



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA**

CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES  
EN LA ÉPOCA DE LLUVIA DEL FOLLAJE DE  
MIMOSA (*Acacia saligna*), TEJOCOTE (*Crataegus pubescens*), COSTILLA  
DE VACA (*Atriplex nummularia*) Y PALO DULCE (*Eysenhardtia  
polystachya*) EN EL ESTADO DE MÉXICO.

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**MONSERRAT MALDONADO BELLO**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX**

**2017**



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.

**ESTE TRABAJO FUE REALIZADO CON EL APOYO DEL PROGRAMA UNAM-DGAPA-PAPIME  
PE 207714**

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** JUAN DIEGO ORTÍZ PALMA PÉREZ  
**VOCAL:** INÉS MIRANDA MARTINEZ  
**SECRETARIO:** DENEBA CAMACHO MORFÍN  
**1ER. SUPLENTE:** ILIANA ELVIRA GONZÁLEZ HERNÁNDEZ  
**2º SUPLENTE:** ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Laboratorio de Bromatología, en la Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán,  
Campo 4, UNAM.

**ASESOR DEL TEMA:**

DENEBA CAMACHO MORFÍN

**SUSTENTANTE:**

MONSERRAT MALDONADO BELLO

# Índice

	Página
Glosario	1
Resumen	3
1. Introducción	4
2. Hipótesis	5
3. Objetivos	5
3.1 Objetivo general	
3.2 Objetivos específicos	
4. Marco teórico	6
4.1 El valor nutritivo de los alimentos de consumo animal	6
4.2 Factores que influyen en las características nutricionales de los forrajes	6
4.3 Evaluación de las características nutricionales de forrajes	6
4.3. 1 Factores tóxicos y antinutricionales	7
4.3. 2 Análisis químico proximal	7
4.1.3 Sistema de Van Soest	10
4.3.4 Digestibilidad <i>in vitro</i>	11
4.3.5 Energía	11
4.4 Especies estudiadas	12
4.4.1 <i>Crataegus pubescens</i>	12
4.4.2 <i>Eysenhardtia polystachya</i>	12
4.4.3 <i>Acacia saligna</i>	13
4.4.4 <i>Atriplex nummularia</i>	13
5. Materiales y métodos	
5.1 Ubicación y características del área de recolección	14
5.2 Recolección de las muestras y etapa fenológica	14
5.3 Preparación de las muestras	14
5.4 Evaluación de las características nutricionales	15

5.4.1 Factores tóxicos y antinutricionales	15
5.4.1.1 Preparación del extracto	
5.4.1.2 Tamizaje fitoquímico	
5.4.2 Análisis químico proximal (AQP)	16
5.4.3 Sistema de Van Soest	16
5.5 Digestibilidad <i>in vitro</i>	16
5.6 Energía digestible y metabolizable	16
5.7 Diseño experimental y análisis estadístico	17
6. Resultados y discusión	18
6.1 Factores tóxicos y antinutricionales	18
6.2 Análisis químico proximal	21
6.3 Sistema de Van soest	23
6.4 Digestibilidad <i>in vitro</i>	27
6.5 Energía	29
7. Conclusiones	30
8. Bibliografía	31
9. Anexos	37

## Lista de abreviaciones

<b>AQP</b>	Análisis químico proximal
<b>DIVMS</b>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca
<b>DIVMO</b>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica
<b>ED</b>	Energía digestible
<b>EDTA</b>	Ácido etilendiaminotetraacético
<b>EE</b>	Extracto etéreo
<b>ELN</b>	Extracto libre de nitrógeno
<b>EM</b>	Energía metabolizable
<b>FDA</b>	Fibra detergente ácido
<b>FDN</b>	Fibra detergente neutro
<b>LDA</b>	Lignina detergente ácido
<b>PC</b>	Proteína cruda
<b>TND</b>	Total de nutrientes digestibles

## Índice de cuadros

Cuadro	Descripción	Página
4.1	Importancia y determinación de algunos factores tóxicos y antinutricionales	8
4.2	Fundamento de las técnicas del análisis químico proximal	9
4.3	Composición química en base seca del forraje de <i>Acacia saligna</i> y <i>Atriplex nummularia</i>	13
6.1	Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Mimosa ( <i>Acacia saligna</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.	18
6.2	Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Costilla de vaca ( <i>Atriplex nummularia</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.	19
6.3	Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Palo dulce ( <i>Eysenhardtia polystachya</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.	20
6.4	Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.	20
9.1	Composición químico proximal de tallos y hojas de Mimosa ( <i>Acacia saligna</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca.	46
9.2	Composición químico proximal de tallos y hojas de Costilla de vaca ( <i>Atriplex nummularia</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	46
9.3	Composición químico proximal de tallos y hojas de Palo dulce	47

	( <i>Eysenhardtia polystachya</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia 2015, expresados en base seca	
9.4	Composición química proximal de tallos y hojas de Tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	47
9.5	Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Mimosa ( <i>Acacia saligna</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	48
9.6	Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Costilla de vaca ( <i>Atriplex nummularia</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia en 2015, expresados en base seca	48
9.7	Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Palo dulce ( <i>Eysenhardtia polystachya</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	49
9.8	Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	49
9.9	Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Mimosa ( <i>Acacia saligna</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	50
9.10	Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Costilla de vaca ( <i>Atriplex nummularia</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	50

9.11	Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Palo dulce ( <i>Eysenhardtia polystachya</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca.	51
9.12	Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca	51
9.13	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de proteína cruda como variable dependiente.	52
9.14	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de extracto etéreo como variable dependiente	52
9.15	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de cenizas como variable dependiente	53
9.16	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de FDN como variable dependiente	53
9.17	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de FDA como variable dependiente	54
9.18	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de LDA como variable dependiente	54
9.19	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca como variable dependiente	55
9.20	Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica como variable dependiente	55

## Índice de figuras

Figura	Descripción	Página
4.1	Método de Van Soest para fraccionar las fibras de los alimentos	10
6.1	Proteína cruda de hojas de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	21
6.2	Proteína cruda de tallos de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	22
6.3	Fibra detergente neutro de hojas de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	23
6.4	Fibra detergente neutro de tallos de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	24
6.5	Fibra detergente ácido de hojas de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	24
6.6	Fibra detergente ácido de tallos de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas	25

	forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	
6.7	Lignina detergente ácido de hojas de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	26
6.8	Lignina detergente ácido de tallos de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	27
6.9	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de hojas de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	27
6.10	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de tallos de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	28
6.11	Energía metabolizable de tallos y hojas de <i>Acacia saligna</i> , <i>Atriplex nummularia</i> , <i>Eysenhardtia polystachya</i> y <i>Crataegus pubescens</i> colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.	28
9.1	<i>Atriplex nummularia</i> . Primer muestreo, 31 de agosto, 2015	37
9.2	<i>Acacia saligna</i> . Primer muestreo, 31 de agosto, 2015	37
9.3	<i>Crataegus pubescens</i> . . Primer muestreo, 31 de agosto, 2015	38
9.4	<i>Eysenhardtia polystachya</i> . Primer muestreo, 31 de agosto, 2015	38

9.5	<i>Atriplex nummularia</i> . Segundo muestreo, 18 de septiembre, 2015	39
9.6	<i>Acacia saligna</i> . Segundo muestreo, 18 de septiembre, 2015	39
9.7	<i>Crataegus pubescens</i> . Segundo muestreo, 18 de septiembre, 2015	40
9.8	<i>Eysenhardtia polystachya</i> . Segundo muestreo. 18 de septiembre, 2015	40
9.9	<i>Atriplex nummularia</i> . Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015	41
9.10	<i>Acacia saligna</i> . Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015	41
9.11	<i>Crataegus pubescens</i> . Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015	42
9.12	<i>Eysenhardtia polystachya</i> . Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015	42
9.13	Preparación de las muestras para el tamizaje fitoquímico	43
9.14	Comparación de resultados a la determinación de glucósidos cianogénicos.	43
9.15	Resultados de la determinación de taninos condensados.	43
9.16	Resultado de la determinación de nitritos.	44
9.17	Determinación de alcaloides.	44
9.18	Determinación de nitratos.	45
9.19	Formación de espuma en la prueba de saponinas-	45

# Glosario

**Alimentación:** La alimentación se define como las formas en que un ser vivo obtiene los nutrientes que le son indispensables.

**Celulosa:** Polisacárido formado por glucosa ligada por enlaces beta 1,4., resistente a la hidrólisis de enzimas digestivas.

**Energía digestible:** Energía de un alimento menos la energía fecal.

**Energía metabolizable:** Resultado de la resta de la energía digestible menos la pérdida de energía por la producción de metano en el rumen y la pérdida de energía en la orina.

**Fibra Detergente Ácido:** Residuo insoluble resultante del tratamiento de una muestra de forraje con bromuro de cetil metil amonio y  $H_2SO_4$ .

**Fibra Detergente Neutro:** Residuo insoluble del tratamiento de un forraje con Lauril sulfato de sodio y EDTA.

**Forraje:** Son productos herbáceos, de gran volumen, caracterizados por tener un elevado contenido de fibra.

**Hemicelulosa:** Polisacárido soluble en soluciones básicas, capaz de unirse a la celulosa por medio de puentes de hidrógeno. Conformar la pared celular.

**Hoja:** Órgano laminar de una planta, especializado en realizar la fotosíntesis.

**Lignina Detergente Ácido:** Residuo insoluble resultante del tratamiento de una muestra de forraje con  $H_2SO_4$  al 72%.

**Lignina:** Polímero de alcoholes de hidroxicinamil, no disponible biológicamente. Da rigidez a la pared celular.

**Metabolito secundario:** Sustancia química producida por el organismo que no está involucrada en las rutas metabólicas que sostienen la vida.

**Rama comestible:** Fracción comestible de un arbusto forrajero, de color verde y 6mm de grosor máximo, que incluye hojas y tallos comestibles.

**Rumiantes:** Mamíferos herbívoros que poseen un estómago de estructura compleja compuesto por varios compartimentos, que usa los forrajes como principal alimento.

**Tallo:** Órgano de la planta formado por un sistema de nudos donde se unen las hojas.

**Tamizaje fitoquímico:** Es una de las etapas iniciales de la investigación fitoquímica, que permite determinar cualitativamente los principales grupos químicos presentes en una planta y a partir de allí, orientar la extracción y cuantificación de los grupos de mayor interés.

**Valor nutritivo:** El valor nutritivo de un alimento para consumo animal está conformado por la composición química, la digestibilidad y el consumo.

# Resumen

En el Estado de México se han reportado alrededor de 150 especies leñosas (Gobierno del Estado de México, 2009) entre las que se encuentran árboles y arbustos que desarrollan un papel importante en el ecosistema de la zona, pues son un latente recurso de explotación considerando entre los diversos factores, su capacidad de ser utilizadas en la reforestación, con el fin de equilibrar el ecosistema y aprovechar la flora nativa del estado no solo como fuente de madera y sombra, sino utilizar el forraje en la alimentación animal.

La inclusión de leñosas en la alimentación animal no es nueva, es utilizada en sistemas de pastoreo, pero, si se pretende optimizar su utilización, es necesario conocer el valor nutritivo de la muestra en cuestión, para conocer las especies y partes morfológicas con mejores características.

Vinculado a eso, en el presente trabajo se evaluó el valor nutritivo de tallos y hojas de las especies Mimosa (*Acacia saligna*), Tejocote (*Crataegus pubescens*), Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) Y Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) en un periodo conformado entre el 31 de agosto del 2015 y el 6 de octubre del 2015. Durante éste lapso, la composición fitoquímica de las especies estudiadas se mantuvo constante, siendo las hojas de *Atriplex nummularia* en las que se identificaron más metabolitos secundarios Se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la composición química de tallos y hojas de las especies en estudio. Las hojas de *Atriplex nummularia* posee mejores porcentajes de digestibilidad, energía y proteína, mientras los tallos de *Acacia saligna* poseen los valores más bajos.

# 1. Introducción

En el área de la alimentación animal, un conjunto de especialistas realizan trabajo interdisciplinario con el fin de aprovechar de manera óptima los recursos de los que pueden valerse.

La química resulta ser un componente primordial que permite conocer las características de los alimentos, a través no sólo de las determinaciones en el laboratorio, sino también del montaje y adaptación de técnicas que proporcionen un panorama más completo de las características nutricionales de cada producto y así lograr tomar decisiones que en conjunto permitan cubrir los requerimientos de cada especie.

En los últimos años, se han estudiado químicamente, especies que crecen en las zonas cálidas y semiáridas de México (Ramírez, *et al.* 2000; Pinto, *et al.* 2010) pero no existe mucha información respecto al valor nutritivo de especies leñosas que crecen en las zonas templadas del país, ni de sus características fitoquímicas, de donde se deriva la importancia de continuar con los estudios. Por ello, en éste proyecto se caracterizó nutricionalmente el follaje de cuatro leñosas con potencial forrajero de las cuales existe poca información. A través de éste estudio se pretende observar la evolución de las características nutricionales conforme avanza el periodo de lluvia, dando así una visión integral del comportamiento no sólo de cada especie, sino también, de la fracción del follaje estudiada.

## 2. Hipótesis

Las características nutricionales en el periodo de lluvia difieren entre tallos y hojas en una misma especie, así como entre etapas fenológicas entre especies.

## 3. Objetivos

### 3.1 Objetivo general

Estudiar los cambios en el valor nutritivo, en la época de lluvia, de cuatro leñosas forrajeras que crecen en el Estado de México.

### 3.2 Objetivos específicos

- ◆ Recopilar información de la etapa fenológica de tallos y hojas de Mimosa (*Acacia saligna*), Tejocote (*Crataegus pubescens*), Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) y Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) en la época de lluvia.
- ◆ Explorar la presencia de factores tóxicos y antinutricionales en tallos y hojas de las especies anteriores.
- ◆ Determinar la composición químico proximal y el sistema de Van Soest de las especies estudiadas.
- ◆ Determinar la digestibilidad de las especies en estudio.

## 4. Marco teórico

### 4.1 El valor nutritivo de los alimentos de consumo animal

En alimentación animal, el término valor nutritivo se emplea para evaluar la calidad de un alimento; se considera que el valor nutritivo contempla cuatro factores: composición química, digestibilidad y el consumo voluntario; sin embargo, se pueden utilizar como indicadores de este concepto los dos primeros (Barnes *et al.*, 2003).

### 4.2 Factores que influyen en las características nutricionales de los forrajes

En las plantas forrajeras el valor nutritivo depende de diversos factores como la especie, la variedad, etapa fenológica, la época del año, parte de la planta, manejo, etapa de crecimiento, frecuencia de corte, suelo y clima (Savón *et al.*, 2005). Los principales factores que afectan la calidad de un forraje son la madurez y las condiciones climáticas, pues conforme la planta crece, la cantidad de componentes fibrosos incrementa, aumentando a su vez el porcentaje de fibra, fracción que es indigerible al actuar como una barrera para la degradación microbiana de la fibra (Newman *et al.* 2006)

### 4.3 Evaluación de las características nutricionales de los forrajes

Los forrajes poseen una mezcla de características físicas y químicas que determinan su calidad y accesibilidad a los nutrientes que la misma posee. Para conocer la calidad de un forraje, es necesario determinar la cantidad de proteína, digestibilidad, composición fibrosa y la energía. Los estudios de composición química y las pruebas de degradación ruminal son algunas de las herramientas

para decidir sobre el uso de especies leñosas, dependiendo de su contenido de nutrimentos así como de su potencial de degradación ruminal. (Avilés *et al.* 2007)

#### **4.3.1. Factores tóxicos y antinutricionales**

Entre los estudios a realizar para conocer el valor nutricional de un forraje, se encuentra la determinación de la presencia de metabolitos secundarios, dados sus efectos sensoriales y fisiológicos en los animales. Los metabolitos secundarios son compuestos químicos producidos por las plantas, que pueden afectar la aceptabilidad animal, inhibir la digestión al afectar la actividad catalítica de algunas enzimas, producir efectos tóxicos, hasta limitar la absorción de los alimentos. El estudio de los factores tóxicos y antinutricionales en forrajes se ha dirigido hacia aquellos con mayor distribución en la naturaleza (cuadro 4.1) y mayor repercusión fisiológica (García,2004), para lo cual, se utiliza el tamizaje fitoquímico para, a partir de una solución, separar los metabolitos secundarios con base en su solubilidad, para lograr su detección.

#### **4.3.2 Análisis químico proximal**

El análisis químico proximal fue desarrollado en la estación experimental de Weende, en Alemania, hace aproximadamente un siglo (Greenfield *et al.*, 2003). También denominado análisis inmediato, éste sistema se diseñó para obtener una clasificación amplia de los alimentos dirigidos al consumo animal, en base a la cuantificación de los macronutrientes que los componen. El sistema consiste en la determinación analítica de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (ELN). El fundamento de las técnicas oficiales se presenta en el cuadro 4.2

Cuadro 4.1 Importancia y determinación de algunos factores tóxicos y antinutricionales

Factor	Importancia	Determinación
Taninos condensados	La cantidad de grupos hidroxilo que poseen los taninos los hace muy reactivos, dada la capacidad de formar puentes de hidrógeno especialmente con las proteínas, formando complejos de baja digestibilidad a nivel ruminal. A nivel sensorial, disminuyen la aceptabilidad de los alimentos.	Vainillina- HCl: Basada en la reacción de la vainillina con el anillo A meta sustituido del flavonol formando un cromóforo rojo.
Glucósidos cianogénicos	Por la actividad microbiana, en el rumen se produce una reacción hidrolítica liberando HCN, que es un inhibidor de muchas metaloenzimas especialmente de la citocromo oxidasa, enzima de la cadena respiratoria, impidiendo la respiración celular	Reacción colorimétrica con el picrato de sodio. una coloración roja, corresponde al complejo formado entre el ion picrato y el ion cianuro
Nitratos	Los nitratos se acumulan en las plantas debido al uso de herbicidas y fertilizantes. Por si mismos no son muy tóxicos, pero por acción de las bacterias del tracto digestivo, son rápidamente convertidos en nitritos, que presentan una mayor toxicidad.	Reacción colorimétrica producto de la oxidación de difenilamina en presencia de nitrato.
Nitritos	Los nitritos pasan fácilmente del tracto gastrointestinal a la sangre, donde se combinan con la hemoglobina en los glóbulos rojos para formar metahemoglobina, un compuesto que es incapaz de tomar y transportar oxígeno. Los signos clínicos de intoxicación por nitrito son los asociados con la deficiencia de oxígeno e incluyen debilidad general y una caída de la presión arterial.	Reacción entre el ácido sulfanílico y el nitrito, formando un intermediario que reaccionará con alfa-naftilamina, formando un compuesto diazonio, colorido.
Alcaloides	En dependencia de su tipo pueden causar estreñimiento, meteorismo, vómitos y la muerte por fallos respiratorios	Con el reactivo de Dragendorff. forma un precipitado que permite la identificación.
Saponinas	Proporcionan sabor amargo, disminuyendo el consumo. Poseen efecto hemolítico sobre los glóbulos rojos, expresándose en enfermedades como anorexia, gastroenteritis y pérdida de peso. Las saponinas se adsorben en las paredes intestinales dificultando la asimilación de los nutrientes.	En medio acuoso la saponina disminuye la tensión superficial de la solución que al ser agitada forma espuma. La altura y la permanencia permiten su evaluación.

Cuadro 4.2 Fundamento de las técnicas del análisis químico proximal

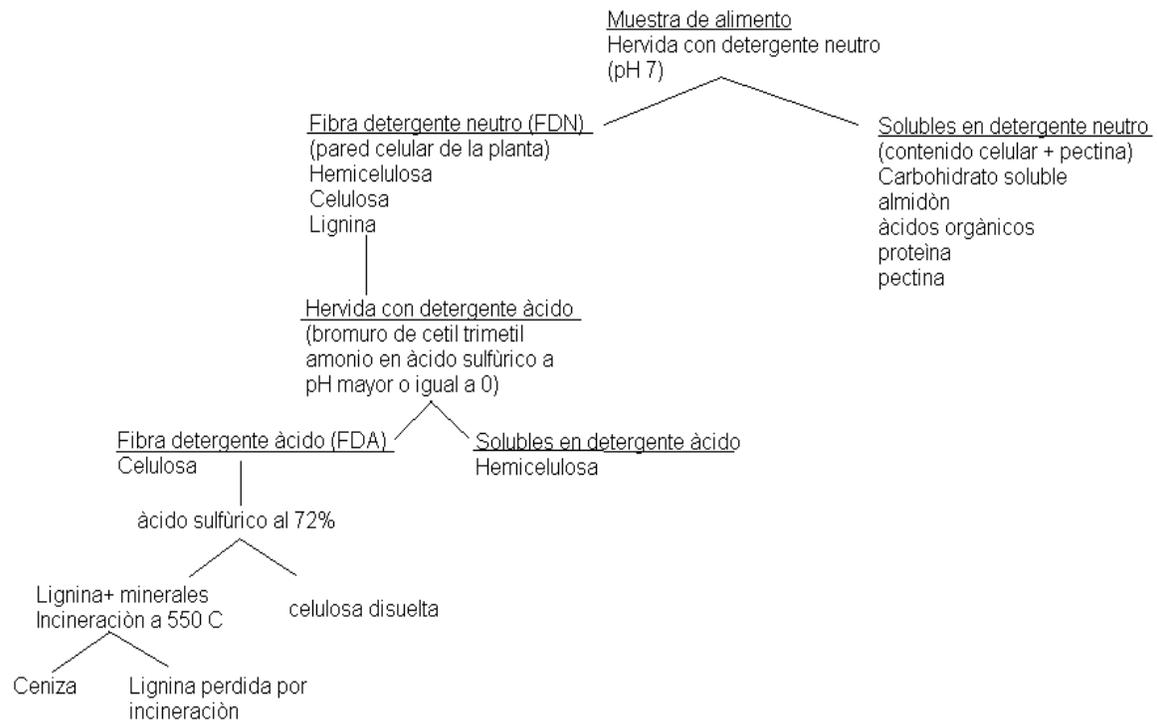
Fracción	Método	Fundamento
<b>Humedad (H<sub>2</sub>O)</b>	Secado en estufa	Se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua, para lo que se somete la muestra al calentamiento en una estufa de convección a 100°C hasta que la muestra llegue a peso constante, punto en que se considera, se eliminó toda el agua libre.
<b>Cenizas (micronutrientes)</b>	Vía seca	basada en la eliminación por combustión de la materia orgánica, permitiendo la cuantificación de la materia inorgánica al someter el resultante de dicha combustión a un tratamiento térmico en una mufla a 550°C
<b>Proteína</b>	Kjeldahl	Cuantificación del nitrógeno total, suponiendo que éste proviene del grupo amino que conforma los aminoácidos. Esto basado en la siguiente reacción $\text{N total} \xrightarrow[\text{Ácido sulfúrico}]{\text{Digestión en}} (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow[\text{de NaOH}]{\text{Destilar con exceso}} \text{NH}_3/\text{Ácido bórico (valorar con ácido)}$
<b>Extracto etéreo (lípidos)</b>	Soxhlet	Extracción de la grasa de la muestra seca con un solvente no polar (hexano o éter de petróleo). La pérdida de peso en la muestra inicial permite cuantificar por diferencia de peso, el extracto etéreo en la muestra analizada.
<b>Fibra cruda (Hemicelulosa, Celulosa, Lignina)</b>	Tratamiento ácido-alcalino	Digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo que es secado, pesado y llevado a cenizas para corregir por diferencia, el peso correspondiente a la fracción fibrosa.
<b>Extracto libre de nitrógeno (CHO's solubles)</b>	Algebraico	El extracto libre de nitrógeno (ELN) se determina por diferencia, restando al 100% los porcentajes de ceniza, fibra, extracto etéreo, proteína cruda y humedad

Sin embargo, las técnicas establecidas en los métodos oficiales presentan limitantes para la alimentación de rumiantes, pues los valores obtenidos de la determinación de fibra cruda no diferencian las fracciones digeribles de las totalmente indigeribles, por ello, en los años sesentas el Químico Peter J. Van Soest propuso un sistema para conocer mejor la composición de la fracción fibrosa de los alimentos dirigidos para consumo animal, principalmente de especies rumiantes. El objetivo del análisis es fraccionar el alimento en entidades químicas de acuerdo a su disponibilidad nutritiva (Orduña *et al.* 2002), permitiendo diferenciar las fracciones digeribles de las completamente indigeribles.

### 4.3.3 Sistema de Van Soest

.El sistema de Van Soest se fundamenta en una separación de los componentes de la pared celular a través del empleo de detergentes a diferente pH. La lignina es soluble a pH>7, la hemicelulosa es soluble en condiciones de fuerte acidez o basicidad, la celulosa es generalmente insoluble en el rango de pH de 1 a 13.

Figura 4.3. Método de Van Soest para fraccionar las fibras de los alimentos (Maynard *et al*, 1981)



La Fibra Detergente Neutro (FDN) es el residuo que resulta del tratamiento de la muestra con una solución neutra de Lauril sulfato de sodio y EDTA. La extracción se da a pH 7, donde el lauril sulfato de sodio forma un complejo con las proteínas para evitar su interferencia. La solución permite preparar el residuo fibroso que recubre la mayor parte de los componentes de la pared celular. Dado que no es una reacción hidrolítica, la solución solo recubre la matriz insoluble, el EDTA es empleado como agente quelante para prevenir la interferencia de los iones metálicos, El residuo del tratamiento con detergente neutro se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina.

La Fibra Detergente Ácido (FDA) es el residuo resultante del tratamiento de la muestra con un detergente compuesto por bromuro de cetil metil amonio en medio ácido ( $H_2SO_4$ ). Puede determinarse directamente en la muestra o en el residuo de la determinación de fibra detergente neutro. La solución permite dividir la muestra en dos fracciones, una soluble y una insoluble en ácido 1N. La fracción soluble la hemicelulosa, y la insoluble contiene la celulosa y lignina, haciendo posible la estimación de hemicelulosa por métodos aritméticos.

La Lignina Detergente Ácido (LDA) se determina a partir del residuo de la determinación de FDA, tratándolo con una solución concentrada de  $H_2SO_4$ . Este tratamiento disuelve la celulosa, dejando como residuo la lignina y el sílice. Por diferencia se logra cuantificar la lignina cuando se determinan las cenizas en el residuo del tratamiento de LDA.

#### **4.3.4 Digestibilidad *in vitro***

Para conocer la capacidad de un alimento de aportar los nutrientes que lo conforman, es necesario considerar las pérdidas que se producen durante la digestión, absorción y metabolismo (McDonald *et al.*, 2011). La digestibilidad de los alimentos se define como la cantidad absorbida por el animal, aquella que no se excreta en las heces. Debido a la dificultad y costo de los estudios en vivo para determinar la digestibilidad de los alimentos, se han planteado estudios a nivel laboratorio, siendo uno de los métodos más conocidos, el de la digestibilidad *in vitro*. En éste método, se simulan las condiciones de digestión, sometiendo al alimento a la acción del líquido ruminal, incubándolo durante 48h, para después acidificar el medio con ácido clorhídrico, incubándolas con pepsina por un lapso de 48h. El residuo se filtra, deseca e incinera, para poder estimar la digestibilidad *in vitro* en la materia seca y en la materia orgánica.

#### **4.3.5 Energía**

Los alimentos que un animal ingiere se emplean en distintas vías, una de ellas, en la producción de energía. En el laboratorio, la energía puede determinarse como

energía bruta, que resulta de la combustión del alimento en una bomba calorimétrica. Dicho valor no se emplea con frecuencia en nutrición animal, debido a que no toda la energía determinada por ésta vía está disponible para el animal, pues una parte se pierden las heces. Realizando dicha consideración, se emplea el término energía digestible, que se refiere precisamente la energía que contiene el alimento digerido. Además de la energía que se pierde en las heces, ocurren otras pérdidas en el proceso digestivo de los rumiantes, como las pérdidas en la orina y la producción de gases combustibles, principalmente metano. A la energía que considera éstas pérdidas se le denomina energía metabolizable (McDonald *et al.*, 2011).

#### **4.4 Especies estudiadas**

##### **4.4.1 *Crataegus pubescens***

El Tejocote, nombre derivado del Náhuatl, ha sido un fruto aprovechado desde la época prehispánica en México, debido a que su fruto es utilizado en diversas festividades tradicionales mexicanas. Son tres los grupos de distribución climática del género *Crataegus* en México, siendo éstos los climas templado, semidesértico a desértico y subtropical (Núñez *et al.* 2008). El Estado de México es uno de los tres principales productores de Tejocote a nivel nacional, con una producción de 6 ton ha<sup>-1</sup> y 30 ha de producción reportadas (Nieto *et al.* 2008).

El fruto de esta especie ha sido incluido para su análisis en algunos estudios, como el realizado por Franco *et al.* (2009), sin embargo, no existe un estudio que se enfoque en el estudio del forraje de esta especie.

##### **4.4.2 *Eysenhardtia polystachya***

Abundante en zonas semicálidas, el Palo dulce es una especie ampliamente distribuida en ambas vertientes y en la parte central del país (Ortega, 1982). Se ha estudiado su composición química con el fin de incluirla en la dieta de rumiantes (Morfín, 2012) mas no se conoce la composición fibrosa ni la digestibilidad de la muestra.

#### 4.4.3 *Acacia saligna*

La Mimosa es una especie originaria en Australia, que se ha logrado adaptar en climas de diversos países latinoamericanos, es conocida por ser fuente de taninos y como alimento para consumo animal. Se ha estudiado su inclusión en dietas de consumo animal como un evento aislado de su composición fitoquímica (Meneses *et al.*, 2012), estudios donde no suele identificarse la parte morfológica que está siendo estudiada (cuadro 4.3)

#### 4.4.4 *Atriplex nummularia*

La Costilla de vaca es una especie ampliamente estudiada dado su potencial de crecer en zonas semiáridas. Abou El Nasr *et al.* (1997) estudió la composición química (Cuadro 4.3) mientras Correal *et al.* (1986) estudió la biomasa comestible de la especie durante todo el año, con el fin de determinar el valor nutritivo de la misma, sin embargo, es necesario conocer que parte de la planta posee una mejor composición para ser incluida en la alimentación animal.

Cuadro 4.3 Composición química en base seca del forraje de *Acacia saligna* y *Atriplex nummularia*

Fracción (%)	<i>Atriplex nummularia</i>	<i>Acacia saligna</i>
Materia seca	38.6	43.5
Proteína cruda	12.7	10.5
Fibra cruda	28.7	26.4
Extracto etéreo	3.4	4.8
Cenizas	24.9	13.9
Fibra neutro detergente	59.4	65.7
Fibra ácido detergente	36.8	39.4
Lignina ácido detergente	9.3	14.3
Hemicelulosa	22.6	26.3
Celulosa	27.5	25.1

Abou El Nasr *et al.*, 1997

# 5. Materiales y métodos

## 5.1 Ubicación del área de recolección

El muestreo se llevó a cabo en parcelas de Mimosa (*Acacia saligna*), Tejocote (*Crataegus pubescens*), Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) y Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), ubicadas en el jardín de introducción de árboles forrajeros, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, situada a los 19° 41' de latitud Norte y 99° 11' de longitud Oeste. La zona posee un clima templado subhúmedo, la precipitación promedio durante el periodo de estudio, fue de 114.17mm y la temperatura media de 15.5°C. (CONAGUA, 2015)

## 5.2 Recolección de las muestras y etapa fenológica

Con fin de observar los cambios en la etapa fenológica en Mimosa (*Acacia saligna*), Tejocote (*Crataegus pubescens*), Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) y Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), se realizaron tres muestreos con una frecuencia de 18 días entre cada uno, durante el periodo que abarcó desde el 31 de agosto al 6 de octubre del 2015. La etapa fenológica se estableció, por medio de la observación de 10 ejemplares de la misma especie con objeto de obtener información de presencia de vainas en desarrollo, maduras, así como color de hojas, presencia o ausencia de folíolos, presencia de semillas, frutos o flores. Las ramas colectadas se colocaron en bolsas de plástico y se trasladaron en un máximo de media hora al Laboratorio de Bromatología de la FES-C UNAM.

## 5.3 Preparación de las muestras

De cada especie muestreada se separaron tallos y hojas con lo cual se obtuvieron submuestras (hojas, tallos de cada especie), 5g de cada submuestra se separaron

para realizar la solución acuosa con que se determinaron los factores tóxicos y antinutricionales (tamizaje fitoquímico). El resto se secó a 60°C, durante 48h y posteriormente se molió en un molino Wiley a un tamaño de partícula de 1.0mm. Por último se etiquetaron frascos de vidrio y se almacenó cada submuestra. Éste proceso se repitió en cada muestreo realizado.

## **5.4 Evaluación de las características nutricionales**

### **5.4.1 Factores tóxicos y antinutricionales**

#### **5.4.1.1 Preparación del extracto**

Se exploró la presencia de factores tóxicos y antinutricionales con base en la propuesta de García (2004). Para lo cual se pesaron 5 g de forraje fresco y se colocaron en un mortero; posteriormente, se agregó 20 mL de agua destilada y se obtuvo el jugo de la planta con ayuda del pistilo (figura 9.13). Después, la fracción líquida se decantó en un tubo de ensayo, la cual se utilizó para detectar la presencia de taninos condensados, glucósidos cianogénicos, alcaloides, saponinas, nitratos y nitritos.

#### **5.4.1.2 Tamizaje fitoquímico**

El tamizaje fitoquímico se realizó explorando la presencia de taninos condensados, por el método de la vainillina-HCl (Price *et al.* 1978), de glucósidos cianogénicos, por la reacción con papel picrosódico (Essers, 1995), nitratos por reacción con difenilamina (Kolthoff, 1933) nitritos, por reacción con alfa-naftilamina (AOAC, 1975); saponinas, por la formación de espuma (Méndez, 2005) y alcaloides, por el reactivo de Dragendorff (Vinueza, 2014). Las pruebas se realizaron por triplicado en presencia de un patrón para cada tóxico. Los resultados se expresaron en términos de presencia (+) o ausencia (-).

#### **5.4.2 Análisis químico proximal**

A cada muestra se le determinó el contenido de humedad total, humedad parcial, cenizas proteína cruda y extracto etéreo mediante las metodologías propuestas por el AOAC (1975). El extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó por diferencia, restando al 100% los porcentajes de humedad, extracto etéreo, proteína cruda, fibra detergente neutro y cenizas.

#### **5.4.3 Sistema de Van Soest**

El sistema de Van Soest *et al.* (1991). permite determinar la composición de la fracción fibrosa mediante el uso de 3 soluciones; la neutro detergente (FDN), la ácido detergente (FDA) y una solución ácida para la determinación de lignina (LDA). El porcentaje de hemicelulosa y celulosa se calcularon a partir de las siguientes ecuaciones:

$\% \text{ Hemicelulosa} = \% \text{ fibra detergente neutro (FDN)} - \% \text{ fibra detergente ácido (FDA)}$

$\% \text{ Celulosa} = \% \text{ fibra detergente ácido (FDA)} - \% \text{ lignina detergente ácido (LDA)}$

#### **5.5 Digestibilidad *in vitro***

La digestibilidad *in vitro* se determinó por la técnica de Tilley y Terry (1963) que consta de dos pasos: el primero, incubación de la muestra con líquido ruminal y posteriormente, la incubación con pepsina en medio ácido.

#### **5.6 Energía digestible y energía metabolizable**

La energía se estimó a partir del cálculo del total de nutrientes digestibles (TND) según las ecuaciones planteadas por el National Research Council (1981). Este método matemático es empleado para calcular la energía con base en el resultado del análisis químico proximal y a la digestibilidad.

La fórmula es la siguiente:

$$\%TND = (PC \cdot DIVMS) + (ELN \cdot DIVMS) + (FDN \cdot DIVMS) + (EE \cdot DIVMS \cdot 1.25)$$

Donde:

TND= Total de nutrientes digestibles (%)

PC= Proteína cruda (%)

ELN= Extracto libre de nitrógeno (%)

FDN= Fibra detergente neutro (%)

EE= Extracto etéreo (%)

DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%)

$$ED \text{ (Mcal/Kg)} = \%TND \times 0.044$$

$$EM \text{ (Mcal/Kg)} \text{ para rumiantes} = ED \text{ (Kcal/Kg)} \times 0.82$$

Donde:

TND= Total de nutrientes digestibles (%)

ED= Energía digestible (Mcal/Kg)

EM= Energía metabolizable (Mcal/Kg)

## 5.7 Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente aleatorizado bajo un arreglo factorial global de 4x3x2 (factor 1: especie, factor 2: día, factor 3: fracción morfológica) con lo que se analizó si existía diferencia significativa entre las especies estudiadas mientras en cada especie se realizó un arreglo factorial 2x3 y el análisis de varianza. En los casos en que existió diferencia significativa, se realizó la prueba de rangos múltiples para identificar diferencias significativas entre las medias con un nivel de confianza del 95%, usando el software statgraphics centurión versión 17.1.12 (2016), En las tablas de resultados, se expresan con letras iguales las medias que no presentan diferencias significativas.

## 6. Resultados y discusión

### 6.1 Factores tóxicos y antinutricionales

Cuadro 6.1. Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Mimosa (*Acacia saligna*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.

Día	Etapas fenológica	Parte morfológica	TC	GC	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	ALC	SAP
1	Floración	Hojas	+	-	-	-	-	+
		Tallos	+	-	-	-	-	-
19	Floración	Hojas	+	-	-	-	-	+
		Tallos	+	-	-	-	-	-
37	Floración	Hojas	+	-	-	-	-	+
		Tallos	+	-	-	-	-	-

TC: taninos condensados; GC: glucósidos cianogénicos; NO<sub>3</sub>: nitratos; NO<sub>2</sub>: nitritos; ALC: alcaloides; SAP: saponinas

(+) Presencia, (-) ausencia.

El cuadro 6.1 presenta los resultados del tamizaje fitoquímico de Mimosa, resalta que los factores tóxicos y antinutricionales estudiados se mantienen constantes durante el periodo de estudio; en tallos y hojas se identificaron taninos condensados, resultado consistente con lo reportado por Meneses *et al.* 2012. Éste metabolito podría disminuir la digestibilidad de la pared celular y de las proteínas, pues tienen la capacidad de formar un complejo con éstas (Ramírez y Lara, 1997) Únicamente las hojas de Mimosa presentaron saponinas, las cuales podrían disminuir el consumo de el forraje de ésta especie debido a la astringencia que provocan (García, 2004).

Cuadro 6.2 Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.

Día	Etapa fenológica	Parte morfológica	TC	GC	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	ALC	SAP
1	Prefloración	Hojas	-	+	+	-	+	+
		Tallos	-	-	+	-	+	+
19	Floración	Hojas	-	+	+	-	+	+
		Tallos	-	-	+	-	+	+
37	Floración	Hojas	-	+	+	-	+	+
		Tallos	-	-	+	-	+	+

TC: taninos condensados; GC: glucósidos cianogénicos; NO<sub>3</sub>: nitratos; NO<sub>2</sub>: nitritos; ALC: alcaloides; SAP: saponinas (+) Presencia, (-) ausencia.  
(+) Presencia, (-) ausencia.

En el cuadro 5.2 se observa que tallos y hojas de *Atriplex nummularia* presentaron alcaloides y saponinas, resultado es consistente con el obtenido por Ibrahim *et al.* (2012), De igual manera, en ambas partes morfológicas se identificó la presencia de nitratos, metabolitos que no presentan toxicidad hasta que se reducen a nitritos en el rumen, oxidando el hierro de la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno a los tejidos (Church, 2002) Durante el periodo estudiado, las hojas de esta especie presentaron glucósidos cianogénicos. La presencia de éstos factores tóxicos en *A. nummularia* podría implicar que la especie no pueda utilizarse como dieta única, sino que sea utilizada como parte de las dietas rumiantes (Ben Salem *et al.* 2010).

Cuadro 6.3 Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.

Día	Etapas fenológica	Parte morfológica	TC	GC	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	ALC	SAP
1	Madurez	Hojas	-	-	-	-	-	-
		Tallos	-	-	-	-	-	-
19	Senescencia	Hojas	-	-	-	-	-	-
		Tallos	-	-	-	-	-	-
37	Senescencia	Hojas	-	-	-	-	-	-
		Tallos	-	-	-	-	-	-

TC: taninos condensados; GC: glucósidos cianogénicos; NO<sub>3</sub>: nitratos; NO<sub>2</sub>: nitritos; ALC: alcaloides; SAP: saponinas  
(+) Presencia, (-) ausencia.

En el cuadro 6.3 se expone el resultado de la determinación cualitativa de factores tóxicos y antinutricionales en Palo dulce. Ésta especie no presentó alguno de los metabolitos secundarios estudiados durante el periodo de analizado, lo que podría implicar que la especie presente alta palatabilidad.

Cuadro 6.4 Tamizaje fitoquímico de tallos y hojas de Tejocote (*Crataegus pubescens*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015.

Día	Etapas fenológica	Parte morfológica	TC	GC	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	ALC	SAP
1	Fructificación	Hojas	+	-	-	-	-	-
		Tallos	+	-	-	-	-	-
19	Fructificación	Hojas	+	-	-	-	-	-
		Tallos	+	-	-	-	-	-
37	Fructificación	Hojas	+	-	-	-	-	-
		Tallos	+	-	-	-	-	-

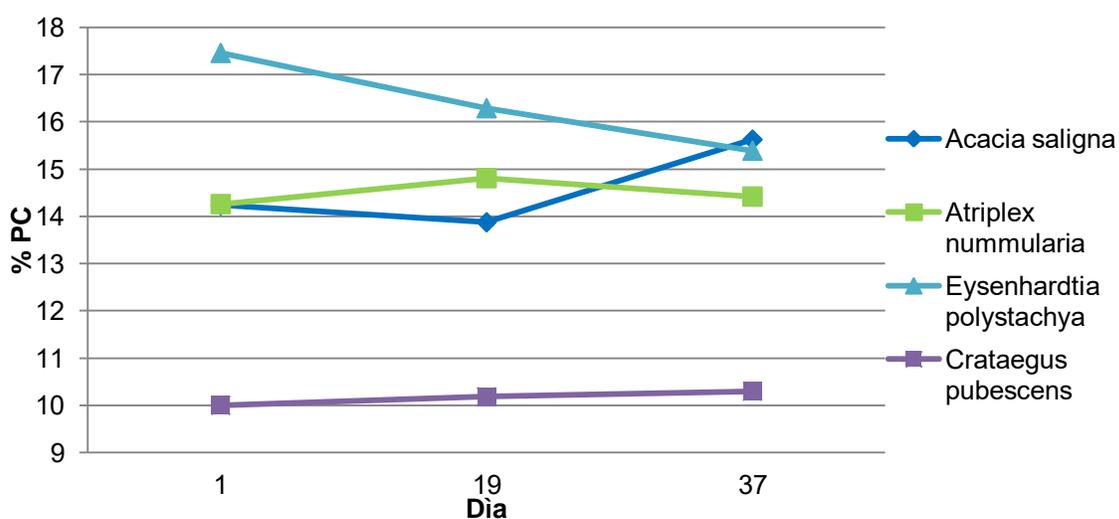
TC: taninos condensados; GC: glucósidos cianogénicos; NO<sub>3</sub>: nitratos; NO<sub>2</sub>: nitritos; ALC: alcaloides; SAP: saponinas  
(+) Presencia, (-) ausencia.

En el cuadro 6.4 se exponen los resultados del tamizaje fitoquímico del Tejocote, ésta especie presentó taninos condensados en tallos y hojas, mismo resultado que identificaron Furey *et al.* (2008). Lo anterior, podría implicar que dicha especie presente un bajo consumo ya que los taninos, según estudios previos (Otero e Hidalgo, 2004) pueden provocar astringencia en los animales.

A partir de los resultados anteriores se podría inferir que Palo dulce presenta menos factores tóxicos, lo que la convertiría en la especie con mejores características fitoquímicas para ser incluida en dietas, mientras *A. nummularia*, con la presencia de diversos metabolitos secundarios, sería más problemática al incluirla en dietas para consumo animal. Cabe destacar que es importante continuar con los estudios cuantitativos para conocer si la presencia de los metabolitos estudiados tienen repercusiones en la ingesta y digestión de los forrajes estudiados.

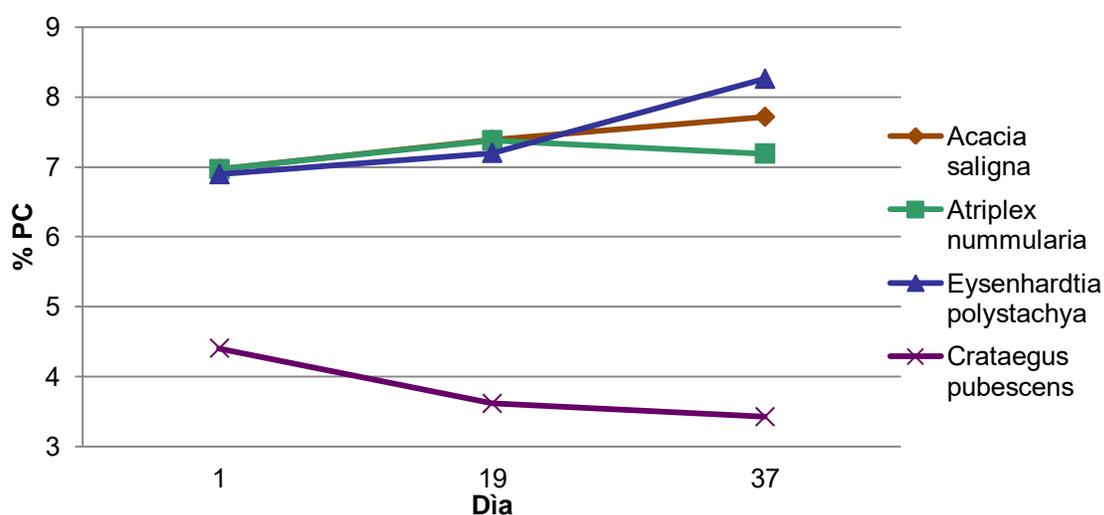
## 6.2 Análisis químico proximal

Figura 6.1 Proteína cruda de hojas de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



En la figura 6.1 se observa que la especie *Acacia saligna* incrementa su porcentaje de proteína con el paso de los días, mientras *Eysenhardtia polystachya* disminuye, esto en relación con las etapas fenológicas de la especie durante el periodo de estudio, pues se ha demostrado (McDonald *et al*, 2011) que el porcentaje de proteína desciende con la madurez. El porcentaje de proteína de la especie *Crataegus pubescens* no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) durante el periodo de estudio, ventaja que posee de mantener sus porcentajes de proteína durante las temporadas (Kara *et al*. 2015).

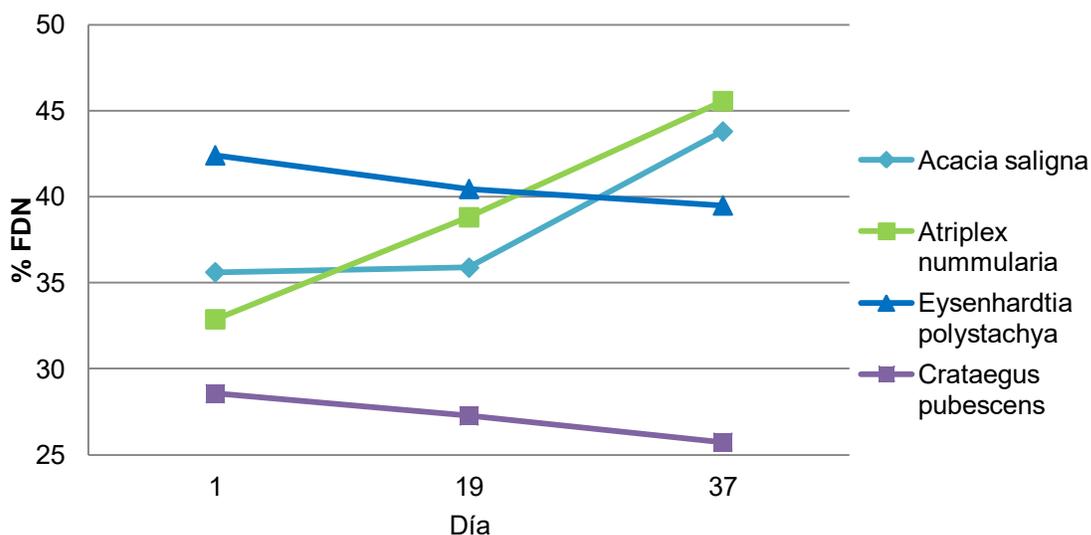
Figura 6.2 Proteína cruda de tallos de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



Respecto a los tallos (Figura 6.2) el porcentaje de proteína en *Eysenhardtia polystachya* incrementó con el paso de los días, esto, debido al cambio en su etapa fenológica durante el periodo estudiado, mientras los tallos de *Crataegus pubescens* presenta los valores más bajos ( $P < 0.05$ ) lo que justifica que no se incluyan cuando se le da a la especie un uso forrajero (CONABIO. 2016).

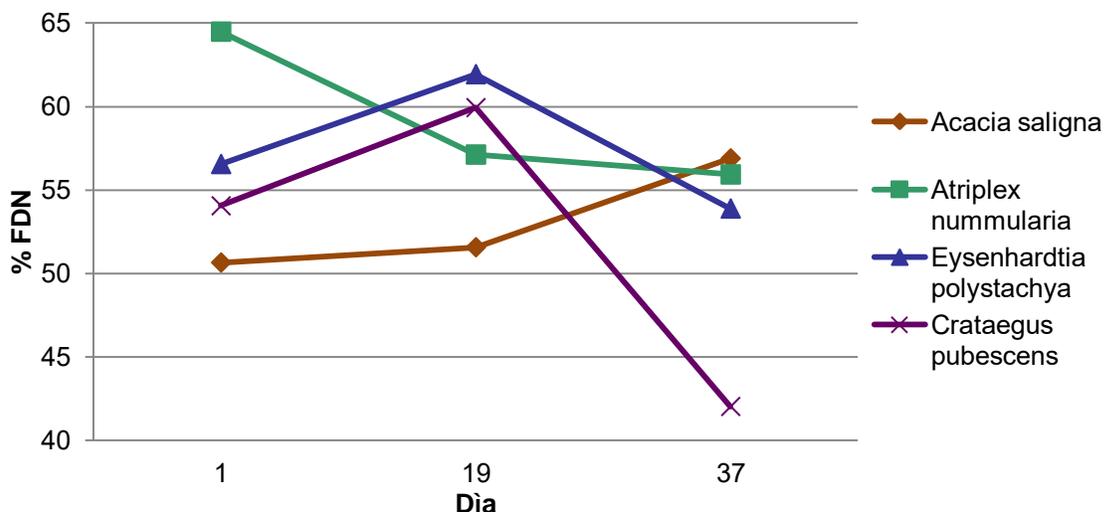
### 6.3 Sistema de Van Soest

Figura 6.3 Fibra detergente neutro de hojas de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



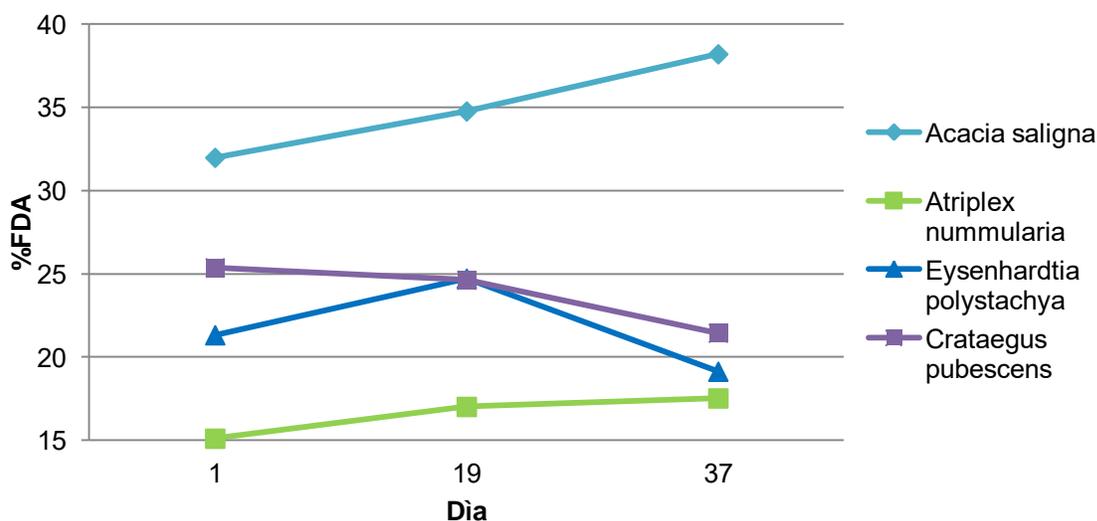
En relación a la composición de la fracción fibrosa, la figura 6.3 expone que la especie *Acacia saligna* presenta valores crecientes, porcentajes que se acercan a lo reportado por Makkar *et al.* 1995, mientras *Crataegus pubescens* presenta los menores porcentajes. Éste punto es importante pues el potencial de ingestión viene determinado por la fibra detergente neutro (Bach y Calsamiglia 2006), siendo el tejocote la especie con mayor potencial.

Figura 6.4 Fibra detergente neutro de tallos de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



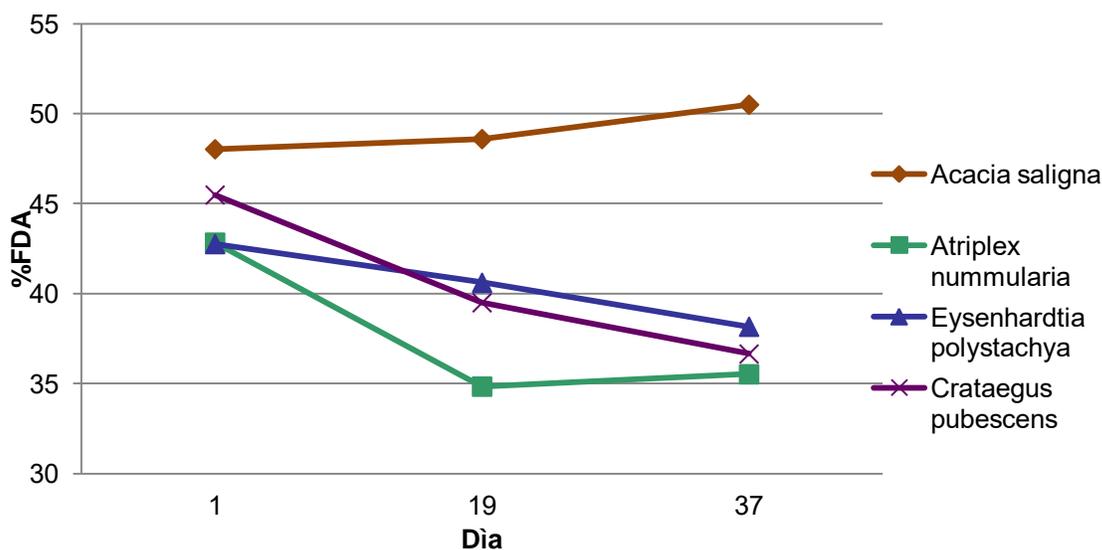
En la figura 6.4 se encuentran los resultados correspondientes a los tallos; para la especie *Acacia saligna* se observa un aumento en el porcentaje con el paso de los días, vinculado al incremento en la madurez la planta, lo que provocaría que se vuelva más fibrosa, lo cual podría disminuir drásticamente su digestibilidad (Ball *et al.* 2001).

Figura 6.5 Fibra detergente ácido de hojas de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



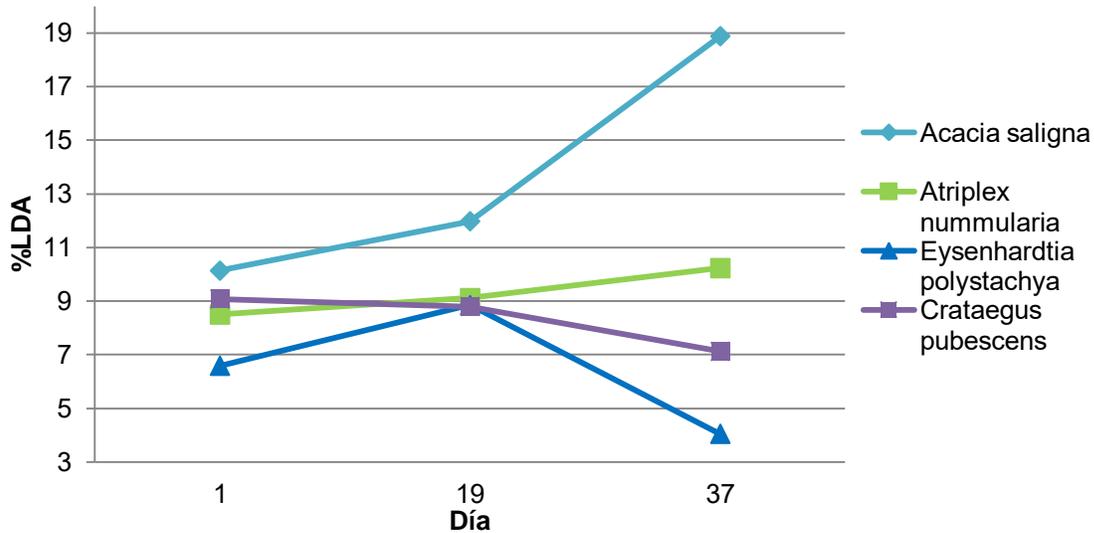
Respecto a la fibra detergente ácido, la figura 6.5 muestra nuevamente a *Acacia saligna* como la especie que presenta los valores más elevados, en tanto que *Eysenhardtia polystachya* presenta una notable disminución en el porcentaje de fibra en el muestreo del día 37 ( $P < 0.05$ ), resultado positivo pues se busca reducirla al máximo para optimizar el contenido energético de la ración (Calsamiglia, 1997).

Figura 6.6 Fibra detergente ácido de tallos de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



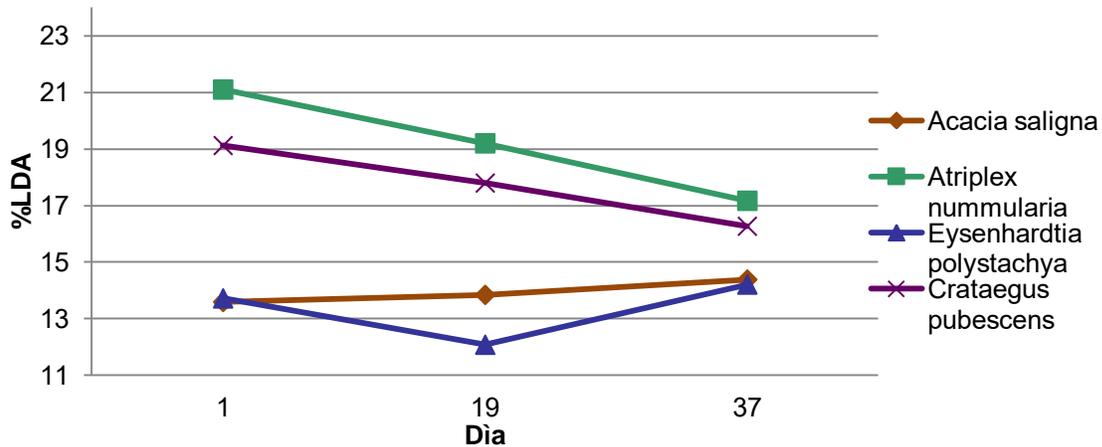
En cuanto a los tallos (figura 6.6) los porcentajes de fibra detergente ácido de las cuatro especies estudiadas oscilan entre 35 y 50%, siendo notablemente mayores a los porcentajes de las hojas; esto se debe a que los tallos son más gruesos y leñosos (Casanova y Solorio, 2010), por lo que se consideran de menor calidad que las hojas de cada especie analizada.

Figura 6.7 Lignina detergente ácido de hojas de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



Con relación a la fracción correspondiente a lignina, la figura 6.7 confirma la tendencia de la especie *Acacia saligna* de presentar los valores más altos, debidos a su ascendente madurez, mientras *Crataegus pubescens* presenta una notable disminución en su porcentaje de lignina conforme transcurre el periodo de estudio, lo que se considera ventajoso pues debería aumentar la digestibilidad al disminuir la lignina que es completamente indigestible (Valenciaga y Chongo, 2004)

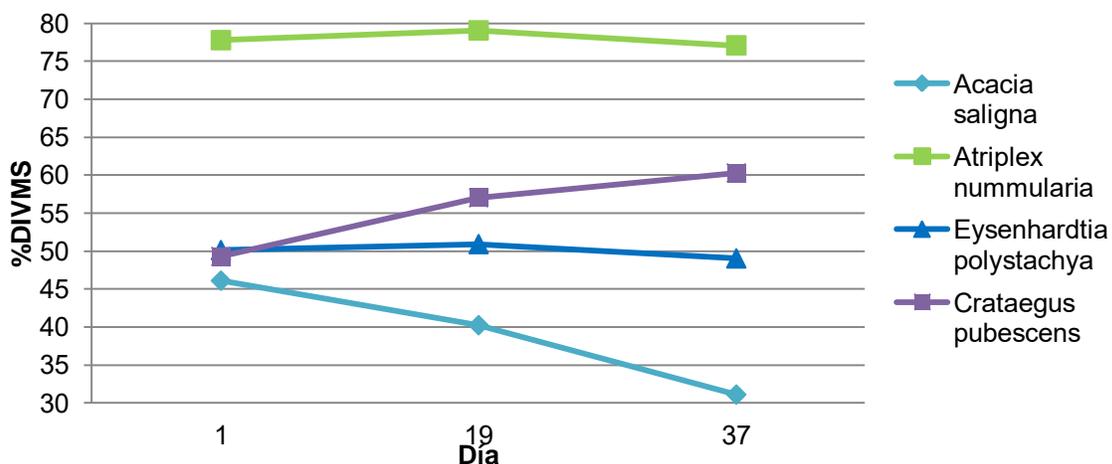
Figura 6.8 Lignina detergente ácido de tallos de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



Respecto a los tallos, en la figura 6.8 se observa como *Atriplex nummularia* disminuye su porcentaje de lignina conforme avanzan los días, lo que debería mejorar su digestibilidad, pues al disminuir la lignina, existen menos impedimentos físicos que limiten el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra (Bach y Calsamiglia 2006).

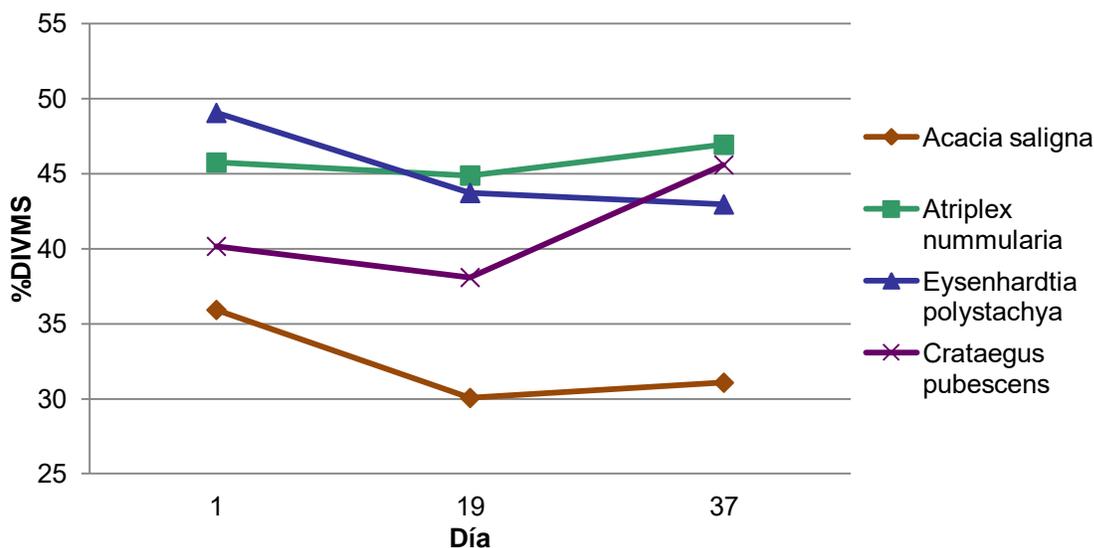
#### 6.4 Digestibilidad *in vitro*

Figura 6.9 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de hojas de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



Referente a las digestibilidades, en la figura 6.9 presenta a *Acacia saligna* como la especie con menor digestibilidad, con porcentajes entre 30 y 50%. Estudios atribuyen la baja digestibilidad del forraje de *Acacia saligna* a dos factores: los altos niveles de taninos condensados y la composición de su pared celular, lo que la hace generalmente inadecuada como única fuente de nutrición para rumiantes (Tamir y Asefa, 2009; George *et al* 2009).

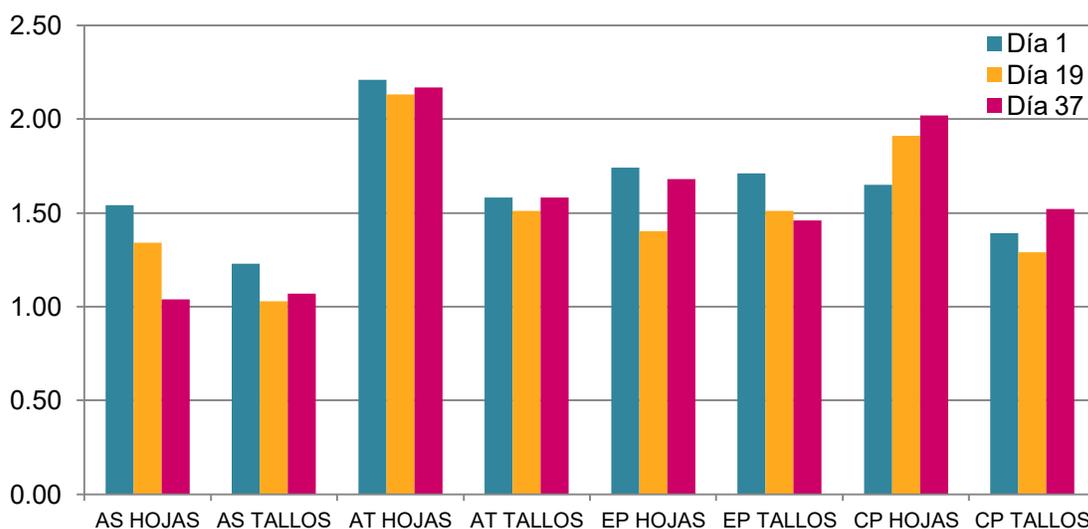
Figura 6.10 Digestibilidad in vitro de la materia seca de tallos de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



En lo que respecta a los tallos (Figura 6.10), se da una situación similar a las hojas en la especie *Acacia saligna* pues la presencia de taninos y la alta concentración de pared celular disminuye la digestibilidad en la especie (Valenciaga y Chongo, 2004)

## 6.5 Energía

Figura 6.11 Energía metabolizable (Mcal/Kg) de tallos y hojas de *Acacia saligna*, *Atriplex nummularia*, *Eysenhardtia polystachya* y *Crataegus pubescens* colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM del 31 de agosto al 6 de octubre del 2015.



AS: *Acacia saligna*, AT: *Atriplex nummularia*, EP: *Eysenhardtia polystachya*, CP: *Crataegus pubescens*

En cuanto a la energía metabolizable, la figura 6.11 confirma como la presencia de taninos y la baja digestibilidad afectan el contenido energético en *Acacia saligna*, siendo la especie con menor valor energético de las cuatro especies estudiadas ( $P < 0.05$ ). A pesar de que las hojas de *Atriplex nummularia* presentan los valores mayores, sus niveles de sal pueden limitar la ingesta voluntaria de alimento, provocando que los animales no sean capaces de consumir energía suficiente para mantener el peso (Ben Salem *et al*, 2010)

## 7. Conclusiones

---

Durante el periodo estudiado, no se identificaron cambios en la composición fitoquímica de los cuatro forrajes estudiados, mientras que en la composición químico proximal y de la fracción fibrosa se identificaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) que indican que las especies se ven afectadas por la etapa fenológica en que se encuentran y el periodo en que se realiza el corte.

En relación con la pared celular, la especie *Acacia saligna* presentó los mayores porcentajes de fibra. Esto y la presencia de taninos condensados, justifican la baja digestibilidad y energía identificadas en hojas y tallos de la especie.

A pesar de que las hojas de *Atriplex nummularia* presentaron la mejor digestibilidad y energía metabolizable al compararla con las otras tres especies estudiadas, los factores tóxicos y antinutricionales identificados en la especie podrían ser una gran limitante para su inclusión en dietas, por lo que sería necesario realizar una determinación cuantitativa de los factores o emplear estrategias que disminuyan los metabolitos identificados, como el lavado repetido con agua para eliminar las saponinas, la adición de soluciones diluidas de ácidos y bases para inactivar los alcaloides o la inmersión en agua caliente en el caso de los glucósidos cianogénicos.

### Sugerencias

- \* Determinar de forma cuantitativa los factores tóxicos y antinutricionales con el fin de determinar si ejercerían un efecto negativo al incluirlas en dietas para consumo animal.
- \* Realizar un estudio en el periodo de sequía para conocer el periodo ideal en que las especies presentan mejor composición química y aprovechar de forma óptima los recursos.

## 8. Bibliografía

- Abdulrazak S.S., T. Fujihara, J.K. Ondiek y E.R. Ørskov. 2000. Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya. Anim. Feed Sci. Technol., Vol. 85: 89-98.
- Abou El Nasr H.M, Kandil, H.M. A. Kerdawy El, Dawlat HM, Khamis H.S., El-Shaer H.M. 1997. Value of processed saltbush and acacia shrubs as under the arid conditions of Egypt, Small Rum. Res, Vol.24, No.5: 15-20
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists.1975. Official Methods of Analysis.
- Avilés RL; Ku V JC; Alayón G JA. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito, Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15, No. 1
- Bach A, Calsamiglia S, 2006, La química en los rumiantes ¿Química o física?, XXII Curso de Especialización FEDNA, Barcelona: 99-109
- Ball D.M., M. Collins, G.D. Lacefield, N.P. Martin, D.A. Mertens, K.E. Olson, D.H. Putnam, D.J. Undersander and M.W. Wolf. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01
- Barnes, RF, Nelson, CJ, Moore, KJ. 2003. Forage and grasslands in a changing world. In Forages: An introduction to grassland agriculture, 6ª Edición, Editorial Iowa State University Press
- Ben Salem, H., H.C. Norman, A. Nefzaoui, D.E. Mayberry, K.L. Pearce, y D.K. Revell. 2010. Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. Small Rum. Res. Vo.91:13-28
- Ben Salem. H, Abdouli H, Nefzaoui, A, El-Mastouri A, y Ben-Salem L. 2005. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficusindica* f. *inermis*) pads. Special issue: Methodology, nutrition and products quality in grazing sheep and goats. Small Rum. Res. Vol. 59: 229-237.

- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas para rumiantes. XV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA, Madrid
- Carmona JC, 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Invest*, Vol 4, No. 1: 40-50.
- Casanova F, Ramírez L, Solorio FJ. 2010. Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en árboles forrajeros en monocultivo y asociados Tropical and Subtropical Agroecosystems, Vol. 12, No. 3: 657-665
- Church, D.C, W.G. Pond y K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa
- Comisión Nacional del AGUA, 2015. Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia, disponible en [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=112](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112), consultado por última vez el 31 de octubre, 2015
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) 2016. *Crataegus pubescens*, disponible en [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/59-rosac1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/59-rosac1m.pdf), consultado por última vez el 2 de marzo del 2017
- Correal E, Silva J, Boza J, Passera C, 1986, Valor nutritivo de cuatro arbustos forrajeros del género *Atriplex* (*A. nummularia*, *A. cyncrea*, *A. undidata* y *A. lampa*) Pastos y forrajes, Vol. 16, No. 1: 177-189
- Delgado, E.J. 1998. Factores antinutricionales. Curso de Fisiología digestiva. ICA. La Habana, Cuba. p. 2
- Essers, A, 1995, Removal of cyanogens from cassava roots. Studies on domestic sun-drying and solid-substrate fermentation in rural Africa, Uganda, Ed. SISN, p.91
- Foroughbakhch, R. 2013. Composition and animal preference for plants used for goat feeding in semiarid Northeastern México, *The Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 23, No. 4:1034-1040
- Franco O, Aguirre S, Morales EJ, González A, Gutiérrez F, 2008, Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de Tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) de Lerma y Ocoyoacac, México *Ciencia ergo sum*, Vol. 17, No.1:61-66

- Furey A. 2008. Towards a systematic scientific approach in the assessment of efficacy of an herbal preparation: Hawthorn (*Crataegus* s.). *European Journal of Heart Failure* Vol. 10 : 1153-1157.
- García D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes* Vol. 27, No.2: 101-111.
- García D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, Vol. 27, No. 2: 101-111.
- George, N., Henry, D., Yan, G.J., Byrne, M. 2007. Variability in feed quality between populations of *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. (Mimosoideae)—implications for domestication. *Anim. Feed Sci. Technol.*;136:109–127.
- Gobierno del Estado de México, 2009, La diversidad biológica del Estado de México estudio de estado, Secretaría del Medio Ambiente, p.238
- Greenfield H, Southgate DAT. 2003. Datos de composición de alimentos, obtención, gestión y utilización, 2ª edición, FAO
- Ibrahim S, Mahmoud A, Mohammed A, Burand J, Craker L. 2012. Phytochemical screening and insecticidal activity of three plants from Chenopodiaceae family, *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 6, No. 48: 5863-5867
- Institut National de la Recherche Agronomique. 1981. Alimentación de los rumiantes: principios de nutrición de los rumiantes, necesidades alimenticias de los animales, valor nutritivo de los alimentos, Ed. Mundi prensa
- Kara, K., Guclu, B.K., Baytok, E., 2015c. Comparison of nutrient composition and anti-methanogenic properties of different Rosaceae species. *Journal of Animal and Feed Science* 24, 308–314.
- Khalil,J.K, Sawya W.N, Hyder S.Z. 1986. Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Sudi Arabia. *Journal of Range management* Vol.39, No.2:104-107
- Kolthoff, I. 1933. Diphenylamine Sulfonic Acid as a Reagent for the Colorimetric Determination of Nitrates, *Communication From The School Of Chemistry Of The University Of Minnesota*, Vol. 55: 1448, 1449
- Krebs, G. L., D. M. Howard and K. Dods. 2007. The effects of feeding *Acacia salinga* on feed intake, nitrogen balance and rumen metabolism in sheep. *Asian-Aust. Journal of Anim. Sci.* Vol1, No.20: 367-1373.

- Makkar HPS, Borowy NK, Becker K, Degen A. 1995. Some problems in fibre determination of a tannin-rich forage (*Acacia saligna* leaves) and their implications in in vivo studies. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Vol.55, 67–76.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz y R. G. Warner. 1981. *Nutrición Animal*. 7a. ed. McGraw-Hill. México.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J, Morgan, C.A. 2006. *Nutrición Animal*. 6ª edición. España, Ed. Acribia
- Méndez, A. 2005 Evaluación de métodos de extracción de saponinas de los residuos del beneficio del fique Quitián; Tesis, Universidad. Industrial de Santander, Facultad.de Ingenierías Fisicoquímicas
- Meneses R, Raúl, Olivares V, Yohana, Martinoli S, Milenko, & Flores P, Hugo. 2012. Effect of feeding *Acacia saligna* (Labill.) H.L. Wendl. On goats stabled during late pregnancy and lactation. *Chilean journal of agricultural Res*, Vol.72 No.4: 550-555.
- Meneses R. y Flores H, 1999, Evaluación de *Acacia saligna* como forraje suplementario de caprinos de reemplazo y adultos en el último tercio de preñez y lactancia, *Agricultura técnica*, Vol. 59, No. 1: 26.34
- Meneses, R. 2015, Composición Química del Heno de *Atriplex nummularia* Lindl disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR38035.pdf>, consultado por última vez el 30 de septiembre, 2015
- Morfín D, 2012, Propuesta de un modelo de docencia en sistemas de alimentación en pastores para vaquillas de reemplazo, Folleto: Palo dulce, disponible en [http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/vaquillas/folletos/palo\\_dulce\\_folleto.pdf](http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/vaquillas/folletos/palo_dulce_folleto.pdf), consultado por última vez el 25 de noviembre, 2015.
- National Research Council. 1981. *Nutritional Energetics of Domestic Animals & Glossary of Energy Terms*. 2ª Edición, Editorial National Academy Press.
- Newman, Y. C, A. T. Andesogan, J. Vendramini y L. Sollenberger, 2009. *Defining Forage Quality*. University of Florida IFAS Extension, disponible en [http://soilcrop.tamu.edu/publications/FORAGE/PUB\\_forage\\_Defining%20Forage%20Quality.pdf](http://soilcrop.tamu.edu/publications/FORAGE/PUB_forage_Defining%20Forage%20Quality.pdf), consultado por última vez el 2 de marzo del 2017

- Nieto, AR. Borys MW, 1991. El Tejocote (*Crataegus* s:) en México, Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México, Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México: 309-324
- Núñez CA, Nieto R, Barrientos A, Segura S, Sahagún J, González F, 2008, Distribución y caracterización eco-climática del género *Crataegus* L. en México, Revista Chapingo Serie Horticultura, Vol. 14, No. 2:177-184
- Orduña, R. R., Ramírez Lozano, R. G., & López Gutiérrez, F. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. Ciencia UANL / Vol. 5, No. 2:180-189
- Ortega S, 1982, *Eysenhardtia polystachya*, The Silva of N.America Vol. 3, No. 2: 112-114
- Otero María José e Hidalgo Liliana Graciela 2004 Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. Livestock Research for Rural Development Vol. 16. No.13: 1-11
- Pinos-Rodríguez, J.M., Aguirre-Rivera, J.R., Mellado, M., García-López, J.C., Álvarez-Fuentes, G., Méndez-Villazana, J.C. Ramírez, R.G., Alanís, F.G.. 2007. Chemical and Digestibility Characteristics of Some Woody Species Browsed by Goats in Central Mexico. J. Appl. Anim. Res. 32:149
- Pinto R, Hernández D, Gómez H, Cobos MA, Quiroga R, Pezo D. 2010. Fodder trees from three livestock regions of Chiapas, Mexico: use and nutritional characteristics. *Universidad y ciencia*, Vol. 1, No. 26: 19-31.
- Price M, Van Scoyoc S, Butler, L 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for Tannin Sorghum Grain, Journal of Agriculture and Food Chemistry. Vol. 26, No.5:1214-1218
- Ramirez R, Neira R, Ledezma R, Garibaldi C, 2000, Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico, Small Rum. Res, Vol. 36, No. 1: 49-55
- Ramírez, R.G. y J.A. Lara. 1998. Influence of native shrubs *Acacia rigidula*, *Cercidium macrum* and *Acacia farnesiana* on digestibility and N utilisation by sheep. Small Rum. Res.. Vol. 28:39-45

- Rodríguez, Y, Molina, E, Albert A. 2014. Determinación cualitativa de factores antinutricionales en las especies, *Erithryna Poeppigiana* (Walp. O. F), *Trichanthera Gigantea* (H y B), *Morus Alba* Lin, en la época de lluvia y seca. *Revista Infociencia* Vol.18, No.3, p.1-12
- Savón L., Gutiérrez O, Scull I, 2005. Harinas de follajes tropicales: una alternativa potencial para la alimentación de especies monogástricas. VI Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba: 69-79
- Sierra Posada JO. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros, 2ª edición, Ed. Edhasa
- Susano HR. 1981. Especies arbóreas forestales susceptibles de aprovecharse como forraje, *Ciencia forestal: Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*, Vol.6, No.29:31-39
- Tamir, B, Asefa G.. 2009. Effect of different forms of *Acacia saligna* leaves inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in lambs fed grass hay basal diet. *Anim Feed Sci. Technol.* Vol.153: 39-47
- Tilley JM, Terry RA, 1963, A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops, *Grass and Forage Science*, Vol. 10, No. 2: 104-111
- Valenciaga, D, Chongo, B. 2004, La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Vol. 38, No. 4: 343-350
- Van Soest PJ. Robertson JB, Lewis BA, 1991, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of DairyScience*, Vol. 74, No.10: 3583- 3597
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2 ed. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Itacha, USA
- Vinueza, A, 2014, Tamizaje fitoquímico e identificación de alcaloides de *Phaedranas saschizantha Baker*, Tesis, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias, Ecuador: 20, 21

## 9. Anexos

Figura 9.1 *Atriplex nummularia*. Primer muestreo, 31 de agosto, 2015



Figura 9.2 *Acacia saligna*. Primer muestreo, 31 de agosto, 2015



Figura 9.3 *Crataegus pubescens*. . Primer muestreo, 31 de agosto, 2015



Figura 9.4 *Eysenhardtia polystachya*. Primer muestreo, 31 de agosto, 2015



Figura 9.5 *Atriplex nummularia*. Segundo muestreo, 18 de septiembre, 2015



Figura 9.6 *Acacia saligna*. Segundo muestreo, 18 de septiembre, 2015



Figura 9.7 *Crataegus pubescens*. Segundo muestreo, 18 de septiembre, 2015



Figura 9.8 *Eysenhardtia polystachya*. Segundo muestreo. 18 de septiembre, 2015

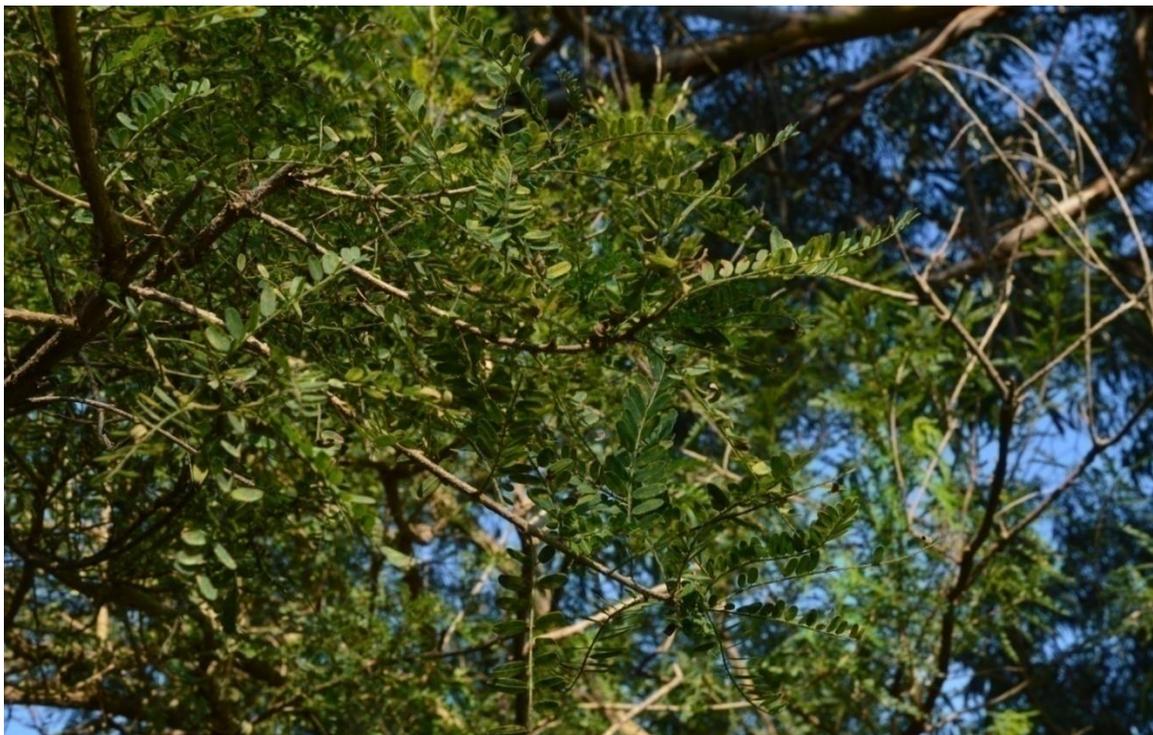


Figura 9.9 *Atriplex nummularia*. Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015



Figura 9.10 *Acacia saligna*. Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015



Figura 9.11 *Crataegus pubescens*. Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015



Figura 9.12 *Eysenhardtia polystachya*. Tercer muestreo, 6 de octubre, 2015



Figura 9.13 Preparación de las muestras para el tamizaje fitoquímico



Figura 9.14 Comparación de resultados a la determinación de glucósidos cianogénicos. Resultado positivo (izquierda) Resultado negativo (derecha).



Figura 9.15 Resultado de la determinación de nitritos. Positivo (izquierda) negativo (derecha)

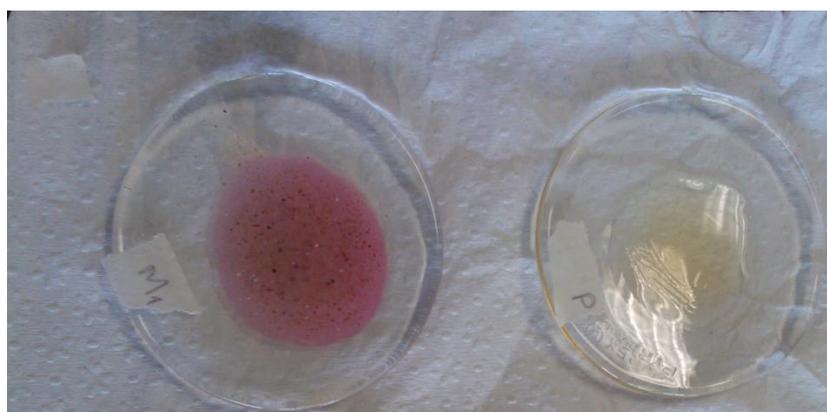


Figura 9.16 Resultados de la determinación de taninos condensados. Resultado negativo (izquierda), resultado positivo (derecha)

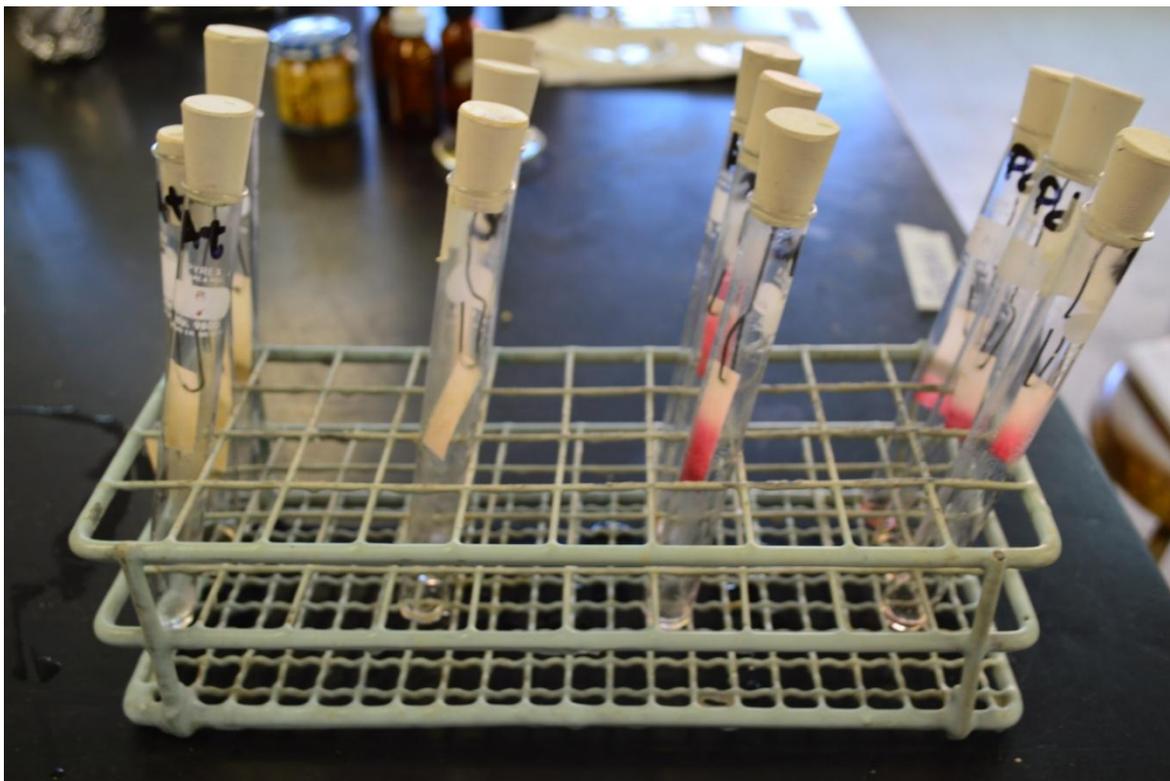


Figura 9.17 Determinación de alcaloides, Resultado negativo (izquierda) resultado positivo (derecha).



Figura 9.18 Determinación de nitratos, resultado positivo (izquierda).Resultado negativo (derecha)

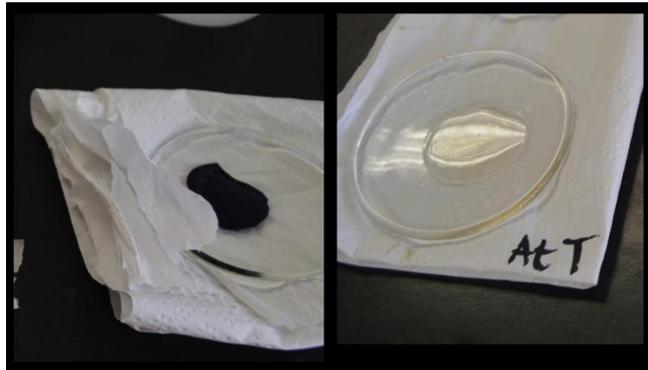


Figura 9.19 Resultado positivo para la formación de espuma en la prueba de saponinas-



Cuadro 9.1 Composición químico proximal de tallos y hojas de Mimosa (*Acacia saligna*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca.

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
Proteína cruda	14.24 ± 0.43 b	6.97 ± 0.20 e	13.88 ± 0.05 b	7.39 ± 0.18 cd	15.63 ± 0.02 a	7.72 ± 0.26 c
Extracto etéreo	5.86 ± 0.39 a	3.06 ± 0.22 d	5.93 ± 0.39 a	4.69 ± 0.49 bc	6.17 ± 0.93 a	3.76 ± 1.06 cd
Cenizas	8.72 ± 0.00 b	5.72 ± 0.04 d	9.01 ± 0.02 a	6.12 ± 0.10 c	9.00 ± 0.01 a	5.62 ± 0.02 d
ELN*	35.58	33.60	35.32	24.92	25.42	31.33

ELN: Extracto libre de nitrógeno,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.2 Composición químico proximal de tallos y hojas de Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Prefloración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
Proteína cruda	14.26 ± 0.49 a	6.97 ± 0.09 b	14.81 ± 0.00 a	7.38 ± 0.08 b	14.42 ± 0.25 a	7.19 ± 0.00 b
Extracto etéreo	5.87 ± 0.21 b	6.76 ± 0.20 a	4.83 ± 0.03 c	4.04 ± 0.28 c	6.10 ± 0.66 ba	2.66 ± 0.34 d
Cenizas	22.54 ± 0.83 b	5.70 ± 0.04 d	26.51 ± 0.04 a	7.51 ± 0.25 c	23.29 ± 0.10 b	7.08 ± 0.05 c
ELN*	24.46	23.45	24.90	16.59	27.97	27.14

ELN: Extracto libre de nitrógeno,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.3 Composición químico proximal de tallos y hojas de Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Madurez		Senescencia		Senescencia	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
Proteína cruda	17.47 ± 0.26 a	6.90 ± 0.09 e	16.30 ± 0.23 c	7.20 ± 0.03 e	15.40 ± 0.28 b	8.26 ± 0.41 d
Extracto etéreo	7.44 ± 0.05 a	5.52 ± 0.07 b	7.08 ± 0.86 a	5.55 ± 0.90 b	7.60 ± 0.23 a	2.83 ± 0.33 c
Cenizas	5.41 ± 0.21 c	4.59 ± 0.44 d	7.22 ± 0.00 a	5.29 ± 0.06 c	6.91 ± 0.02 ab	6.70 ± 0.12 b
ELN*	27.28	26.43	30.85	20.03	28.71	28.32

ELN: Extracto libre de nitrógeno,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.4 Composición químico proximal de tallos y hojas de Tejocote (*Crataegus pubescens*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Fructificación		Fructificación		Fructificación	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
Proteína cruda	10.00 ± 0.06 b	3.41 ± 0.54 c	10.18 ± 0.38 b	3.62 ± 0.06 d	10.06 ± 0.04 a	3.43 ± 0.22 d
Extracto etéreo	5.32 ± 0.42 bc	5.59 ± 0.16 bc	6.73 ± 0.53 a	4.98 ± 0.01 d	6.04 ± 0.19 ab	3.82 ± 0.66 e
Cenizas	8.46 ± 0.12 b	5.70 ± 0.04 d	8.78 ± 0.14 a	7.54 ± 0.05 c	8.37 ± 0.01 b	8.38 ± 0.16 b
ELN*	47.68	30.25	47.05	23.94	41.81	42.34

ELN: Extracto libre de nitrógeno,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.5 Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Mimosa (*Acacia saligna*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0				18				36			
Etapa fenológica	Floración				Floración				Floración			
Parte morfológica	Hojas		Tallos		Hojas		Tallos		Hojas		Tallos	
	%		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
FDN	35.62 ± 0.30	d	50.67 ± 0.95	b	35.88 ± 0.11	d	51.58 ± 0.12	a	43.80 ± 0.09	c	56.90 ± 0.21	b
FDA	31.99 ± 0.04	e	48.04 ± 0.32	b	34.77 ± 0.23	d	48.60 ± 0.06	b	38.21 ± 0.30	c	50.51 ± 0.38	a
LIG	10.14 ± 0.15	e	13.60 ± 0.15	c	11.98 ± 0.16	d	13.85 ± 0.22	c	18.89 ± 0.04	a	14.39 ± 0.40	b
HEM*	3.63		2.63		1.11		8.26		5.59		1.07	
CEL*	21.85		34.44		22.79		34.76		19.32		36.13	

HEM: Hemicelulosa, CEL: Celulosa,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.6 Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia en 2015, expresados en base seca

Día	0				18				36			
Etapa fenológica	Floración				Floración				Floración			
Parte morfológica	Hojas		Tallos		Hojas		Tallos		Hojas		Tallos	
	%		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
FDN	32.88 ± 0.98	c	64.49 ± 0.21	b	38.81 ± 1.22	d	57.13 ± 0.42	a	45.56 ± 0.16	d	55.94 ± 0.10	b
FDA	15.11 ± 0.30	c	42.84 ± 0.33	a	17.02 ± 0.66	c	34.84 ± 0.30	ab	17.53 ± 0.16	c	35.53 ± 0.35	b
LIG	8.50 ± 0.16	e	21.10 ± 0.36	a	9.11 ± 0.18	e	19.20 ± 0.37	b	10.23 ± 0.03	d	17.17 ± 0.40	c
HEM*	22.53		20.49		17.95		28.24		18		20.42	
CEL*	8.26		21.6		8.42		21.86		6.35		26.64	

HEM: Hemicelulosa, CEL: Celulosa,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.7 Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
FDN	42.41 ± 0.54 d	56.57 ± 0.70 b	40.46 ± 0.59 e	61.95 ± 0.35 a	39.50 ± 0.09 e	53.90 ± 0.18 c
FDA	21.33 ± 0.93 e	42.77 ± 0.77 a	24.73 ± 0.94 d	40.62 ± 0.08 b	19.14 ± 0.94 f	38.17 ± 0.38 c
LIG	6.59 ± 0.20 d	13.72 ± 0.10 a	8.85 ± 0.01 c	12.09 ± 0.33 b	4.05 ± 0.06 e	14.21 ± 0.33 a
HEM*	21.09	13.8	15.73	21.33	30.36	15.73
CEL*	14.74	29.05	15.88	28.53	5.09	23.96

HEM: Hemicelulosa, CEL: Celulosa,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.8 Análisis de Van Soest de tallos y hojas de Tejocote (*Crataegus pubescens*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
FDN	28.56 ± 0.18 d	54.06 ± 0.37 b	27.27 ± 0.03 e	59.94 ± 0.30 a	25.73 ± 0.37 f	42.05 ± 0.08 c
FDA	25.38 ± 0.42 d	45.49 ± 0.10 c	24.63 ± 0.24 e	39.50 ± 0.45 b	21.45 ± 0.16 f	36.66 ± 0.16 a
LIG	9.09 ± 0.25 d	19.12 ± 0.57 a	8.80 ± 0.45 d	17.80 ± 0.21 b	7.13 ± 0.22 e	16.27 ± 0.40 c
HEM*	3.18	8.57	2.64	20.44	4.28	5.39
CEL*	16.3	26.37	15.83	21.71	14.33	20.39

HEM: Hemicelulosa, CEL: Celulosa,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05

Cuadro 9.9 Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Mimosa (*Acacia saligna*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
DIVMS	46.07 ± 0.58 a	35.92 ± 0.17 c	40.21 ± 0.14 b	30.05 ± 0.54 e	31.07 ± 0.89 d	31.07 ± 0.41 d
DIVMO	43.81 ± 0.76 a	33.65 ± 0.29 c	35.71 ± 0.58 b	26.48 ± 0.12 e	30.68 ± 0.40 d	26.87 ± 0.45 e
ED* (Mcal/Kg)	1.88	1.50	1.63	1.26	1.26	1.30
EM* (Mcal/ Kg)	1.54	1.23	1.34	1.03	1.04	1.07

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.10 Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
DIVMS	77.74 ± 0.07 b	45.73 ± 0.57 d	80.02 ± 0.83 a	44.87 ± 0.15 e	77.06 ± 0.22 b	46.92 ± 0.26 c
DIVMO	72.13 ± 0.41 b	44.00 ± 0.61 d	75.07 ± 0.32 a	42.01 ± 0.28 e	71.39 ± 0.43 b	43.94 ± 0.04 c
ED (Mcal/Kg)	2.70	1.93	2.63	1.85	2.65	1.93
EM (Mcal/ Kg)	2.21	1.58	2.13	1.51	2.17	1.58

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.11 Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
DIVMS	50.10 ± 0.55 a	49.04 ± 0.57 b	50.89 ± 0.21 a	43.71 ± 0.61 c	49.00 ± 0.77 b	42.95 ± 0.04 c
DIVMO	49.80 ± 0.18 a	47.07 ± 0.08 b	50.06 ± 0.36 a	41.56 ± 0.53 c	46.75 ± 0.43 b	40.23 ± 0.53 d
ED (Mcal/Kg)	2.13	2.08	2.12	1.85	2.05	1.78
EM (Mcal/ Kg)	1.74	1.71	1.40	1.51	1.68	1.46

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=0.05.

Cuadro 9.12 Digestibilidad y energía de tallos y hojas de Tejocote (*Crataegus pubescens*) colectados en el jardín de introducción de especies leñosas forrajeras de la FES-C UNAM en el periodo de lluvia, 2015, expresados en base seca

Día	0		18		36	
Etapa fenológica	Floración		Floración		Floración	
Parte morfológica	Hojas %	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)	Hojas (%)	Tallos (%)
DIVMS	49.25 ± 0.43 c	40.15 ± 0.17 e	56.99 ± 0.32 b	38.08 ± 0.23 f	60.25 ± 0.28 a	45.58 ± 0.48 d
DIVMO	43.37 ± 0.53 c	38.66 ± 0.14 d	54.95 ± 0.16 b	33.10 ± 0.09 e	59.47 ± 0.35 a	39.20 ± 0.34 d
ED (Mcal/Kg)	2.01	1.69	2.33	1.57	2.47	1.86
EM (Mcal/ Kg)	1.65	1.39	1.91	1.29	2.02	1.52

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable,

\*Valor calculado.

Diferentes letras en la misma fila indican diferencia significativa con alfa=

Cuadro 9.13 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de proteína cruda como variable dependiente.

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:especie	87.226	3	29.0753	456.37	0.0000
B:muestreo	18.508	2	9.25419	145.25	0.0000
C:Parte morfológica	787.563	1	787.563	12361.61	0.0000
INTERACCIONES					
AB	23.803	6	3.9671	62.27	0.0000
AC	8.3057	3	2.76858	43.46	0.0000
BC	11.478	2	5.73901	90.08	0.0000
ABC	42.847	6	7.14118	112.09	0.0000
RESIDUOS	1.529	24	0.06371		
TOTAL (CORREGIDO)	981.26	47			

Cuadro 9.14 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de extracto etéreo como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:especie	8.62972	3	2.87657	11.60	0.0001
B:muestreo	5.59883	2	2.79941	11.29	0.0004
C:Parte morfológica	39.2228	1	39.2228	158.14	0.0000
INTERACCIONES					
AB	11.0527	6	1.84212	7.43	0.0001
AC	5.40447	3	1.80149	7.26	0.0012
BC	12.1236	2	6.06181	24.44	0.0000
ABC	8.46102	6	1.41017	5.69	0.0009
RESIDUOS	5.95255	24	0.248023		
TOTAL (CORREGIDO)	96.4457	47			

Cuadro 9.15 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de cenizas como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie	650.148	3	216.716	4683.64	0.0000
B:Muestreo	16.9269	2	8.46345	182.91	0.0000
C:parte morfológica	388.627	1	388.627	8398.96	0.0000
INTERACCIONES					
AB	11.0879	6	1.84798	39.94	0.0000
AC	551.54	3	183.847	3973.27	0.0000
BC	3.62015	2	1.81008	39.12	0.0000
ABC	6.13731	6	1.02289	22.11	0.0000
RESIDUOS	1.1105	24	0.0462708		
TOTAL (CORREGIDO)	1629.2	47			

Cuadro 9.16 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de FDN como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie	560.273	3	186.758	819.20	0.0000
B:muestreo	154.159	2	77.0796	338.11	0.0000
C:Parte morf	5456.21	1	5456.21	23933.39	0.0000
INTERACCIONES					
AB	181.37	6	30.2283	132.59	0.0000
AC	420.814	3	140.271	615.29	0.0000
BC	262.541	2	131.271	575.81	0.0000
ABC	61.2711	6	10.2119	44.79	0.0000
RESIDUOS	5.4714	24	0.22797		
TOTAL (CORREGIDO)	7102.11	47			

Cuadro 9.17 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de FDA como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie	2180.06	3	726.686	3389.26	0.0000
B:Muestreo	75.0108	2	37.5054	174.93	0.0000
C:Parte m.	4623.65	1	4623.65	21564.69	0.0000
INTERACCIONES					
AB	249.147	6	41.5245	193.67	0.0000
AC	244.005	3	81.335	379.35	0.0000
BC	28.8221	2	14.4111	67.21	0.0000
ABC	83.2679	6	13.878	64.73	0.0000
RESIDUOS	5.1458	24	0.214408		
TOTAL (CORREGIDO)	7489.11	47			

Cuadro 9.18 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de LDA como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Especie	282.096	3	94.0321	1210.23	0.0000
B:Muestreo	0.74295	2	0.371475	4.78	0.0179
C:Parte m.	520.281	1	520.281	6696.20	0.0000
INTERACCIONES					
AB	77.0088	6	12.8348	165.19	0.0000
AC	174.868	3	58.2894	750.21	0.0000
BC	23.8871	2	11.9436	153.72	0.0000
ABC	72.3078	6	12.0513	155.10	0.0000
RESIDUOS	1.86475	24	0.0776979		
TOTAL (CORREGIDO)	1153.06	47			

Cuadro 9.19 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de DIVMS seca como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Especie	6256.78	3	2085.59	9817.52	0.0000
B:Muestreo	23.4439	2	11.722	55.18	0.0000
C:Parte m.	3810.64	1	3810.64	17937.84	0.0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	525.267	6	87.5445	412.10	0.0000
AC	2143.01	3	714.336	3362.59	0.0000
BC	98.3071	2	49.1535	231.38	0.0000
ABC	128.421	6	21.4035	100.75	0.0000
RESIDUOS	10.1969	48	0.212436		
TOTAL (CORREGIDO)	12996.1	71			

Cuadro 9.20 Análisis de varianza multifactorial 4x3x2 con un alfa 0.05 para el porcentaje de DIVMO como variable dependiente

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Especie	5738.07	3	1912.69	12208.44	0.0000
B:Muestreo	47.2628	2	23.6314	150.84	0.0000
C:Parte m.	3890.36	1	3890.36	24831.61	0.0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	566.777	6	94.4629	602.94	0.0000
AC	1560.84	3	520.279	3320.87	0.0000
BC	136.009	2	68.0047	434.06	0.0000
ABC	222.334	6	37.0557	236.52	0.0000
RESIDUOS	7.52013	48	0.156669		
TOTAL (CORREGIDO)	12169.2	71			