaron diferencia significativa (P<0.01). Como se ha referido en los cuadros anteriores, el porcentaje de CC y FDN, se encuentran vinculados; por lo que ambos rangos son delimitados por las mismas mezclas, en esta ocasión AL (42.4 y 57.6), MZQ (47.0 y 45.7), TPJ (42.1 y 57.9) y TPZ (42.5 y 57.5), son las mezclas que limitan dichas variables. El MZQ, exhibe los valores inferiores para el resto de las variables: HEM (21.4), FDA (24.3), CEL (17.9) y LAD (6.5); los límites superiores los presentan TPZ (27.7), TPJ (32.3 y 22.7) y AL (11.3).

Cuadro 43. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 25% Punta de Caña y 75% follaje de arbóreas.

	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
AL	42.4±0.0** ^c	57.6±0.0** ^a	27.1±0.4 ^{b,a}	30.4±0.4 ^{b,a}	19.1±0.4 ^{b,a}	11.3±0.8 ^a
GML	48.4±0.2 ^b	51.6±0.2 ^b	24.9±0.1 ^{d,c}	26.7±0.1 ^{b,d,c}	19.7±0.6 ^{b,a}	7.1±0.7 ^d
HZE	42.8±5.7 ^{b,c}	52.7±1.6 ^{b,a}	24.5±0.7 ^d	28.2±0.8 ^{b,d,a,c}	20.6±0.7 ^{b,a}	7.6±0.1 ^{d,c}
MDÑ	43.9±2.1 ^{b,c}	56.1±2.1 ^{b,a}	25.7±0.4 ^{b,d,c}	30.4±1.7 ^{b,a}	19.9±0.6 ^{b,a}	10.4±1.1 ^{b,a}
MZQ	47.0±0.05 ^a	45.7±1.2 ^c	21.4±0.1 ^e	24.3±1.3 ^d	17.9±1.9 ^b	6.5±0.6 ^d
THE	42.1±1.8 ^c	57.9±1.8 ^a	25.6±0.5 ^{b,d,c}	32.3±1.2 ^a	22.7±1.3 ^a	9.6±0.1 ^{b,a,c}
TPJ	47.4±1.8 ^{b,c}	52.6±1.8 ^{b,a}	26.4±0.6 ^{b,a,c}	26.2±1.2 ^{d,c}	18.1±1.0 ^b	8.1±0.2 ^{b,d,c}
TPZ	42.5±0.1 ^c	57.5±0.1 ^a	27.7±0.2 ^a	29.8±0.2 ^{b,a,c}	21.4±0.0** ^{b,a}	8.4±0.2 ^{b,d,c}

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa (P<0.01) en la prueba de Tukey. **DE <0.01

En el Cuadro 44, se exponen los resultados para las mezclas, en proporción 50% PCñ y 50% follaje de arbóreas; los cuales muestran diferencia significativa ($P < 0.01$); a excepción de las variables HEM y CEL, las cuales se ubican cercanas a 22.2 (AL) y 17.2 (GML), correspondientemente.

Los porcentajes de CC, FDN y FDA, muestran un rango estrecho (± 10.0). En este sentido, los límites para CC y FDN, son determinados por THE (56.4 y 43.6) y AL (46.3 y 53.6); el rango para FDA lo delimitan TPJ y THE, entre 31.7 y 21.2. El porcentaje de LAD va a partir de 5.5 (THE) hasta 12.6 (AL); asimismo TPZ (12.5), TPJ (11.8) y MDÑ (11.4), presentan los valores más elevados.

Cuadro 44. Paredes celulares (%) de las mezclas en proporción 50% Punta de Caña y 50% follaje de arbóreas.

	CC	FDN	HEM	FDA	CEL	LAD
AL	46.3 ± 1.4 ^b	53.6 ± 1.4 ^a	22.2 ± 0.1 ^a	31.5 ± 1.3 ^a	18.9 ± 0.3 ^a	12.6 ± 0.9 ^a
GML	54.0 ± 2.7 ^a	45.9 ± 2.7 ^b	20.9 ± 1.4 ^a	25.1 ± 1.3 ^{b,a}	17.2 ± 0.6 ^a	7.9 ± 0.7 ^{b,c}
HZE	51.2 ± 0.1 ^{b,a}	48.8 ± 0.1 ^{b,a}	21.3 ± 0.2 ^a	27.5 ± 0.3 ^{b,a}	17.2 ± 1.0 ^a	10.3 ± 0.7 ^{b,a}
MDÑ	47.9 ± 0.8 ^b	52.0 ± 0.8 ^a	23.9 ± 0.5 ^a	28.1 ± 0.2 ^{b,a}	16.7 ± 0.3 ^a	11.4 ± 0.6 ^a
MZQ	51.7 ± 0.2 ^{b,a}	48.2 ± 0.2 ^{b,a}	25.1 ± 4.1 ^a	23.1 ± 3.9 ^b	15.7 ± 3.1 ^a	7.5 ± 0.7 ^{b,c}
THE	47.5 ± 1.1 ^b	52.5 ± 1.1 ^a	20.8 ± 1.0 ^a	31.7 ± 2.2 ^a	19.9 ± 0.9 ^a	11.8 ± 1.3 ^a
TPJ	56.4 ± 1.4 ^a	43.6 ± 1.4 ^b	22.3 ± 1.1 ^a	21.2 ± 0.3 ^{b,a}	15.7 ± 0.7 ^a	5.5 ± 0.4 ^c
TPZ	47.8 ± 1.6 ^b	52.2 ± 1.6 ^a	24.3 ± 0.7 ^a	27.9 ± 0.9 ^{b,a}	15.4 ± 0.2 ^a	12.5 ± 1.1 ^a

AL- Aile; GML- Guamúchil; HZE- Huizache; MDÑ- Madroño; MZQ- Mezquite; THE- Tehuiztle; TPJ- Tepeguaje; TPZ- Tepozán. Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de cada columna, indica diferencia significativa ($P < 0.01$) en la prueba de Tukey.

Los resultados previos son importantes, debido a que, los porcentajes de FDN y LAD se relacionan con el CV (Kennedy, 2005). La FDN modifica la masticación y salivación por parte del animal, lo que cambia el pH ruminal y altera la tasa de fermentación (Vergara *et al.*, 2006), por lo tanto, presenta un efecto negativo en la degradabilidad de los forrajes; del mismo modo, la concentración de LAD, afecta la degradabilidad al dificultar el acceso de los microorganismos a la MO del forraje (Moore *et al.*, 2001).

De acuerdo a Bannink y Tamminga (2005), los alimentos con concentraciones de FDN menores a 45 %, estimulan el consumo voluntario. La mayoría de los forrajes implementados en este trabajo, exhiben concentraciones de FDN por debajo de lo anterior; sin embargo, el AL (50.8), el THE (47.1) y el TPZ

(51.1), tiene mayor contenido de FDN, lo que podría limitar negativamente su consumo.

Por lo anterior, es preciso señalar que, la mezcla de TPJ con Ky al 50%, muestra los valores más elevados, para la totalidad de las variables. Sin embargo, esto no denota que la mezcla sea preferible, puesto que los porcentajes de CEL y LAD, podrían limitar el acceso a la MO, y reducir la fermentación; comprometiendo de esta forma la degradabilidad del alimento (Moore *et al.*, 2001). Es por lo anterior, que se prefieren los valores inferiores en estas variables.

6.4.2. Taninos Condensados.

En el análisis estadístico, se observó diferencia significativa ($P < 0.001$); entre las arbóreas evaluadas (Cuadro 45). Los resultados presentados, muestran las concentraciones potenciales de TC.

Las especies con mayor porcentaje de TC, son, MDÑ (3.62) y THE (3.40); el resto de las especies oscilan entre 1.5 y 3.2 %; a excepción del MZQ y la TPJ, que presentaron valores inferiores a 1 % (0.25 y 0.83), semejante a la literatura (García *et al.*, 2008; Ku *et al.*, 2013).

Cuadro 45. Concentración (%) de taninos condensados presente en las ocho arbóreas nativas de México.

Arbórea	TC (%)
Aile	1.53 ± 0.2 ^e
Guamúchil	2.12 ± 0.2 ^d
Huizache	2.66 ± 0.2 ^c
Madroño	3.62 ± 0.2 ^a
Mezquite	0.25 ± 0.02 ^g
Tehuiztle	3.40 ± 0.2 ^{b,a}
Tepeguaje	0.83 ± 0.05 ^f
Tepozán	3.19 ± 0.1 ^b

Los datos se expresan como media ± desviación estándar. *Literal diferente dentro de la columna, indica diferencia significativa ($P < 0.001$) en la prueba de Tukey.

Valores de referencia. 2-4% se incrementa la proteína de sobre paso, tienen efecto antihelmíntico, mejora la eficiencia de la utilización del amonio. Máximo tóxico 8-10% se reduce el CV y la disponibilidad de amonio en el rumen. (Barry *et al.*, 1986; Waghorn, 1990).

La mayoría de las arbóreas, tienen una concentración moderada (2-4 %) de TC (Cuadro 45), lo que concuerda con lo reportado (Sotelo *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2000; García y Medina, 2006; Camacho, 2010), la presencia de TC puede favorecer la alimentación de rumiantes domésticos. Se podría generar un incremento en la proteína de sobrepaso y mejoría la eficiencia de utilización del amonio; por otro lado, el riesgo de alterar negativamente el CV y la disponibilidad de amonio en el rumen, se reduce, debido a que la concentración máxima tóxica va de 8 – 10 % (Barry *et al.*, 1986; Waghorn, 1990).

7. CONCLUSIÓN.

La calidad nutricional de las arbóreas evaluadas permite considerar su uso como recursos forrajeros, para la complementación estratégica en pastoreo, debido a que cubren fácilmente los requerimientos para mantenimiento de PC y EM, sin alterar negativamente el aprovechamiento ruminal de la ración.

Al mezclar las arbóreas nativas con gramíneas, se observó un efecto positivo en la concentración de nutrientes (PC, EM y FDN), lo que aumentó la calidad nutricional de las mezclas y su eficiencia ruminal; de igual manera, la TF de las mezclas, se eleva hasta 4 veces por encima de la mostrada por las especies individualmente; lo cual permite pronosticar una mejora en el consumo voluntario de las mezclas. Con relación, a la degradabilidad, las mezclas incrementan la dMS y la dFDN con respecto a la que presenta las arbóreas, pudiendo aumentar hasta 30%.

Las mezclas con Ky, en proporción 75:25, son mejores en relación a las mezclas de la proporción 50: 50, puesto que presentan un aumento en la degradabilidad hasta del 35 %; por otro lado, las mezclas con PCñ, en proporción 50: 50, presentan mejores degradabilidades a las mostradas por la proporción 75: 25, siendo hasta 20 % superiores. Lo anterior está relacionado con la interacción del contenido nutricional de las especies, principalmente con FDN (%) y EM (Mcal/KgMS), además de TC (%); lo que modifica la facilidad de colonización de las bacterias ruminales, dando como resultado, mejores porcentajes de degradabilidad.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que, la utilización de arbóreas nativas para complementar la alimentación de animales en pastoreo, aumenta los aportes nutricionales y favorece el incremento en la dMS y dFDN; lo que podría resultar en la mejora de los parámetros productivos.

8. REFERENCIAS.

- 1) Aitchison EM, Gill M, Dhanoa MS, & Osbourn DF. 1986. The effect of digestibility and forage species on the removal of digesta from the rumen and the voluntary intake of hay by sheep. *British Journal of Nutrition*, 56(02): 463-476.
- 2) Allen VG and Collins M. 1995. Grazing Management Systems. En: Barnes RF, Miller DA & Nelson CJ (Eds). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. I. 5th Edition. Ames, Iowa, United States of America: Iowa State University Press. 20: 473-501.
- 3) Amezcua T, Sanginés L, y Pérez GF. 2010. Especies vegetales potencialmente consumidas por herbívoros en un bosque de pino y encino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 14(2): 85-97.
- 4) Araujo FO, Vergara-López J, & Venezuela ZU. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 15(S1): 133-140.
- 5) Bannink A. and Tamminga S. 2005. Rumen Function. En: Dijkstra J., Forbes JM., France J. (Eds.). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. 2nd ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CAB International. 10: 263-288.
- 6) Barahona R, Lascano CE, Narvaez N, Owen E, Morris P and Theodorou MK. 2003. *In vitro* degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1256-1266. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.1534/pdf> [Consulta: 23 abril 2015].
- 7) Barnes RF and Nelson CJ. 1995. Forages and Grasslands in a Changing World. En: Barnes RF, Miller DA & Nelson CJ (Eds.). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. I. 5th Edition. Ames, Iowa, United States of America: Iowa State University Press. 1: 3-23.

- 8) Barry T and McNabb W. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British journal of nutrition* 81:263-272.
- 9) Barry TN, Manley TR, & Duncan SJ. 1986. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. *British journal of nutrition* 55(1): 123-137.
- 10) Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas. Comisión económica para américa latina y el caribe. [CEPALSTAT]. México: perfil nacional económico. Santiago, Chile.
http://interwp.cepal.org/cepalstat/WEB_cepstat/Perfil_nacional_economico.asp?pais=MEX&idioma=e [Consulta: 08 feb 2015].
- 11) Bhatta R, Vaithyanathan S, Singh NP, Shinde AK, Verma DL. 2005. Effect of feeding tree leaves as supplements on the nutrient digestion and rumen fermentation pattern in sheep grazing on semi-arid range of India – I. *Small Ruminant Research* 60: 273-280.
- 12) Bianco A, Goñi V y Oholeguy S. 2000. Efecto de procesamiento y el contenido de taninos del grano de sorgo sobre la composición química y la digestión de la materia seca en rumiantes. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/04-taninos_del_grano_de_sorgo.pdf. [Consulta: 08 feb 2015].
- 13) Bobadilla HAR. 2001. *Efectos asociativos de mezclas de follajes arbóreos como suplementos a vacas de doble propósito en lactación* [Tesis de Maestría]. Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- 14) Botero R, y Russo RO. 1998. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. 121-143.
<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Botero8.PDF> [Consulta: 17 mayo 2015].

- 15) Broom DM, Galindo FA, and Murgueitio E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 280. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/> [Consulta: 29 abril 2015].
- 16) Camacho JC, Juárez CE, Franco FJ y Hernández JH. 2012. Composición bromatológica de plantas arbóreo-arbustivas consumidas en una época del año por cabras en la Mixteca Poblana, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 21(1): 29-35.
- 17) Camacho LM, Rojo R, Salem AZM, Mendoza GD, López D, Tinoco JL, Albarrán B, Montañez-Valdez OD. 2010. In vitro ruminal fermentation kinetics and energy utilization of three Mexican tree fodder species during the rainy and dry period. *Animal Feed Science and Technology* 160: 110–120.
- 18) Camacho MD, Hernández PSI, Martín LL. 2009. Tepozán (*Buddleia cordata*). Proyecto PAPIME PE205907. México. Facultad de Estudios Superiores: Cuautitlán, UNAM. http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/vaquillas/folletos/Tepozan_folleto09.pdf [Consulta: 09 Feb 2015].
- 19) Camacho MD, Sandoval CC, Ayala BA. 2001. Rumen dry matter degradability of browse species in semiarid areas of México in the dry season. En: [CATIE](#) (Eds). *Silvopastoral systems for restoration of degraded tropical pasture ecosystems*. Turrialba, Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE. 303-306.
- 20) Carranza MMA, Sánchez VLR, Pineda LMR y Cuevas GR. 2003. Calidad y Potencial Forrajero de Especies del Bosque Tropical Caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 37(2): 203-210.
- 21) Chalate, MH, Gallardo-López F, Pérez-Hernández P, Lang-Ovalle F, Ortega-Jiménez E & Vilaboa AJ. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos. *Zootecnia tropical* 28(3): 329-339.
- 22) Chipatecua MR, Pabón ML, Cárdenas EA y Carulla JE. 2007. Efecto de la combinación de una leguminosa tanífera (*Lotus uliginosus* cv. Maku) con

Pennisetum clandestinum, sobre la degradación in vitro de proteína y materia seca. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*. 20: 40-48.

23) Chirinos R, Pedreschi R, Rogez H, Larondelle Y, Campos D. 2013. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products* 47:145-152.

24) Chumpawadee S, Sommart K, Vongpradlub T; Pattarajinda V. 2006. *In sacco* degradation characteristics of crop residues and select roughages in Brahman-Thai native crossbred steers. *Kasetsart Journal - Natural Science*. 40(1): 204-214.

25) Coblenz WK, Coffey KP, Turner JE, Scarbrough DA, Weyers JS, Harrison KF, Johnson ZB, Daniels LB, Rosenkrans Jr CF, Kellogg DW, Hubbell DS. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in Northern Arkansas. *Journal Dairy Science*. 83: 2499-2511.

26) Collins M and Fritz JO. 1995. Forage Quality. En: Barnes RF, Miller DA & Nelson CJ (Eds.). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. I. 5th Edition. Ames, Iowa, United States of America: Iowa State University Press. 16: 363-390.

27) Cone JW & Van Gelder HG. 1999. Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Animal Feed Science and Technology* 76: 251-264.

28) Correa CHJ, Pabón RML y Carulla FJE. 2008. Valor nutricional del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum hoechst ex chiov.*) Para la producción de leche en Colombia (una revisión): I - composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock research for rural development*. 20. Article #59. <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm> [Consulta: 15 mar 2015].

29) Cubero JF, Rojas A, WingChing R. 2010. Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agronomía Costarricense* 34(2): 237-250. <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n2/a09v34n2.pdf> [Consulta: 15 ene 2016].

- 30) Delagarde R, Peyraud JL, Delaby L and Faverdin P. 2000. Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology* 84: 49-68.
- 31) Demidenko, E. 2004. *Mixed models. Theory and applications*. Hoboken, New Jersey, United States of America. Wiley-Interscience.
- 32) Devendra C. 1995. Composition and Nutritive Value of Browse Legumes. En: D'Mello JPF & Devendra C (Eds). *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. United Kingdom: CABI Publishing. 3: 49-65
- 33) Dougherty CT and Collins M. 1995. Forage Utilization. En: Barnes RF, Miller DA & Nelson CJ (Eds.). *Forages: An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. I. 5th Edition. Ames, Iowa, United States of America: Iowa State University Press. 17: 391-414.
- 34) Duque M, Noguera RR y Restrepo LF. 2009. Efecto de la adición de urea protegida y sin protección sobre la cinética de degradación in vitro del pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Livestock Research for Rural Development* 21(4).
- 35) Edwards A, Mlambo V, Lallo CHO, Garcia GW and Diptee MD. 2012. *In vitro* ruminal fermentation parameters of tanner grass (*Brachiaria arrecta*) supplemented with leaves from three forage trees. *Livestock Research for Rural Development* 24 (6). <http://www.lrrd.org/lrrd24/6/edwa24102.htm> [Consulta: 16 feb 2016].
- 36) Fagg CW & Stewart JL. 1994. The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semi-arid environments. *Journal of Arid Environments* 27: 3-25.
- 37) Food and agriculture organization of the United Nations. [FAO]. Perfiles por país del recurso pastura/forraje: México. Unión Europea. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/pdf%20files/mexico-spanish.pdf> [Consulta: 06 feb 2015].

- 38) France J, Dijkstra J, Dhanoa MS, Lopez S and Bannink A. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: derivation of models and other mathematical considerations. *British Journal of Nutrition* 83: 143–150.
- 39) García DE y Medina MG. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Tropical* 24(3): 233-250
- 40) García DE, Medina MG, Clavero T, Cova LJ, Domínguez C y Baldizán A. 2008. Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. *Revista Científica FCV- Luz (Maracaibo)*. 18(2): 188-196.
- 41) García DE, Medina MG, Humbría J, Domínguez C, Baldizán A, Cova L, Soca M. 2006. Composición Proximal, Niveles de Metabolitos Secundarios y Valor Nutritivo del Follaje de Algunos Árboles Forrajeros Tropicales. *Archivos de Zootecnia* 55(212): 373-384.
- 42) Getachew G, Blümmel M, Makkar HPS, Becker K. 1998. In Vitro Gas Measuring Techniques for Assessment of Nutritional Quality of Feeds: Review. *Animal Feed Science and Technology* 72: 261-281.
- 43) Getachew G, Pittroff W, Putnam DH, Dandekar A, Goyal S, & DePeters EJ. 2008. The influence of addition of gallic acid, tannic acid, or quebracho tannins to alfalfa hay on in vitro rumen fermentation and microbial protein synthesis. *Animal Feed Science and Technology* 140: 444–461.
- 44) Getachew G, Robinson PH, DePeters EJ, Taylor SJ. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 111: 57–71.
- 45) González EMS, González EM, & Zamudio S. 2012. Delimitación taxonómica de *Arbutus mollis* y *A. occidentalis* (Ericaceae). *Acta botánica mexicana* (101): 49-81.

- 46) Grupo del banco mundial. Datos: Población Total - México. Estados Unidos. <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL/countries?display=graph> [Consulta: 06 ene 2016].
- 47) Guerrero M, Juárez AS, Ramírez RG, Montoya R, Murillo M, La O, & Cerrillo MA. 2010. Composición química y degradabilidad de la proteína de forrajes nativos de la región semiárida del norte de México. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 44(2): 147-154.
- 48) Hernández HJE, Franco GFJ, Camacho RJC, Villarreal EBOA, Pedraza ORM, Plata PFX y Mendoza MGD. 2010. Evaluación de vainas y hojas forrajeros por la técnica de producción de gas *in vitro*. *Zootecnia Tropical* 28(3): 421-426.
- 49) Humphreys LR. 1995. Diversity and productivity of tropical legumes. En: D'Mello JPF, Devendra C (eds). *Tropical legumes in animal nutrition*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International. 1: 1-21.
- 50) Instituto nacional de estadística y geografía. [INEGI]. Censo agrícola, ganadero y forestal. Censos Agropecuarios – Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Unidades de producción y existencias totales de ganado bovino según sistema de producción por entidad federativa. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/default.aspx> [Consulta: 09 feb 2015]
- 51) Instituto nacional de estadística y geografía. [INEGI]. Indicadores destacados del banco de información INEGI. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?E=17>. [Consulta: 05 feb 2015].
- 52) Interián I, Díaz N, & Martínez J. 2012. Relación entre la dominancia, condición corporal y desbalance energético y proteico de la alimentación en vacas de alta producción de leche. *Ciencia y Tecnología Ganadera* 6: 9-15.
- 53) Izaguirre FF, Martínez TJJ, Jiménez FJG, Posada CS, García CCG, León VH, Martínez PG. 2011. Digestibilidad *in situ* de la materia seca de hojas de árboles

multipropósito y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en ovejas. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(12): 27-35

54) Johnston J, Wheeler B, McKinlay J. 1999. Forage production from spring cereals and cereal-pea mixtures. En: *Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs*. No. 120. Ontario, Canada. www.omafra.gov.on.ca/english/products/fieldcrops.html#forage [Consulta: 27 marzo 2016].

55) Kahindi RK, Abdulrazak SA, & Muinga RW. 2007. Effect of supplementing Napier grass (*Pennisetum purpureum*) with Madras thorn (*Pithecellobium dulce*) on intake, digestibility and live weight gains of growing goats. *Small Ruminant Research* 69(1): 83-87.

56) Keir B, VanLai N, Preston TR, Orskov ER. 1997. Nutritive value of leaves from tropical trees and shrubs: 1. *In vitro* gas production and *in sacco* ruminal degradability. *Livestock Research for Rural Development*. 9(4).

57) Kennedy PM. 2005. Particle Dynamics. En: Dijkstra J, Forbes JM, France J. (Eds.). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. 2nd ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CAB International. 5: 123-156.

58) Krishnamoorthy U, Solled H, Steingass H, Menke KH. 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology* 52: 177-188.

59) Ku VJC, Ayala BAJ, Solorio SFJ, Briceño PEJ, Ruiz GA, Piñeiro VAT, Barros RM, Soto AA, Espinoza HJC, Albores MS, Chay CAJ, Aguilar PCF, Ramírez AL. 2013. Tropical tree foliage and shrubs as feed additives in ruminant ratio. En: Salem AFZ. (Ed.) *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Science Publishers, Incorporated.

60) Kumar R, D'mello JPF. 1995. Anti-nutritional factors in forage legumes. En: D'Mello JPF & Devedra C. *Tropical legumes in animal nutrition*. United Kingdom: CABI Publishing. 5: 95-133.

- 61) La OO, Delgado D, Chongo B, Castellanos EL. 2006. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 40(1): 65-70.
- 62) Landsberg J, O'connor T, Freudenberger D. 1999. The Impacts of Livestock Grazing on Biodiversity in Natural Ecosystems. En: Jung HJG and Fahey GC (Eds). *Nutritional Ecology of Herbivores: Proceedings of the 5th International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. Savoy, Illinois, United States of America: American Society of Animal Science. 752-777.
- 63) Lara PE, Canché MC, Magaña H, Aguilar E, & Sanginés JR. 2009. Producción de gas *in vitro* y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*Morus alba*) mezclada con maíz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43: 273-279. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015481010> [Consulta: 23 enero 2016].
- 64) Larbi AJ, Smith JW, Kurdi IO, Adekunle IO, Raji AM, & Ladipo DO. 1998. Chemical composition, rumen degradation and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Animal Feed Science and Technology* 72: 81-86.
- 65) Le Houérou HN. 1980. Browse in Northern Africa. En: Le Houérou HN (Ed.). *Browse in Africa: The Current State of Knowledge*. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA. 55–82.
- 66) Leng RA. 1996. Evaluation of tropical feeds. En: Speedy AW, Dalibard, C., Sansoucy, R. (Eds.) *Tropical Feeds and Feeding Systems*. Proceedings of the First FAO Electronic Conference on Feed Evaluation. FAO, Rome.
- 67) Limón AR. 2012. *Evaluación económica y social de las producciones de traspatio tradicionales del pueblo de Xalpatlahuac, Guerrero*. [Tesis de Licenciatura]. DF, México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
- 68) López S, France J, Dijkstra J. and Dhanoa MS. 2000. Models to interpret degradation profiles obtained from *in vitro* and *in situ* incubation of ruminant feeds.

En: McNamara JP., France J. and Beever DE. (eds.). *Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals*. Oxon, UK.: CAB International. 6: 73-86.

69) López S. 2005. In Vitro and in Situ Techniques for Estimating Digestibility. En: Dijkstra J., Forbes JM., France J. (Eds). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. 2nd ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CAB International. 4: 87-120.

70) Magaña M, Ríos A y Martínez G. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos latinoamericanos de producción animal* 14(3): 105 – 114.

71) Maheca L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista colombiana de ciencias pecuarias* 15(2): 226 – 231.

72) Makkar HPS. 2003. *Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage: A Laboratory Manual*. Viena Austria: Springer Science + Business Media Dordrecht.

73) Martín GJ, Noda Y, Pentón G, García DE, García F, González E, Ojeda F, Milera M, López O, Ly J, Leiva L, Arece J. 2007. La morera (*Morus alba*, Linn.): una especie de interés para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 30. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269120998001> [Consulta: 23 abril 2015].

74) Martínez I, Castelán O, González R, Estrada F. 2011. Determinación de la calidad nutritiva, fermentación *in vitro* y metabolitos secundarios en arvenses y rastrojo de maíz utilizados para la alimentación del ganado lechero. *Tropical and subtropical agroecosystems* 14: 525- 536.

75) Mauricio RM. 1999. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology* 79: 321-330.

76) Mbugua DM, Kiruiro EM, Pell AN. 2008. In vitro fermentation of intact and fractionated tropical herbaceous and tree legumes containing tannins and alkaloids. *Animal Feed Science and Technology* 146: 1–20.

77) McCulloch C and S. Searle. 2001. *Generalized, linear and mixed models*. Wiley.

- 78) Mead R. 1988. *The design of experiments: statistical principles for practical application*. Melbourne, Australia: Cambridge University Press.
- 79) Mendoza P y Lascano C. 1986. Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. En: Lascano C y Pizarro E (Eds). *Evaluación de pasturas con animales: alternativas metodológicas*. Cali, Colombia: CIAT, 143-165.
- 80) Menke H, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, & Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of agricultural science* 93: 217-222.
- 81) Menke KH, Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research Development* 28: 7-55.
- 82) Merlos BMI, Martínez RRD, Torres HG, Mastache LAA, Gallegos SJ. 2008. Evaluación de características productivas en cabritos Boer × local, Nubia × local y locales en el trópico seco de Guerrero, México. *Veterinaria México* 39(3): 323-333.
- 83) Minson DJ. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, New York, 483 pp.
- 84) Monroy R y Colín H. 2004. El guamúchil *Pithecellobium dulce* (roxb.) Benth, un ejemplo de uso múltiple. *Madera y bosques* 1(10): 35 – 53.
- 85) Moore KJ, Dung HJG. 2001. Lignin and fiber digestibility. *Journal Range Manage*. 54: 420-430.
- 86) Morales A, León J, Cárdenas E, Afanador G, Carulla J. 2013. Calidad de la leche, digestibilidad in vitro de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 60(1): 32-48.
- 87) Moreno DA, Toledo VM, Casas A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical sciences* 91(4): 375-398.

- 88) Nagadi S, Herrero M, Jessop NS. 2000a. The influence of diet of the donor animal on the initial bacterial concentration of ruminal fluid and *in vitro* gas production degradability parameters. *Animal Feed Science and Technology* 87: 231-239.
- 89) Nagadi S, Herrero M, Jessop NS. 2000b. The effect of fermentable nitrogen availability on *in vitro* gas production and degradability of NDF. *Animal Feed Science and Technology* 87: 241-251.
- 90) Nahed J, Sánchez A, Grande D, Pérez GF. 1998. Evaluation of promissory tree species for sheep feeding in The Highlands of Chiapas, México. *Animal Feed Science and Technology* 73:59-69.
- 91) Nahed J, Villafuerte L, Grande D, Pérez-Gil F, Alemán T, & Carmona J. 1997. Fodder shrub and tree species in the Highlands of southern Mexico. *Animal Feed Science and Technology* 68: 213-223. [http://www.animalfeedscience.com/article/S0377-8401\(97\)00052-7/pdf](http://www.animalfeedscience.com/article/S0377-8401(97)00052-7/pdf) [Consulta: 23 abril 2015].
- 92) Naranjo JF y Cuartas CA. 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 6(1): 9-19.
- 93) Naranjo LG. 2003. Sistemas agroforestales para la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad. En: Sánchez MD y Rosales MM (Eds.). *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia*. Roma: Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO. 2: 13-28. <http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s03.htm#bm03> [Consulta: 4 abril 2015].
- 94) National Research Council (NRC). 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press, Washington, DC, USA
- 95) National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Seventh Revised Edition. Washington, DC, USA: The National Academies Press.

- 96) Navarro AG y Velázquez MM. 2001. Determinación de la calidad nutritiva de cuatro plantas forrajeras (*Amelanchier denticulate*, *Buddleia cordata*, *Cotoneaster pannosa*, *Dodonaea viscosa*) como alternativa para la alimentación de caprinos y ovino [Tesis de Licenciatura]. Estado de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México (FESC).
- 97) Ndlovu LR and Nherera FN. 1997. Chemical composition and relationship to *in vitro* gas production of Zimbabwean browsable indigenous tree species. *Animal Feed Science and Technology* 69: 121-129.
- 98) Niang A, Ugiziwe J, Styger E & Gahamanyi A. 1996. Forage potential of eight woody species: intake and growth rates of local young goats in the highland region of Rwanda. *Agroforestry systems* 34(2): 171-178.
- 99) Nogueira JCM, Fondevilla M, Barrios A, & González M. 2000. In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Animal Feed Science and Technology* 83: 145-157.
- 100) Noguera RR, Ramírez IC y Bolívar DM. 2006. Efecto de la inclusión de papa (*Solanum tuberosum*) en la cinética de fermentación *in vitro* del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Livestock Research for Rural Development* 18(5). <http://www.lrrd.org/lrrd18/5/nogu18062.htm> [Consulta: 15 feb 2016].
- 101) Norton BW and Poppi DP. 1995. Composition and Nutritional Attributes of Pasture Legumes. En: D'Mello JPF & Devedra C. *Tropical legumes in animal nutrition*. United Kingdom: CABI Publishing. 2: 23-47.
- 102) Norton BW. 1998. The Nutritive Value of Tree Legumes. En: Gutteridge CR and Shelton HM (Eds). *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. Australia: The Tropical Grassland Society of Australia Inc. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/publicat/gutt-shel/x5556e00.htm> [Consulta: 04 abril 2015].
- 103) Olivares PJ, Avilés NF, Albarrán PB, Castelán OOA, & Rojas HS. 2013. Use of three fodder trees in the feeding of goats in the subhumid tropics in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 45: 821–828.

- 104) Olivares PJ, Avilés NF, Albarrán PB, Rojas HS, & Castelán OOA. 2011. Identificación, usos y Medición de Leguminosas Arbóreas Forrajeras en Ranchos Ganaderos del Sur del Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 739-748.
- 105) Olivares PJ, Avilés NF, Albarrán PB, Rojas HS, Córdoba IA, Villa MA, & Castelán OOA. 2014. Chemical composition of leguminous tree foliage and effect of polyethylene glycol on gas production and *in vitro* digestibility parameters. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 17: 207-214.
- 106) Omed HM, Lovett DK and Axford RFE. 2000. Faeces as a source of microbial enzymes for estimating digestibility. En: Givens DI., Owen E., Axford RFE. and Omed HM. (Eds). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford, UK: CAB International. 7: 135–154.
- 107) Orskov E, Hovell FD, & Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical animal production* 5(3): 195-213.
- 108) Ørskov E. and McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The journal of agricultural science*. 92: 499-503.
- 109) Ørskov ER. 2000. The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. En: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM (Eds). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing. 9: 175-188.
- 110) Ortega RL, Castillo HJE, Rivas PFA. 2009. Conducta ingestiva de bovinos Cebú adultos en leucaena manejada a dos alturas diferentes. *Técnica pecuaria en México*, 47(2): 125-134.
- 111) Palma JM. 2005. Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en Investigación Agropecuaria* 9(1) <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83709101> [Consulta: 01 abril 2015].

- 112) Palma JM. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos latinoamericanos de producción animal* 14(3): 95-104.
- 113) Parga J, Peyraud JL, and Delagarde R. 2000. Effect of the sward structure and herbage allowance on the herbage intake and digestion by strip-grazing dairy cows. En: AJ Rook and PD (Eds). *Grazing management: The principles and practice of grazing, for profit and environmental gain, within temperate grassland systems*. British Grassland Society, Occasional Symposium. 34: 61-66.
- 114) Pedraza ORM, Martínez SSJ, Estévez AJA, Guevara VGF, Guevara VRE, & Curbelo RL. 2007. Valor nutritivo para rumiantes del follaje de árboles y arbustos tropicales. *Revista Producción Animal* (Número Especial):5-12.
- 115) Pérez NE, Casas A. 2007. Use, extraction rates and spatial availability of plant resources in the Tehuacán - Cuicatlán Valley, Mexico: The case of Santiago Quiotepec, Oaxaca. *Journal of Arid Environments* 70: 356-379
- 116) Pérez SM, Cobos PMA, Soni GE, Guerra MCE, Mendoza NP, Ruiz SB, & Becerril HM. 2011. Effect of Two Levels of Tepozan Bush (*Buddleia cordata*) Hay on the Microorganism in the Rumen and the Productive Behavior in Goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 129-135.
- 117) Pinto R, Ramírez L, Ku VJC, Ortega L. 2002. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. *Pastos y Forrajes*. 25(3): 171-180.
- 118) Pinto RR, Ortega RL, Gómez CH, Guevara HF, & Hernández SD. 2014. Comportamiento animal y características de la dieta de bovinos pastoreando estrella africana sola y asociada con árboles. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(3): 365-374.
- 119) Poppi DP and Norton BW. 1995. Intake of tropical legumes. En: D'Mello JPF, Devendra C (eds). *Tropical legumes in animal nutrition*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International. 7: 173-189.

120) Posada OSL, Ramirez AJF, Rosero NR. 2014. Producción de metano y digestibilidad de mezclas kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) - papa (*Solanum tuberosum*). *Agronomía Mesoamericana* 25(1):141-150.

121) Ramírez OS, Domínguez DD, Salmerón ZJJ, Villalobos VG, & Ortega GJA. 2013. Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(4), 395-403.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005&lng=es&tlng=es [Consulta: 27 marzo 2016].

122) Ramírez RG y Ledezma TRA. 1997. Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep. *Small Ruminant Research* 25(1): 43-50.

123) Ramírez RG, Gonzalez RH, Gomez MMV, & Perez RMA. 1999. Feed value of foliage from *Acacia rigidula*, *Acacia berlandieri* and *Acacia farnesiana*. *Journal of Applied Animal Research* 16(1): 23-32.

124) Ramírez RG, Neira MRR, Ledezma TRA, & Garibaldi GCA. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 36(1): 49-55.

125) Redden DM. 2014. *Grazing Method Effects on Forage Production, Utilization, and Animal Performance on Nebraska Sandhills Meadow* [Tesis de Maestría]. Lincoln, Nebraska, EUA: Graduate College, University of Nebraska. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1078&context=agronhortdiss> [Consulta: 18 marzo 2016].

126) Reed JD, Krueger C, Rodríguez G and Hanson J. 2000. Secondary Plant Compounds and Forage Evaluation. En: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM (Eds). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing. 20: 433-448

- 127) Roa VM, Muñoz MJ. 2012. Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Rev. MVZ Córdoba* 17(1): 2900-2907.
- 128) Rodríguez FG., Roncallo FB. 2013. Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 14(1): 77-89.
- 129) Romney DL, Gill M. 2000. Intake of forage. En: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM (eds.) *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, 43–62.
- 130) Rosales M & Gill M. 1997. Tree mixtures within integrated farming systems. *Livestock Research for Rural Development*, 9(4).
- 131) Rosales MM. 2000. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, 145-160.
<http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Rosales9.PDF> [Consulta: 04 abril 2015].
- 132) Rubanza, Shem MN, Otsyina R, Bakengesa SS, Ichinohe T, & Fujihara T. 2005. Polyphenolics and tannins effect on in vitro digestibility of selected Acacia species leaves. *Animal Feed Science and Technology* 119: 129-142.
- 133) Rubio VBA. 2011. Crisis mundial y soberanía alimentaria en américa latina. *Revista de economía mundial* 29: 59-85.
- 134) Ruiz BO, Castillo Y, Anchondo A, Rodríguez C, Beltrán R, La O, & Payán J. 2009. Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. *Archivos de Zootecnia* 58 (222): 163-172.
- 135) Russo RO. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 10(3): 241-252.

- 136) Salem AZM, Robinson PH, El-Adawy MM, Hassan AA. 2007. In vitro fermentation and microbial protein synthesis of some browse tree leaves with or without addition of polyethylene glycol. *Animal Feed Science and Technology* 138: 318–330.
- 137) Schofield P, Pitt RE, & Pell AN. 1994. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. *Journal of animal science* 72(11): 2980-2991.
- 138) Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [SAGARPA]. Estadísticas Consumos Nacionales Aparentes 1990-2005. México.
<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estadisticas/Paginas/default.aspx> [Consulta: 15 mar 2015].
- 139) Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [SAGARPA]. 2006. Evaluación de Alianza para el Campo. Morelos. México.
http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/morelos/Documents/Evaluaciones%20Externas/2006/EE_Alianza.pdf
- 140) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [SIAP]. Producción Anual. Producción Pecuaria- Ganadería – Población ganadera. México.
<http://www.siap.gob.mx/ganaderia-produccion-anual/> [Consulta: 15 mar 2015].
- 141) Simbaya J. 2002. Potential of fodder tree/shrub legumes as a feed resource for dry season supplementation of smallholder ruminant animals. Development and field evaluation of animal feed supplementation packages. *Animal Production and Health Section*. 69-76.
- 142) Singh S, Anele UY, Edwards B, Südukum KH. 2013. *In vitro* ruminal dry matter degradability, microbial efficiency, short chain fatty acids, carbohydrate and protein fractionation of tropical grass-multipurpose tree species diets. *Livestock Science*. 160: 45-51.
- 143) Solorio SFJ, Bacab PH, Castillo CJB, Ramírez AL, Casanova LF, & Mérida I. 2009. Potencial de los sistemas silvopastoriles en México. En: *II Congreso sobre*

sistemas silvopastoriles intensivos en camino hacia núcleos de ganadería y bosques. Morelia, México: Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán–UADY. <http://www.siac.org.mx/tecno/8mich.pdf> [Consulta: 01 abril 2015].

144) Sossa CP y Barahona R. 2015. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 62(1): 67-80.

145) Sotelo A y López GS. 2007. Content of Nutrient and Antinutrient in Edible Flowers of Wild Plants in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition* 62:133-138.

146) Sotelo A, Migliaro P, Toledo A and Contreras J. 1999. Chemical composition, digestibility and antinutritional factors content of two wild legumes: *Styphonolobium burseroides* and *Acacia bilimekii*. *Plant Foods for Human Nutrition* 54: 59-65.

147) Szott L., Ibrahim M. & Beer J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. (Serie técnica. Informe técnico No. 313). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 71 p.

148) Toledo AA. 2000. *Evaluación del valor nutricio y contenido de tóxicos y factores antinutricionales en la semilla de Tehuistle* (TPJ) [Tesis de Licenciatura]. D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.

149) Torres TF. 2010. Rasgos perennes de la crisis alimentaria en México. *Estudios sociales* 18(36): 126-154

150) Vadiveloo J. 1985. The nutritive value of *Leucaena leucocephala*. *Proceedings of 9th Annual Conference MSAP*. Malaysia. 82-92.

151) Valadez JAV, Ocampo RJ, Martínez RC, Caciano RT, & González MR. 2012. Potencial Productivo y Cambio de Uso de Suelo en Poblaciones de Mezquite (*Prosopis spp*) del Norte – Centro de México. *Recursos Forestales – AGROFAZ* 12(3): 89-98.

- 152) Velázquez AJ, González M, Perezgrovas R, Bórquez J, & Domínguez I. 2011. Producción, digestibilidad y rentabilidad en corderos de dietas con vainas de *Acacia farnesiana*. *Archivos de zootecnia* 60(231), 479-488.
- 153) Vergara LJ, Rodríguez PA, Navarro C y Atencio A. 2006. Efecto de la suplementación con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) sobre la degradabilidad ruminal del pasto alemán (*Echinochloa polystachya* H.B.K. Hitch) *Revista Científica, FCV-LUZ* 16(6): 642 – 647.
- 154) Waghorn G. 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production – progress and challenge. *Animal feed science and technology* 147: 116-139.
- 155) Waghorn GC, Reed JD and Ndlovu. 1998. Condensed Tannins and Herbivores Nutrition. *Proceedings of the 18th International Grassland Congress*. 3: 153-166.
- 156) Waghorn GC, Ulyatt MJ, John A and Fisher MT. 1987. The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus* L. *British journal of nutrition* 57(1): 115-126.
- 157) Waghorn GC. 1990. Effect of Condensed Tannin on Protein Digestion and Nutritive Value of Fresh Herbage. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 18: 412-415.
- 158) Wilkins RJ. 2000. Forage and Their Role in Animal Systems. En: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM (eds). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing. 1: 14.
- 159) Williams WL, Tedeschi LO, Kononoff PJ, Callaway TR, Dowd SE, Karges K, and Gibson ML. 2010. Evaluation of *in vitro* gas production and rumen bacterial populations fermenting corn milling (co)products. *Journal of Dairy Science* 93: 4735–4743.

9. ANEXOS.

9.1. Técnica de producción de gas *in vitro*.

La preparación del medio se realiza de acuerdo a Menke y Steingass (1988). El medio consiste en cinco soluciones, preparadas individualmente tres días antes de la incubación, y se almacenaron a 4° C; con excepción de la solución reductora que se preparó el mismo día. El medio requerido se mezcla el día de inicio, previo a la colecta de líquido ruminal.

Solución de Elementos Traza (por 100ml de agua destilada)

13.2 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

10.0 g $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

1.0 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

0.8 g $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Solución Amortiguadora (por 100 ml de agua destilada)

35.0 g NaHCO_3

4.0 g $(\text{NH}_4) \text{HCO}_3$

Solución de Elemento Principales por 1000 ml de agua destilada)

5.7 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

6.2 g KH_2PO_4

0.6 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Solución de Resarzurina (por 100ml de agua destilada)

100 mg de Resarzurina

Solución Reductora (en 50 ml de agua destilada)

2.1 ml NaOH 1N

300 mg $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Se prepararon las cantidades necesarias y el día de inicio se mezclaron las soluciones de acuerdo al número de muestras a analizar. El medio se mezcló y se burbujeó con CO₂ hasta cambiar a un color casi transparente; el tiempo fue de 30 minutos aproximadamente.

Se agregaron 90 ml del medio en cada botella y se colocaron a 39° C durante 60 minutos; posteriormente se añadieron 10 ml de líquido ruminal por frasco.

Consideraciones:

- El líquido ruminal se colectó en recipientes evitando la entrada de aire, se filtró con manta de cielo. En el laboratorio, se homogenizó y se calentó para mantener la temperatura a 39° C, además de burbujearlo con CO₂ durante 20 minutos; se adicionó a las botellas deslizándolo a través de las paredes.
 - El manejo del líquido ruminal debe realizarse durante la hora inmediata a la colección del mismo.
- Las botellas fueron puncionadas en el mismo orden durante cada una de las lecturas, se registraba la lectura de presión obtenida; las muestras siempre estuvieron incubadas a 39° C.
- Al término de la incubación (96 horas), las soluciones se filtraron a través de crisoles gooch con poro N° 1, con ayuda de una bomba de vacío.
- Los crisoles con el contenido residual se metieron a estufa a 105° C durante 48 horas, con la finalidad de determinar la MS; luego se introdujeron a una mufla a 450° C durante 4 horas, para determinar cenizas y calcular, por diferencia, la MO.

Cuadro 32. ml de las soluciones para preparar 1lt de medio		
	<i>Soluciones</i>	<i>Para 1000 ml de medio</i>
1	Agua destilada	520.2 ml
2	Amortiguadora	208.1 ml
3	Elementos Principales	208.1 ml
4	Elementos Traza	0.104 ml
5	Resarzurina	1.0 ml
6	Reductora	62.4 ml

9.2. Degradabilidad *in vitro* de FDN.

Posterior a las 96 horas, los frascos se almacenan a 4° C, con la finalidad de detener la fermentación. El contenido se cambia de frasco y se enjuaga con 50 ml de solución de FDN, teniendo en total 150 ml; posteriormente se colocan en una autoclave a 105° C durante 60 minutos.

Solución de FDN (para 500 ml de agua destilada)

9.3 g EDTA

3.4 Na₂B₄O₇ • 10H₂O

15 g Lauril Sulfato de Sodio

5.0 ml 2 – Etoxietanol

2.28 g Fosfato disodio (Anhidro)

Consideraciones.

- La solución se disuelve con calor, el fosfato disodio (anhidro), se disuelve en 200 ml de agua, una vez disuelto se incorpora a los demás componentes.
- Al término de la incubación en la autoclave (60 minutos), las botellas se dejan enfriar. Para filtrar el residual a través de crisoles gooch con poro N° 1, con ayuda de una bomba de vacío.

- Los crisoles con el contenido residual se metieron a una estufa (105° C) durante 48 horas, con la finalidad de determinar MS; y posteriormente se introdujeron a una mufla a 450° C durante 4 horas, para determinar el contenido de cenizas.

9.3. Determinación de taninos condensados.

La extracción se realizó en acetona al 70 %, se pesan 0.2000 g de la muestra a evaluar, en vasos de precipitado de 50 ml; los cuales se colocan en un baño ultrasónico durante 10 min (2 veces). El extracto se vierte en tubos con tapa y se centrifuga a 3000 rpm durante 10 min.

Solución de Butanol (para 100 ml)

95.0 ml Butanol-N

5.0 ml HCl

Solución de Hierro (por 100 ml de agua destilada)

16.6 ml HCl

2.0 g Sulfato Férrico

En tubos de ensaye se colocan 0.5 ml del sobrenadante del extracto, se le adiciona 3 ml de la solución de butanol y 0.1 ml de la solución de hierro. Se mezcla con ayuda de un vortex. Una vez mezclado, se coloca en un baño seco durante 60 minutos a 97 – 100° C. Se lee la absorbancia a 550 nm.

La lectura de la absorbancia se sustituye en la siguiente fórmula:

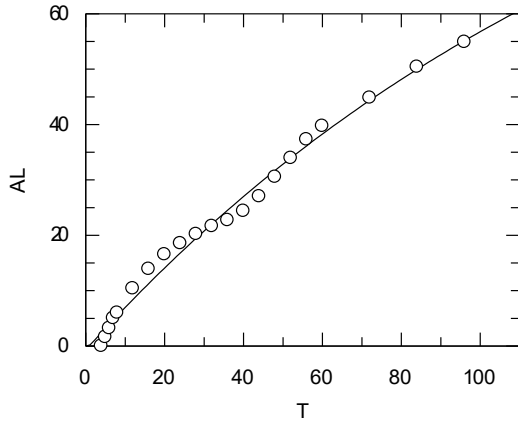
$$\%TC = \frac{(Abs * 78.26 * FactDil)}{\%MS}$$

Consideraciones.

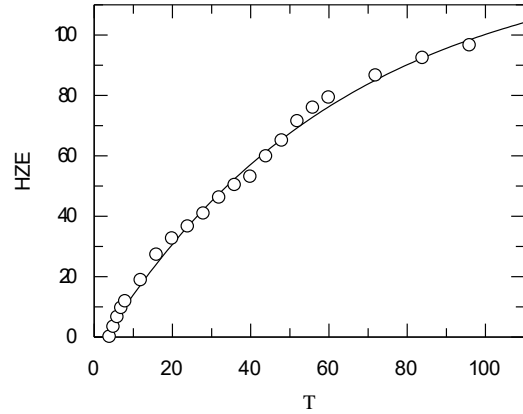
- Es importante que la temperatura del baño en seco no exceda los 100° C, ya que, de lo contrario, el resultado se verá afectado debido a la volatilización de los taninos.

9.4. Curvas de Fermentación *in vitro*.

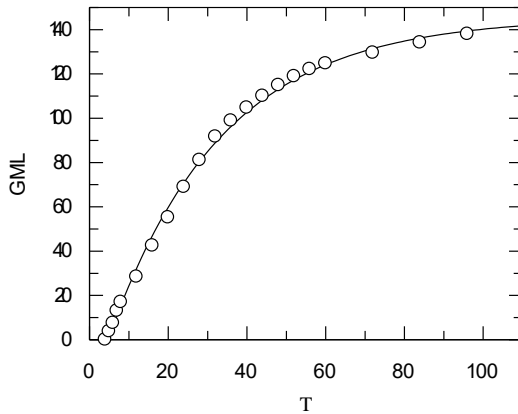
A continuación, se muestran las curvas obtenidas por los tratamientos.



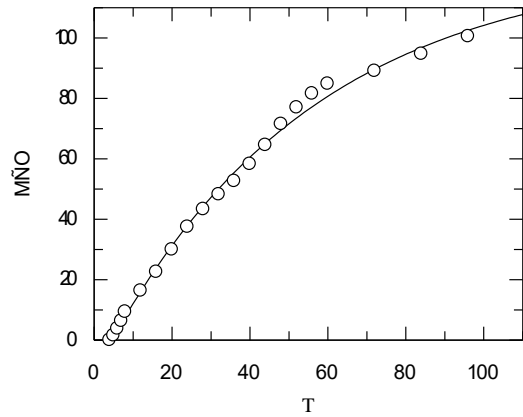
Gráfica 1 Aile. *Alnus acuminata*.



Gráfica 3. Huizache. *Acacia farnesiana*.



Gráfica 2 Guamúchil. *Pithecellobium dulce*.



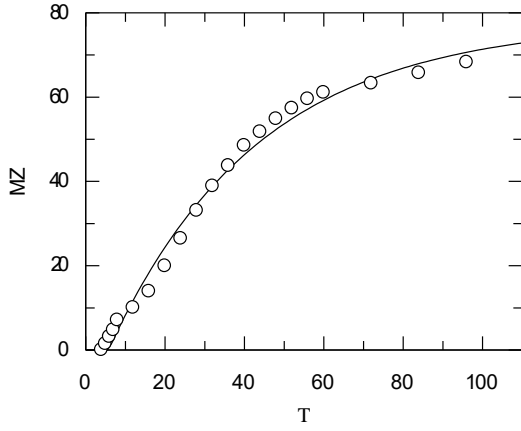
Gráfica 4. Madroño. *Arbutus xalapensis*.

HZE

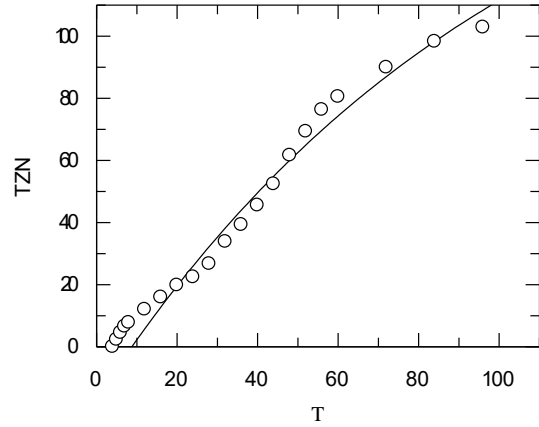
Curve 1

MÑO

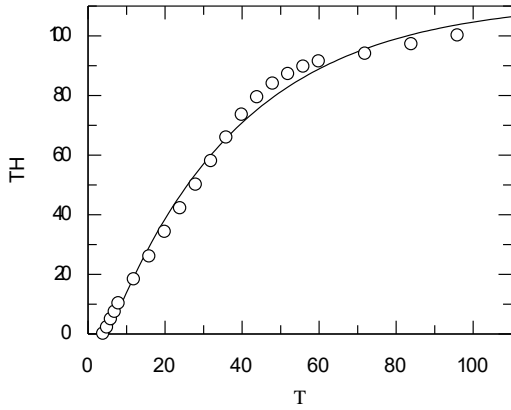
Curve 1



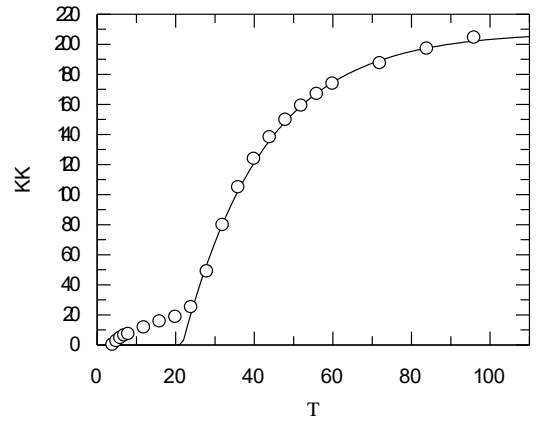
Gráfica 5. Mezquite. *Prosopis juliflora*.



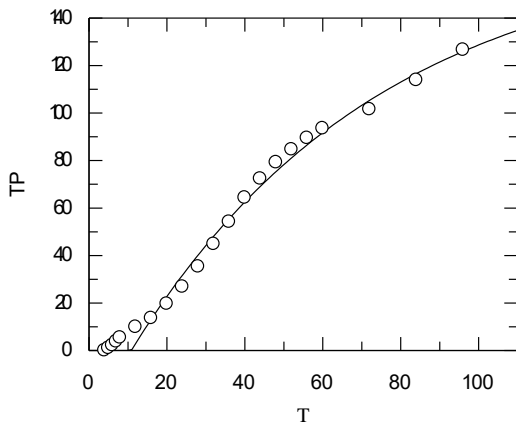
Gráfica 8. Tepozán. *Buddleia cordata*.



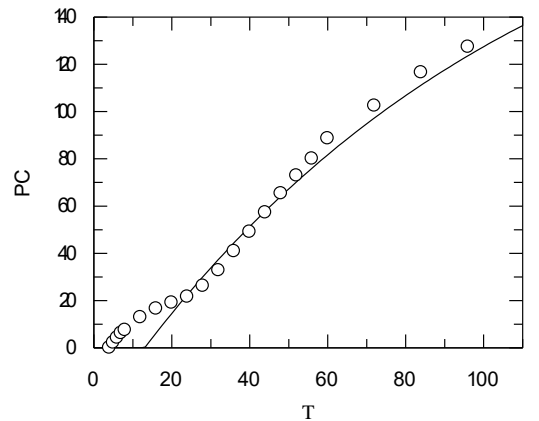
Gráfica 6. Tehuiztle. *Acacia bilimekii*



Gráfica 9. Kikuyo. *Pennisetum clandestinum*.



Gráfica 7. Tepeguaje. *Lysiloma acapulcensis*.



Gráfica 10. Punta de Caña. *Saccharum officinarum*.

TZN

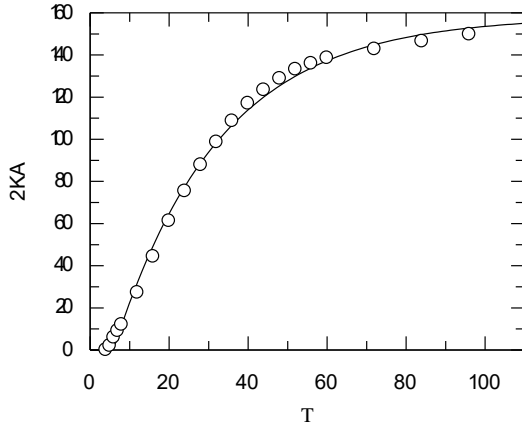
Curve 1

KK

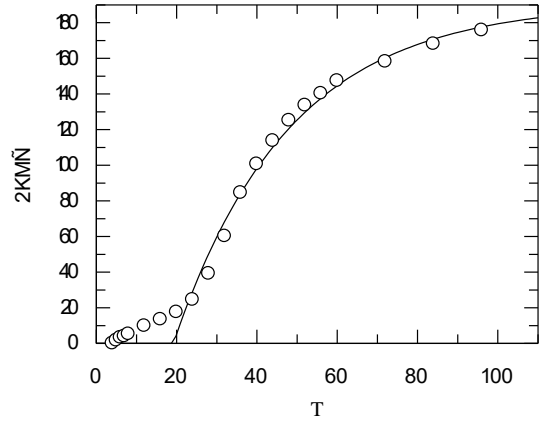
Curve 1

PC

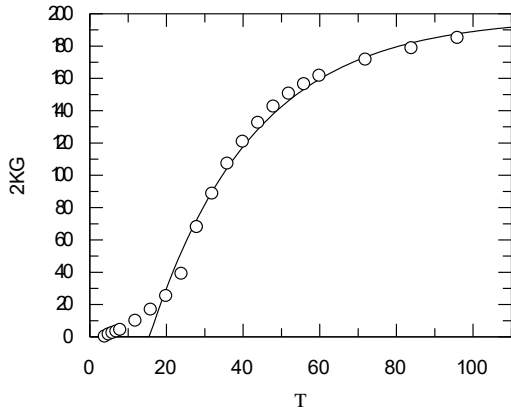
Curve 1



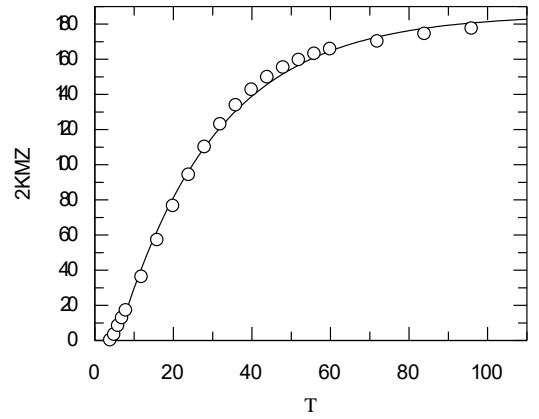
Gráfica 11. 25% Aile: 75% Kikuyo



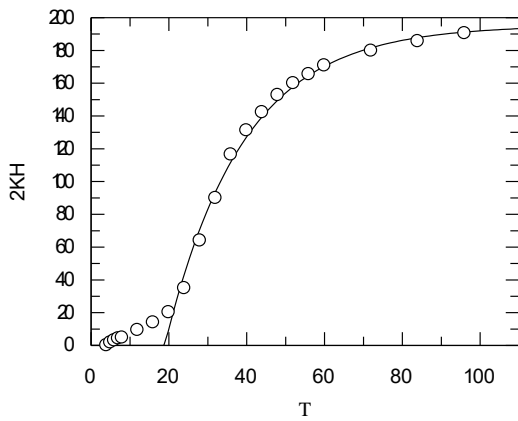
Gráfica 14. 25% Madroño: 75% Kikuyo



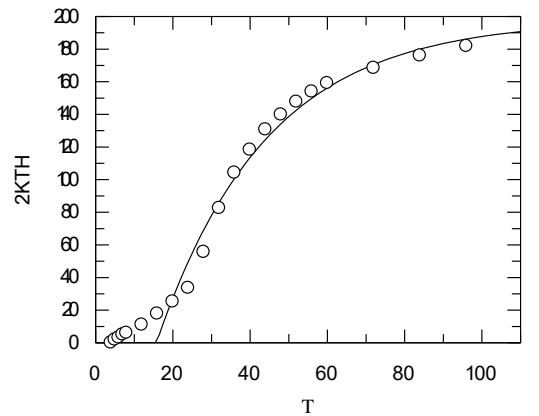
Gráfica 12. 25% Guamúchil: 75% Kikuyo



Gráfica 15. 25% Mezquite: 75% Kikuyo



Gráfica 13. 25% Huizache: 75% Kikuyo



Gráfica 16. 25% Tehuiztle: 75% Kikuyo

2KMÑ

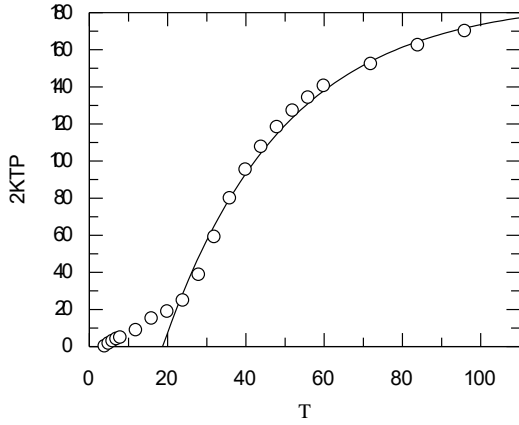
Curve 1

2KMZ

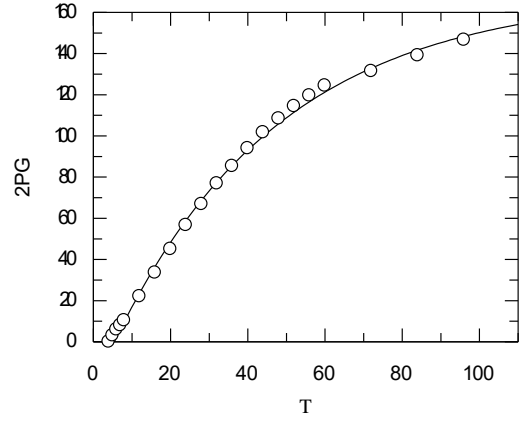
Curve 1

2KTH

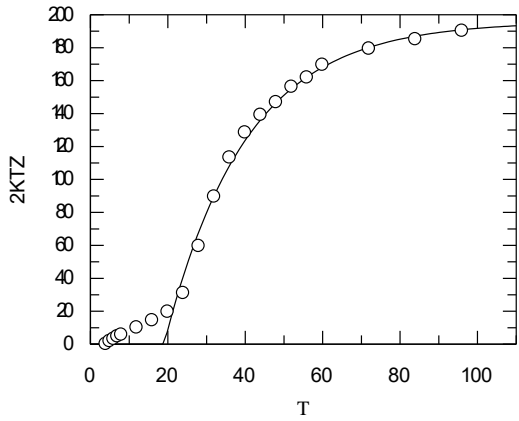
Curve 1



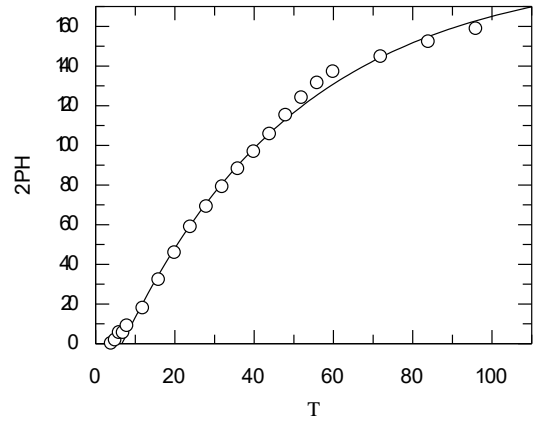
Gráfica 17. 25% Tepeguaje: 75% Kikuyo



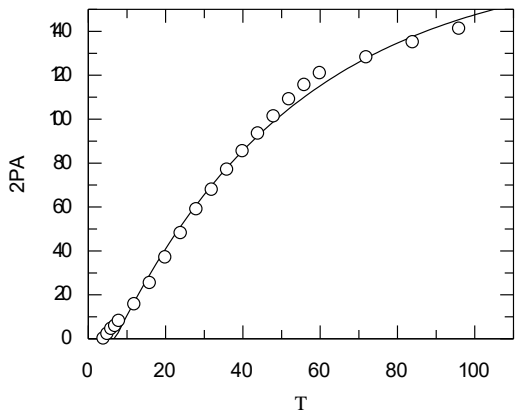
Gráfica 20. 25% Guamúchil: 75% Punta de caña



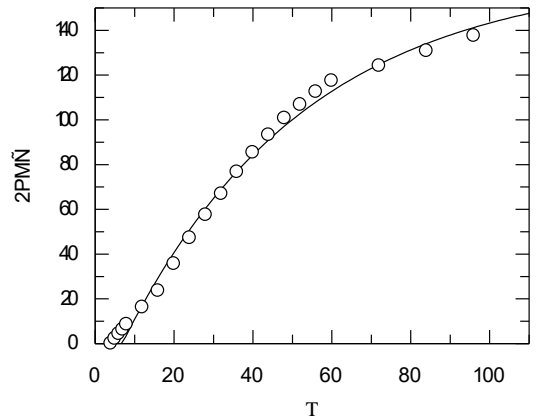
Gráfica 18. 25% Tepozán: 75% Kikuyo



Gráfica 21. 25% Huizache: 75% Punta de caña



Gráfica 19. 25% Aile: 75% Punta de caña



Gráfica 22. 25% Madroño: 75% Punta de caña

2PG

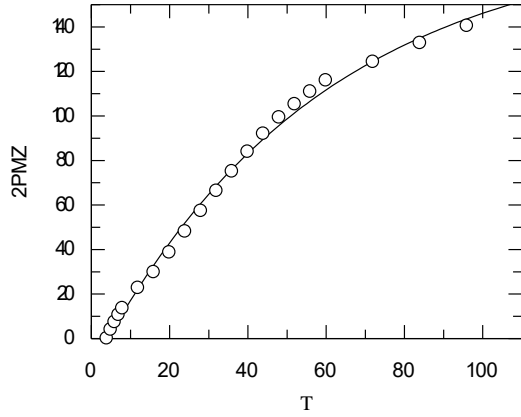
Curve 1

2PH

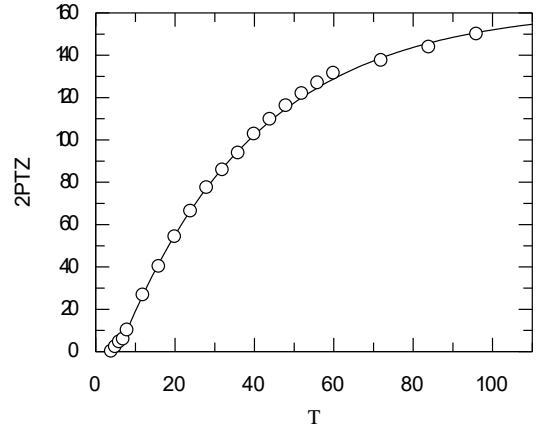
Curve 1

2PMÑ

Curve 1



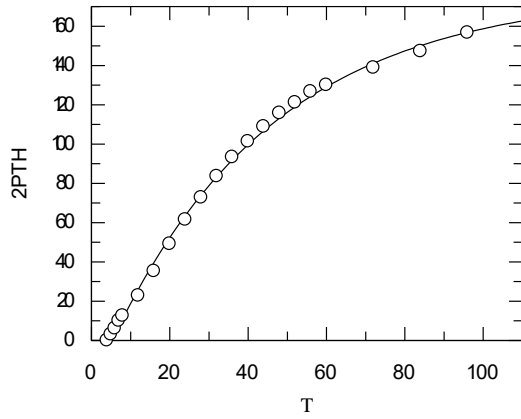
Gráfica 23. 25% Mezquite: 75% Punta de caña



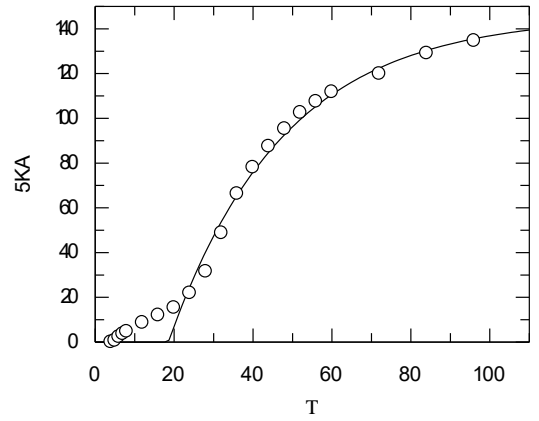
Gráfica 26. 25% Tepozán: 75% Punta de caña

2PTZ

Curve 1



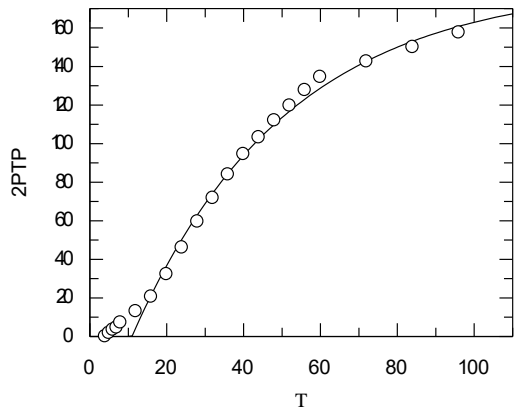
Gráfica 24. 25% Tehuiztle: 75% Punta de caña



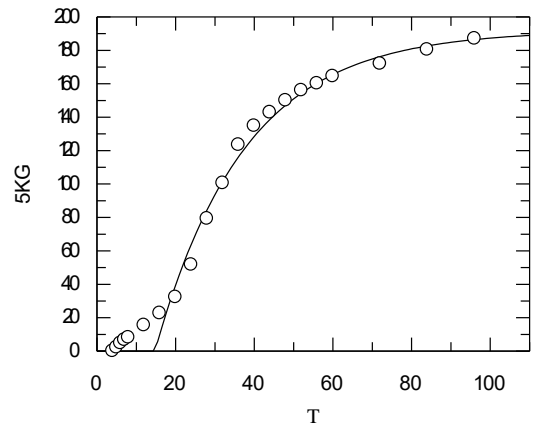
Gráfica 27. 50% Aile: 50% Kikuyo

5KA

Curve 1



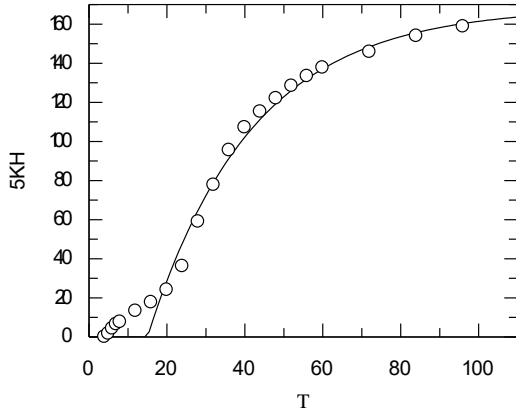
Gráfica 25. 25% Tepeguaje: 75% Punta de caña



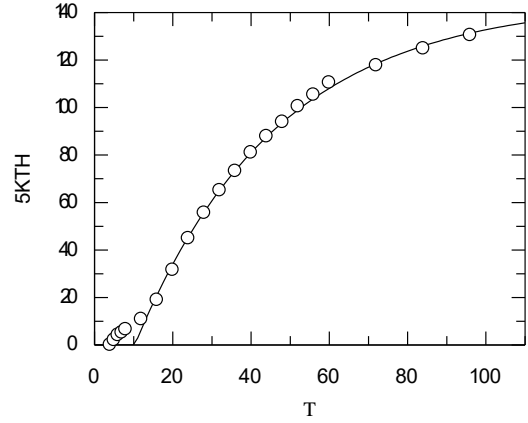
Gráfica 28. 50% Guamúchil: 50% Kikuyo

5KG

Curve 1



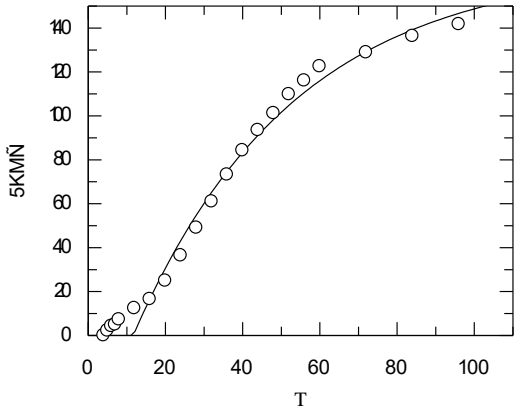
Gráfica 29. 50% Huizache: 50% Kikuyo



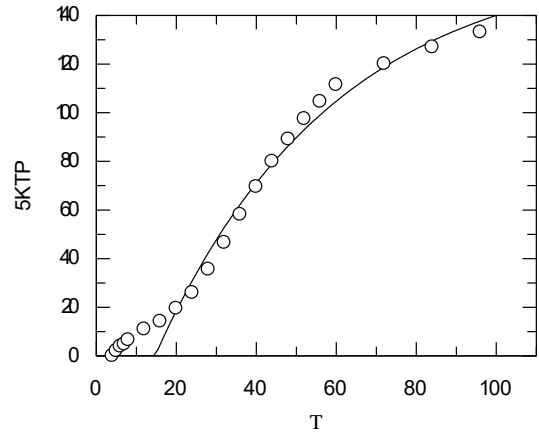
Gráfica 32. 50% Tehuiztle: 50% Kikuyo

5KTH

Curve 1



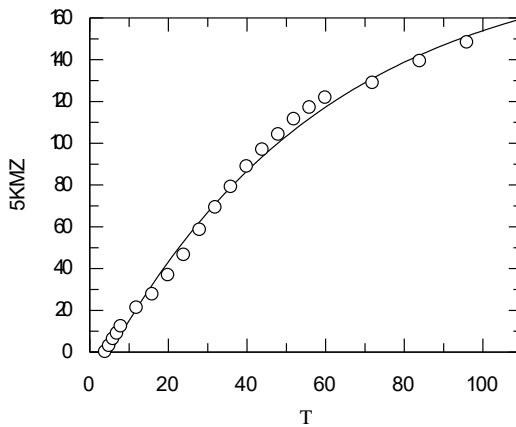
Gráfica 30. 50% Madroño: 50% Kikuyo



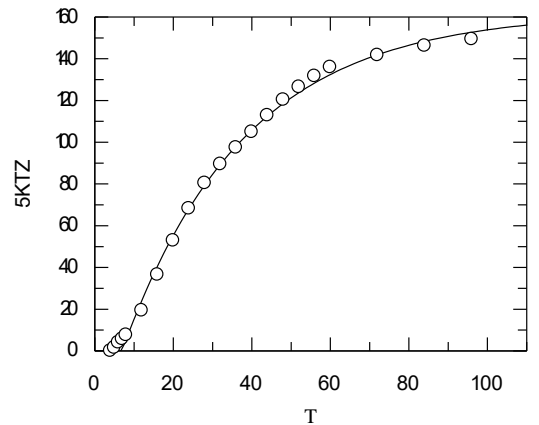
Gráfica 33. 50% Tepeguaje: 50% Kikuyo

5KTP

Curve 1



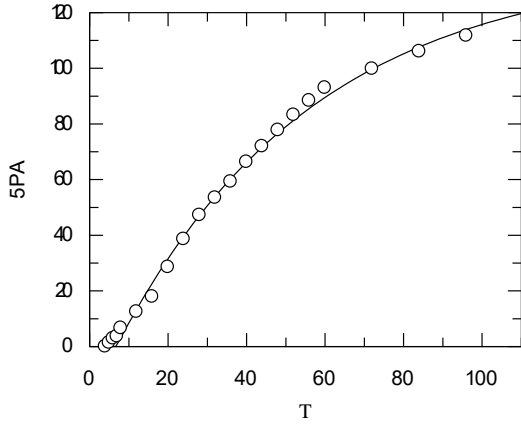
Gráfica 31. 50% Mezquite: 50% Kikuyo



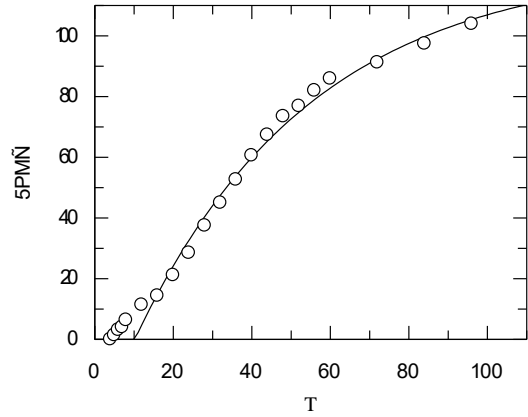
Gráfica 34. 50% Tepozán: 50% Kikuyo

5KTZ

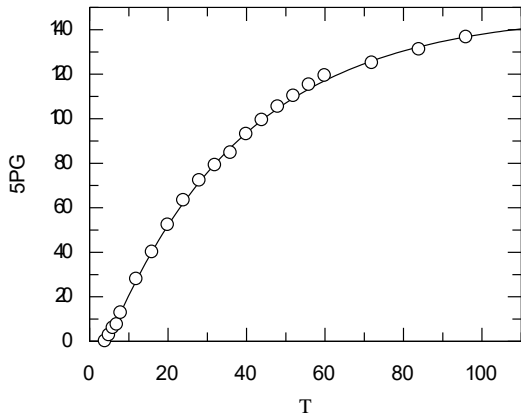
Curve 1



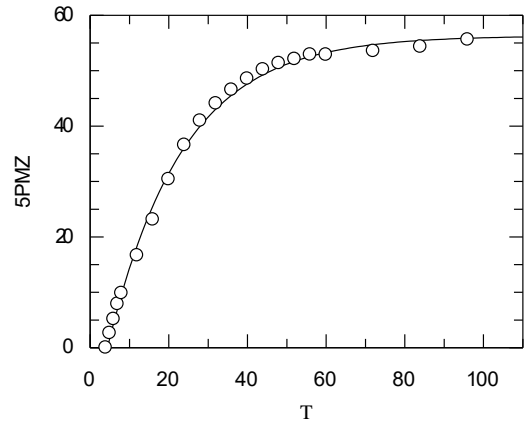
Gráfica 35. 50% Aile: 50% Punta de Caña



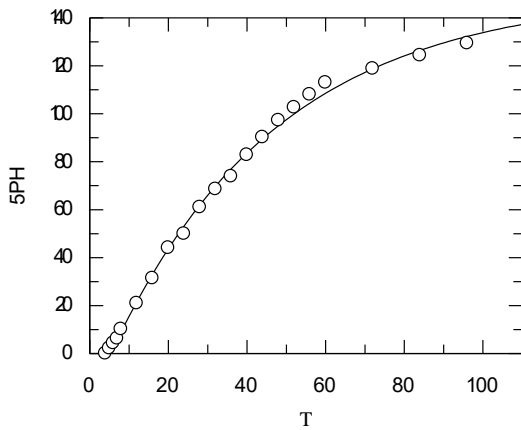
Gráfica 38. 50% Madroño: 50% Punta de Caña



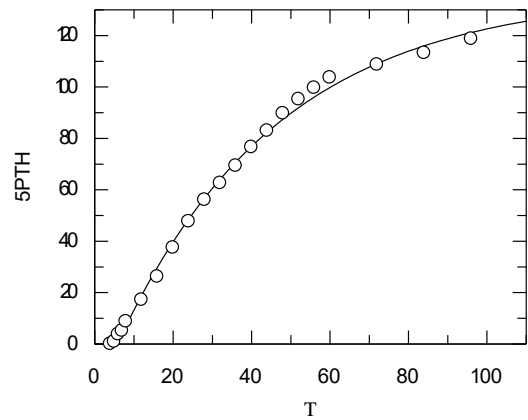
Gráfica 36. 50% Guamúchil: 50% Punta de Caña



Gráfica 39. 50% Mezquite: 50% Punta de Caña



Gráfica 37. 50% Huizache: 50% Punta de Caña



Gráfica 40. 50% Tehuiztle: 50% Punta de Caña

5PMÑ

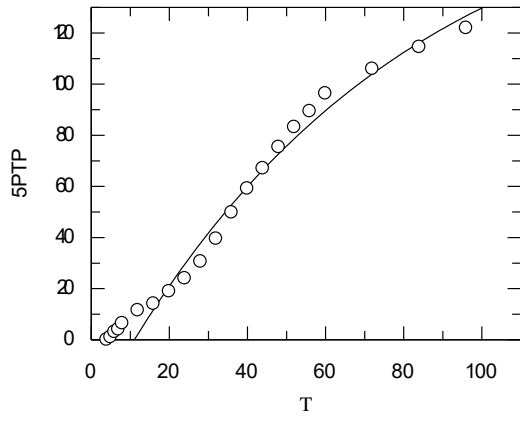
Curve 1

5PMZ

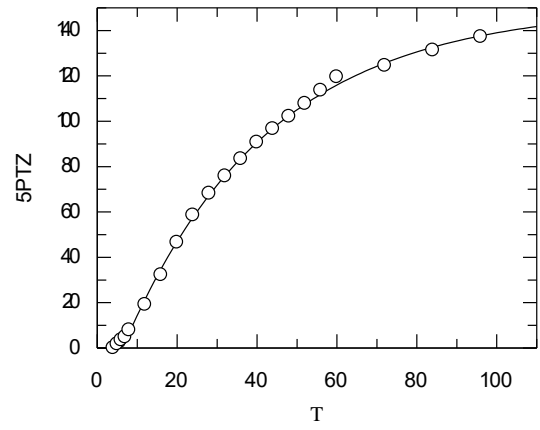
Curve 1

5PTH

Curve 1



Gráfica 41. 50% Tepeguaje: 50% Punta de Caña



Gráfica 42. 50% Tepozán: 50% Punta de Caña

5PTZ

Curve 1