



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**CALIDAD NUTRIMENTAL DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS CON POTENCIAL  
FORRAJERO PARA RUMIANTES DEL ALTIPLANO POTOSINO**

**Por:**

**JUAN CARLOS MÉNDEZ VILLAZANA**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P.**

**Marzo 2006**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**CALIDAD NUTRIMENTAL DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS CON POTENCIAL  
FORRAJERO PARA RUMIANTES DEL ALTIPLANO POTOSINO**

**Por:**

**JUAN CARLOS MÉNDEZ VILLAZANA**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Asesor: Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez**

**Revisor: M. C. Víctor Armando Gallegos Barrientos**

**Revisor: M. C. Felipe de Jesús Morón Cedillo**

**Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P.**

**Marzo 2006**

El trabajo titulado "VALORACIÓN NUTRIMENTAL DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS CON POTENCIAL FORRAJERO PARA RUMIANTES DEL ALTIPLANO POTOSINO" fue realizado por: **Juan Carlos Méndez Villazana** como requisito parcial para obtener el título de "Ingeniero Agrónomo Zootecnista" y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez  
Asesor



M.C. Víctor Armando Gallegos Barrientos  
Revisor



M.C. Felipe de Jesús Morón Cedillo  
Revisor



Ejido Palma de la Cruz. Municipio de Soledad de Graciano Sánchez. San Luis Potosí, a los siete días del mes de Febrero del 2006.

## DEDICATORIA

### A DIOS

Por dejarme disfrutar de este evento tan importante para mí, junto a mi familia y amigos.

A mi **PADRE** por guiarme en este camino y estar siempre a mi lado apoyándome y corrigiéndome, dándome la seguridad y confianza para realizarme como profesionista y persona.

A mi **MADRE** por darme la vida y llenarme de cariño y consejos para ser siempre una mejor persona; mil gracias por ser ese pilar necesario en mi vida.

A mis **HERMANOS** por ser los mejores amigos y por que se que siempre estarán ahí para apoyarme y darme ánimos para seguir adelante: Imelda, Adriana, Leticia y Modesto

A mis **ABUELOS** que siempre me motivan a seguir a delante y por sus gratas bendiciones.

A mi novia Genoveva Villalón Rocha, por que siempre ha estado ahí para apoyarme en todo lo que hago.

A mis amigos Jorge Sagahon, Lupita Arroyo, Mencho, Yosahandy Peña, Norma Vega, Cesar E. Rodríguez, Jorge Ramos, Juan C. Velázquez, Ramon Osteguin, Mónica Zavala, Karla Milán, Wyoming, Adrian Balderas, Nilonen, Carlos Palomo, Erica, Alejandro, Rosaura, Israel y Memo por su amistad, ayuda y sinceridad hacia mí

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MI ASESOR**

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez

Por su valioso apoyo, sus sugerencias, recomendaciones y tiempo dedicado, para la realización de esta investigación

### **A MIS REVISORES**

M. C. Víctor Armando Gallegos Barrientos

M. C. Felipe de Jesús Morón Cedillo

Por sus aportaciones y correcciones en el presente trabajo.

### **AL FONDO INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA (FIDA) Y AL CENTRO INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DE LAS ZONAS SECAS**

A través del proyecto "*Strengthening Institutional capacity to improve marketing of small ruminant products and income generation in dry areas of Latin America*" por el apoyo financiero para la realización de este trabajo.

### **AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE ZONAS DESÉRTICAS – UASLP**

Por las facilidades prestadas para la realización de este estudio.

### **A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

Por darme la oportunidad de realizarme como profesionista.

### **A LA FACULTAD DE AGRONOMIA – UASLP**

Por la preparación académica durante mi estancia como estudiante.

## CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
Utilización de Árboles y Arbustos.....	2
Limitaciones de los Árboles y Arbustos como Forraje.....	2
Árboles: Descripción Botánica, Localización y Utilización.....	3
Algarrobo ( <i>Ceratonia silicua</i> ).....	3
Guaje ( <i>Leucaena glauca</i> ).....	3
Guamuchil ( <i>Pithecellobium dulce</i> ).....	5
Tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ).....	6
Retama ( <i>Parkinsonia aculeata</i> ).....	6
Arbustos: Descripción Botánica, Localización y Utilización .....	9
Vara dulce ( <i>Eysenhardtia texana</i> ).....	9
Caliandra ( <i>Calliandra eriophylla</i> ).....	10
Costilla de vaca ( <i>Atriplex canescens</i> ).....	10
Membrillito ( <i>Amelanchier denticulata</i> ).....	11
Engordacabras ( <i>Dalea bicolor</i> ).....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Localización.....	13
Recolección de Muestras.....	13
Análisis Químico.....	13
Desaparición <i>in vitro</i> de la Materia Seca.....	13
Desaparición <i>in situ</i> de la Materia Seca.....	14

	Página
Diseño Experimental.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición nutrimental y de calidad de árboles y arbustos.....	8
2	Composición química en base seca de árboles y arbustos.....	16
3	Desaparición <i>in vitro</i> (%) y tasa de desaparición (Kd, % h <sup>-1</sup> ) de la materia seca (DIVMS) de cinco especies de árboles y cinco arbustos.....	20
4	Desaparición <i>in situ</i> (%) y tasa de desaparición (Kd, % h <sup>-1</sup> ) de la materia seca (DISMS) de cinco especies de árboles y cinco arbustos.....	22
5	Composición química (% MS), desaparición <i>in vitro</i> (DIVMS) e <i>in situ</i> (DISMS) (%) y tasa de desaparición (Kd, % h <sup>-1</sup> ) de la materia seca por tipo (árbol y arbusto).....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Porcentaje de proteína cruda (PC) de diferentes especies de Árboles y Arbustos.....	18
2	Porcentaje de materia seca (MS), cenizas, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en diferentes especies de Árboles y Arbustos.....	19
3	Porcentaje de desaparición <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> de la materia seca por especie (Árboles y Arbustos), incubados de 6 a 72 h.....	21
4	Porcentaje materia seca (MS), cenizas, proteína (PC), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) y desaparición <i>in vitro</i> (DIVMS) e <i>in situ</i> (DISMS) de la materia seca incubados de 6 a 72 h por tipo (Árboles y Arbustos).....	24

## RESUMEN

Para evaluar la calidad nutrimental como forraje del follaje de cinco árboles (*Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium dulce*, *Ceratonia silicua*, *Leucaena glauca*, *Crataegus pubescens*) y cinco arbustos (*Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor*, *Eysenhardtia texana*, *Atriplex canescens*, *Amelanchier denticulata*), se determinó el porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y desaparición *in vitro* (DIVMS) e *in situ* de la MS (DISMS) a las 6, 12, 48 y 72 h de incubación. La calidad nutrimental de los árboles y arbustos fue estadísticamente similar. El porcentaje mayor de PC y de DIVMS a las 72h de incubación fueron encontradas para *Leucaena glauca* (28.2 y 62.3%), *Pithecellobium dulce* (23.3 y 59.2%) y *Atriplex canescens* (18.8 y 57.5%). Por ello se concluye que *Leucaena glauca*, *Pithecellobium dulce* y *Atriplex canescens* tienen mayor calidad nutrimental forrajera y sin duda alguna, tienen potencial de ser propagadas en las zonas áridas y semiáridas del norte de México.

## SUMMARY

In order to evaluate the nutrimental quality like forage of the foliage of five trees (*Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium dulce*, *Ceratonia siliqua*, *Leucaena glauca*, *Crataegus pubescens*) and five shrubs (*Calliandra eriophylla*, *Dalca bicolor*, *Eysenhardtia texana*, *Atriplex canescens*, *Amelanchier denticulata*), the percentage of dry matter was determined (MS), crude protein (PC), ashes, neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA) and disappearance *in vitro* (DIVMS) and *in situ* of MS (DISMS) to 6, 12, 48 and 72 h of incubation. The nutrimental quality of the trees and shrubs was statistically similar. The greatest percentage of PC and DIVMS in 72h of incubation was found for *Leucaena glauca* (28.2 and 62.3%), *Pithecellobium dulce* (23.3 and 59.2%) and *Atriplex canescens* (18.8 and 57.5%). For this reason it concluded that the *Leucaena glauca*, *Pithecellobium dulce* and *Atriplex canescens* have the greatest forage nutrimental quality and without a doubt some of them have potential of being propagated in the barren and semi-arid zones of the north of Mexico.

## INTRODUCCIÓN

En muchos países en desarrollo las poblaciones rurales obtienen parte de su alimento y requerimiento básico de árboles y arbustos de la vegetación espontánea. En las zonas áridas y semiáridas de México, este recurso natural también representa una fuente importante de alimento para el ganado, y en especial para los pequeños rumiantes, principalmente durante la temporada seca, donde los pastos pueden escasear y tener bajo valor nutritivo. Entonces, el follaje y las vainas de árboles y arbustos ser fuente importante de energía y proteína, especialmente para los pequeños rumiantes de sistemas extensivos. También los árboles y arbustos proveen madera, leña y sombra para mitigar los efectos negativos del sol, lluvia y viento en el suelo. Las características agronómicas y forrajeras que deben tener los árboles y los arbustos son rápido crecimiento y establecimiento, alta productividad a la poda, corte, pastoreo o ramoneo, buena adaptación a condiciones edáficas del medio ambiente, disponer de sistemas radicales profundos, adecuada producción de follaje en periodos secos, valor nutritivo, buena palatabilidad y alta aceptación por los animales, alta relación proteína:energía. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad nutrimental de cinco árboles y cinco arbustos con potencial forrajero para rumiantes de zonas áridas y semiáridas de México.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Utilización de Árboles y Arbustos**

Diversos países han formulado programas de plantación de árboles y arbustos forrajeros para disminuir la utilización de las áreas de pastizal permanente. Frecuentemente, cuando los pastizales se han secado, la fuente principal de alimento son el follaje y frutos de árboles y arbustos, los cuales pueden recolectarse y almacenarse, o bien, ser consumidos directamente por los animales. También, los árboles y arbustos, sirven como linderos, cercas vivas y cortinas rompe-vientos (Ramanchadran, 1997). La calidad nutrimental de algunos árboles y arbustos se presenta en el Cuadro 1, y como se puede observar, la variación en los contenidos de proteína, fibra y digestibilidad se deben no sólo a la especie de planta, sino también al estado fenológico y a la época de recolección.

### **Limitaciones del uso de Árboles y Arbustos como Forraje**

Uno de los motivos que limitan la utilización efectiva del follaje de los árboles y arbustos como alimento es su contenido de compuestos indeseables (taninos, saponinas, cianógenos, mimosina, entre otros). Estos afectan la utilización de algunos nutrientes, el sistema neurológico, el desarrollo y salud del animal. La severidad de estos efectos negativos dependerá del nivel de consumo de la planta y de la concentración de compuestos antinutricionales que ella contenga. Los taninos o compuestos polifenólicos son los más abundantes, disminuyen el consumo y la digestibilidad de los alimentos, uniéndose a enzimas producidas por el animal y a proteínas de los alimentos, formando así complejos indigestibles. Los resultados son baja actividad enzimática y del metabolismo de las proteínas. Sin embargo, hay evidencias de bajos niveles de taninos en la dieta (2 a 4%) pueden tener efectos favorables disminuyendo el timpanismo y la degradación de proteínas de calidad en el rumen, aumentando así, la disponibilidad de proteína de la dieta en intestino.

Para reducir al mínimo los efectos perjudiciales de los compuestos indeseables presentes en algunas plantas forrajeras es recomendable la deshidratación del follaje, su combinación con residuos de cosecha y su consumo controlado (Simbaya, 2002).

## Árboles: Descripción Botánica, Localización y Utilización

### **Algarrobo** (*Ceratonia silicua*)

Pertenece a la familia de las *Leguminosae*, subfamilia *Caesalpinioideae*, del género *Ceratonia*. Es una legumbre indehiscente, con contenido elevado de azúcares, fibra y taninos (Tous y Batlle, 1990). Es una especie polígamo-troica, es decir, que presenta flores hermafroditas, masculinas y femeninas sobre distintos pies. Es un árbol perennifolio de tamaño grande (5-15m), vigoroso, con crecimiento lento, muy longevo, porte abierto y ramificación abundante. Su tronco tiene una corteza rugosa de color grisáceo, las hojas son compuestas, paripinnadas, persistentes, , con 3 a 6 pares de foliolos coriáceos insertos en el raquis largo (10-25 cm). Su sistema radicular es pivotante profundo con raíces laterales extensas. No fija nitrógeno atmosférico, porque es incapaz de nodular simbióticamente las bacterias nitrificantes. La floración se caracteriza por su amplio periodo, inicia en verano y finaliza en el otoño (Tous y Batlle, 1990).

El fruto es una silicua, de 10-27 cm de largo, tiene forma alargada, más o menos corvada, es comprimido y carnosos (Tous y Batlle, 1990).

Esta especie es cultivada principalmente en las zonas litorales de los países de la cuenca mediterránea. Se localiza al sur de España, Córcega, Sicilia, Chipre, Creta y también en Sonora y posiblemente en otras regiones del norte de México (Niembro, 1986). Del algarrobo, las vainas constituyen un pienso excelente para el ganado por su contenido de proteína.

Sus frutos se utilizan para la obtención de miel, alcohol, laxantes y diuréticos también su hemicelulosa llamada tragasol es muy apreciada en la industria. El árbol se usa para reforestar en suelos calizos y rocosos, particularmente en zonas áridas y semiáridas (Niembro, 1986).

### **Guaje** (*Leucaena leucocephala*)

Se le conoce como Guaje, Huaje, Vaxi, Yage (Niembro, 1986), Leleques (norte Veracruz), Uaxin (península Yucatán), Pacapaca (Zoque, Chis.) (Pennington y Sarukhán, 1998), entre otros. Puede ser considerada como una especie pantropical de

carácter semiautóctono, debido a sus largas raíces pivotantes y a la capacidad de fijar N con rizobios (hasta 500 kg N /ha/año) es capaz de crecer en una gran variedad de sustratos. Prefiere los suelos profundos y frescos, presenta buen crecimiento en suelos neutros alcalinos especialmente en terrenos calizos, tolerante a la salinidad, sobrevive a las quemadas y es resistente a las tormentas (Lamprecht, 1990).

La *L. glauca* pertenece a la familia *Leguminosae* subfamilia *Mimosoideae* (Niembro, 1986), arbusto o árbol caducifolio sin espinas de hasta 18 m de altura (Ramanchadran, 1997), tronco derecho; ramas ascendentes, copa redondeada (Pennington y Sarukhán, 1998), con hojas bipinnadas compuestas alternas de color verde grisáceo que se cierran durante la noche. El raquis mide de 12 a 15 cm de largo y en él se encuentran de 3 a 7 pares de folíolos primarios opuestos, que miden de 4 a 10 cm de largo, cada uno compuesto a su vez por 10 a 20 pares de folíolos secundarios de 8 a 15 mm de longitud (Lamprecht, 1990). Los árboles pierden sus hojas durante la época seca. Tienen flores perfumadas actinomorfas (Pennington y Sarukhán, 1998) sentadas perfectamente redondas solitarias o en pares, auxiliares, a veces formando una inflorescencia terminal ramificada; cáliz verde de cinco dientes ovados, con 10 estambres de 8 a 9 mm de longitud, libres y glabros, florece durante todo el año (Pennington y Sarukhán, 1998). Sus frutos son vainas dehiscentes (Havard, 1969), aplanadas de 10 a 15 cm de largo, las cuales contienen de 12 a 25 semillas (Lamprecht, 1990).

La *L. glauca* es nativo de Centroamérica y México; introducido al sur y sureste de Asia, África, Sudamérica y Caribe (Ramanchadran 1997). Se localiza en toda la República Mexicana menos en los estados de Baja California Norte, Chihuahua, Aguascalientes, Zacatecas, Quintana Roo y Guanajuato (FIRA, 1981). Se desarrolla tanto en zonas con precipitación de entre 400 y 800 mm, con una época de sequía de 4 a 5 meses de duración, como en zonas sin estacionalidad marcada con precipitación entre 1600 y 2500 mm (Lamprecht, 1990).

Se utiliza la madera para leña y carbón por su excelente calidad, también es muy apreciado como fuente de energía para generar corriente eléctrica. También se emplea para la construcción y para fabricar pulpa para papel. (Niembro, 1986). También es utilizada como colorante en la industria textil, se usa como tanino en curtiduría

medicinal en la farmacología, como sucedáneo del café (FIRA, 1981). Los frutos son muy apreciados como complemento alimenticio por su alto contenido de vitamina A y proteínas (Niembro, 1986). Las hojas, flores y retoños tiernos son empleados como fuente de forraje para bovinos, ovinos y caprinos (Lamprecht, 1990). Esta planta forrajera tropical por su hábito de crecimiento, se usa para reforestar zonas erosionadas (Niembro, 1986) y como sombra de cultivos de cafetales (FIRA, 1981).

### **Guamuchil (*Pithecellobium dulce*)**

Pertenece a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae*. El género *Pithecellobium*. Es un árbol perennifolio de 15-20 metros de altura y rápido crecimiento (Niembro 1986). Sus ramas largas y ascendentes tienen espinas de 7 mm de largo en las bases de las hojas, copa piramidal o alargada, corteza externa ligeramente fisurada de color gris plomizo, hojas bipinnadas de 2-7 cm de largo, folíolos u hojuelas asimétricas ovado o elípticos con margen entero, ápice redondeado, de color verde opaco y amarillentos en la haz y verde grisáceo en el envés, con escasa pubescencia en ambas superficies, las hojas se cierran durante la noche y las hojas jóvenes tienen un color rosáceo. Sus inflorescencias auxiliares de 5 -30 cm de largo son de color amarillo o blanco verdoso, ligeramente perfumadas, actinomorfas, florece de noviembre a mayo. Sus frutos son vainas de 20 cm de largo y de 10-15 mm de ancho, dehiscentes, enroscadas, tomentosas péndulas, con angostamiento entre las semillas verde - rojizo o rasado, madura de marzo a julio o agosto (Pennington y Sarukhán, 1998).

*P. dulce* es nativo de centro y Sudamérica. Se encuentra en un amplio rango de climas, desde los trópicos secos a los húmedos (450-1650 mm de lluvia anual), incluyendo las tierras altas (Ramachandran, 1993).

En México se localiza en San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Morelos, Veracruz, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, y Baja California Sur, forma parte del bosque tropical caducifolio y del bosque espinoso (Niembro, 1986).

Sus usos principales son la leña, madera para la construcción, sombra, cercas vivas, consumo humano (vainas y semilla) y forraje (vainas y hojas) (Ramachandran, 1997).

### **Tejocote** (*Crataegus pubescens*)

Nombre vulgar del náhuatl: tetl= piedra, xocotl= fruto ácido, “fruto ácido de piedra.” Se le conoce también como chisté, manzanilla, manzanillo, y tejocote en casi toda el área de distribución. Habita en laderas de cerros con topografía escarpada y en las zonas de cultivo. Le favorecen los suelos ácidos y francos, suelos negros, arcillosos, pedregosos de origen sedimentario y volcánico (Stanley, 1961). Pertenece a la familia *Rosaceae*, árbol o arbusto caducifolio de 4-10 m de altura, provisto de espinas. Copa extendida, de hojas simples, alternas romboideas-elípticas, margen aserrado en forma irregular, haz verde oscuro y glabro, envés mas pálido y a veces pubescente. Tronco recto y ramas rígidas con espinas, corteza gris rojiza; las flores se presentan en forma de umbelas terminales con 2 a 6 flores, pétalos blancos ovado articulares, de 7 a 10 mm de largo. Fruto semejante a una pequeña manzana de color amarilla anaranjada de 1 a 2 cm de diámetro. Semillas rodeadas por su endocarpio, de color café y lisas. Su raíz es pivotante, profunda y sensible (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Se localiza desde México hasta Centroamérica y Ecuador. En México es nativa del Valle de México; se localiza en Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Veracruz, San Luis Potosí, Jalisco y Michoacán. Forma parte del bosque mesófilo de montaña del bosque *Quercus* y del bosque de coníferas (Niembro, 1986).

Se utiliza la madera para leña y los frutos para dulces o conservas. Una de sus características más importantes es su alto contenido en pectina, misma que se utiliza como coagulante en jaleas y mermeladas así como para la farmacéutica textil y siderúrgica. Las hojas, frutos y brotes tiernos lo consumen los borregos, cerdos, chivos y conejos como alimento (Niembro, 1986).

### **Retama** (*Parkinsonia aculeata*)

La retama o espina de Jerusalén (*Parkinsonia aculeata*) es dedicada a John Parkinson, botánico inglés del siglo XVI - XVII (Rzedowski y Rzedowski, 2001). La retama pertenece a la familia de las *Leguminosae*, subfamilia *Caesalpinioideae*; árbol o arbusto caducifolio de 2 a 12 m altura (Niembro, 1986), con tronco y ramas lisas color verde, espinas de 0.5 a 3 cm de largo, pinnas de 15 a 30 cm de largo, raquis secundario linear, comprimido a menudo curvado o flexuoso, foliolos muy pequeños pares de 20 a

40, alternos o a veces opuestos, cortamente peciolados, lineares o oblongos a estrechamente ovados, de 2 a 10 mm de largo, ápice redondeado; racimos de 10 a 20 cm de largo, flores de 2 a 15 de color amarilla con pequeñas manchas rojas; legumbre de 8 a 12 cm y de 5 mm de ancho, de color marrón y semillas de alrededor de 1 cm de largo y 0.5 de ancho. Se ha encontrado en flor desde diciembre hasta mayo y en fruto de junio en adelante. (Rzedowski y Rzedowski, 1997).

*P. aculeata* no es fijadora de N y puede convertirse en maleza, es intolerante a los suelos anegados (Ramanchadran, 1997). Es nativa de América, aunque hoy se encuentra distribuida en otras regiones del mundo (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Es una planta bastante resistente al frío, crece en climas ampliamente dispares, desde los trópicos secos hasta los húmedos (200 a 1000 mm de lluvia anual), y en los subtrópicos a altitudes por debajo de los 1300 m, en varios suelos (Ramanchadran, 1997).

En México, la retama es localizada en Tamaulipas, Nuevo León, Sonora, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato y Oaxaca. Forma parte del bosque caducifolio (Niembro, 1986). Su principal uso es como planta de ornato por la belleza de sus flores, como madera para leña, carbón, postes, cercas, papel (Niembro, 1986) y para controlar la erosión, sus hojas y vainas son utilizadas como forraje y alimento (Ramanchadran 1997).

Cuadro 1. Composición nutrimental de árboles y arbustos.

Especies	MS	PC	FDN	FDA	DIVMS	Referencia
<b>Árboles</b>						
<i>Ceratonia silicua</i>	--	5.0	--	--	--	Tous y Batlle, 1990
	--	6.8	--	--	--	Moh'd, <i>et al.</i> , 2001
<i>Leucaena glauca</i>	--	26.3	--	--	55.6	Foroughbakhch, 1989
	--	25.9	--	20.4	--	ANC, 1977
	--	28.7	--	12.7	65.0	FIRA, 1981
	56.6	21.9	45.7	27.7	--	Sánchez y García, 1998
	--	30.4	67.8	53.1	62.0	Sosa, <i>et al.</i> , 2004
	--	24.0	--	--	--	Romero, <i>et al.</i> , 2003
	--	29.7	--	--	56.8	Rashid, <i>et al.</i> , 1993
	--	28.0	--	--	--	Cáceres, <i>et al.</i> , 1994 (citado por Simón, 1998)
<i>Parkinsonia aculeata</i>	--	20.0	--	--	--	Taylor, 1999
	--	19.0	--	--	--	Romero, <i>et al.</i> , 2003
<i>Pithecellobium dulce</i>	--	19.1	38.2	--	51.3	Touré, 1998
<b>Arbustos</b>						
<i>Atriplex canescens</i>	--	12.0	--	--	--	Taylor, 1999
	--	18.9	--	--	47.5	Soltero, 1980
	--	17.6	37.8	--	73.8	Niekerk, <i>et al.</i> , 2004
<i>Eysenhardtia texana</i>	--	21.1	--	--	--	Taylor, 1999
	--	--	--	--	49.3	Taylor, 1999
	--	--	--	--	55.8	Taylor, 1999
	--	20.0	--	--	--	Romero, <i>et al.</i> , 2003

MS = materia seca; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de MS.

## Arbustos: Descripción Botánica, Localización y Utilización

### Vara dulce (*Eysenhardtia texana*)

Pertenece a la familia *Leguminosae*, es conocida comúnmente como vara dulce, palo dulce, rosilla y palo cuate (Rzedowski y Rzedowski, 2001), presenta sinonimia con la *Viborquia polystachia*, Ortega. *Eysenhardtia amorphoides*, H. B. K. *Eysenhardtia orthocarpa*, S. Wats. *Eysenhardtia reticulata*, Pennell. *Eysenhardtia subciriacea*, Pennell. *Eysenhardtia cobriformis*, Pennell. *Varennea polystachya*, DC (Niembro, 1986).

La *Eysenhardtia texana* es un árbol o arbusto caducifolio de 3 a 8 m de altura, con un tronco de 10 a 30 cm de diámetro, corteza delgada de color café grisáceo (Niembro, 1986), de base múltiple; hojas perennes imparipinnadas (Taylor *et al.*, 1999) minúsculas de color rojo de 4 a 8 cm de largo, con 15 a 30 folíolos oblongos, pubescentes en el envés de 5 a 8 mm de largo (Siqueiros, 1996), ápice redondeada, margen entero y base redonda (Rzedowski y Rzedowski, 1997); flores papilionadas de color blanco cremoso (Siqueiros, 1996) de 5 a 7 mm de largo, pubescentes dispuestas en racimos apretados de 4 a 15 cm de largo; legumbres pequeñas aplanadas indehiscente de 1 a 1.5 cm de largo y de 3 a 5 mm de ancho, glabro y colgante, semilla péndula de 4 a 5 mm de largo de color café. Florece de mayo a septiembre y fructifica en los últimos días del año (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Hay alrededor de catorce especies nativas de *E. Texana* en el suroeste de E.U., México y Centroamérica; en el valle de México se encuentra solo una, a altitudes de 2250 a 2700 msn, se encuentra a través del sur de Texas, pero comúnmente en áreas norteñas, con frecuencia en suelos calcáreos, colinas rocosas y barrancas de piedra caliza. (Taylor *et al.*, 1999). En México se encuentra distribuido en el estado de México, Hidalgo, Puebla, Aguascalientes, Jalisco, Durango, Sonora, Sinaloa, Oaxaca, Nuevo León, forma parte del bosque caducifolio y matorral xerófilo (Niembro, 1986).

Su principal producto es la madera que es utilizado como diurético, el follaje es ramoneado por el ganado y las semillas por los roedores. Tiene valor ornamental, particularmente en áreas secas (Taylor *et al.*, 1999).

### **Caliandra** (*Calliandra eriophylla*)

Pertenece a la familia *leguminosae* del genero *Calliandra* y especie *erriophylla*, es conocida comúnmente como plumero de hadas (Young y Young, 1992). Es un arbusto perenne bajo y tupido de 30 a 90 cm de altura (Benson y Darrow, 1981), carece de espinas dorsales. Cuenta con hojas bipinnadas sin glándulas alternadas de 1 a 2 cm de longitud de color verde oscuro; pecíolos de 3 a 5 mm; flores de color púrpura de 1 a 2.5 cm de longitud formadas por los filamentos rosados largos de 20 o más estambres que emergen de las pequeñas flores arracimadas, florecen en febrero; el fruto son vainas aplanadas pubescentes e dehiscentes de 3.8 cm de largo y de 4.7 a 3.30 mm de ancho, de color marrón y permanecen durante mucho tiempo, en la madurez se separa del ápice a lo largo de ambas suturas, y curva hacia fuera (Duane, 1973).

Se encuentran alrededor de 120 especies distribuidas en los trópicos (Young y Young, 1994) Es nativo de San Diego California y Nuevo México (Duane, 1973). En México se encuentra distribuido de Sonora a Coahuila y Puebla. Desde el oeste de Texas al sur de Arizona (Stanley, 1924). El follaje es consumido por el ganado, los ciervos y caballos (Taylor *et al.*, 1999).

### **Costilla de vaca** (*Atriplex canescens*)

Pertenece a la familia *Chenopodiaceae* de la especie *Atriplex* y variedad *canescens*, es conocido como costilla de vaca (Zacatecas), Chamizo (Baja California, Chihuahua, Nuevo México) y Cenizo (Chihuahua y Sonora) (Stanley, 1924). Es un arbusto salado, siempre gris, imperecedero erguido, ramificado denso de 1 a 2.5 m de altura y 1.2 a 2.4 m de extensión, hojas alternas pubescentes pálidas de 6 cm de largo y 6 mm de anchó; flores blanquecinas, discretas minúsculas, florece durante el verano y el fruto se encuentra generalmente durante los meses de agosto y septiembre (Duane, 1973), es una planta tolerante al sol y temperaturas altas. El *Atriplex* de ambientes áridos, tiende a un camino fotosintético C4, que es generalmente una manera más eficiente para que la planta conserve agua. Se deshojará bajo sequías extremas (Benson y Darrow, 1981).

Es nativo de áreas secas, en México se localiza de Baja California hasta Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas. Hacia el norte de los Estados Unidos de Óregon y suroeste de Dakota (Duane, 1973).

La planta entera es comestible y nutritiva para la fauna especialmente durante el invierno y épocas de sequía, es ramoneada por ciervos y conejos, las semillas son consumidas por el hombre y mamíferos pequeños, incluyendo ardillas, ratones, puercoespín entre otros. Es un alimento altamente nutritivo para las ovejas y cabras, pero su consumo excesivo puede causar problemas digestivos, especialmente durante sequías y tiempo frío. Tiene valor ornamental sobretodo en áreas secas (Taylor *et al.*, 1999)

### **Membrillito (*Amelanchier denticulata*)**

Es conocido como Serviceberry Dentado, Membrillo, Membrillito, Madronillo, Cimarron, Tlaxistle, Tlaxisqui, pertenece a la familia de las *Rosaceae*, es un arbusto pequeño, sin espinas de 1 a 3 m de altura, densamente blanco-tomentoso a glabro, tallos muy ramificados, rígidos, de color grisáceo o café; pecíolos de 2 a 4 mm de largo, laminas elípticas a ovadas de 0.5 a 2.5 cm de largo por 0.3 a 1.5 cm de ancho, ápice truncado o redondeado, flores compuestas en corimbos apretados umbeliformes: fruto rojo, elipsoide a subgloboso, de alrededor de 1 cm de largo, mas o menos tomentoso (Young y Young, 1992).

Aunque no es muy abundante *A. denticulata* se encuentra bien distribuida en las elevaciones del Valle de México a altitudes de 1800 a 2500 msm. Principalmente en pastizales y matorrales de Texas, México y Guatemala (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

La planta completa se usa para pruebas anticancerígenas, el fruto es consumido por el hombre y animales silvestres (Benson y Darrow, 1981).

### **Engordacabra (*Dalea bicolor*)**

Es conocida normalmente como Ramoncillo, Engordacabra. Pertenece a la familia Fabaceae (*leguminosae*), arbusto caducifolio de 1 a 3.5 m de altura, crispado piloso, el follaje en ocasiones denso; ramillas prominentes y densamente tuberculadas con glándulas mamiformes o granuladas; hojas cortamente pecioladas, las caulinas de 1 a 3 cm de largo, con 7 a 13 (19) foliolos, ovados, oblongo elípticos; espigas terminales

en espigas foliosas, generalmente con las flores laxamente dispuestas; pétalos bicoloros, el estandarte blanco o cremoso (después volviéndose rojizo), los pétalos epistemonos rozado-púrpuras a azules, florece de agosto a noviembre; fruto de 2 a 2.7 mm de largo, ovado a triangular, esparcidamente punteado glandular, piloso en la porción distal, semillas de 0.2 mm de largo (Benson y Darrow, 1981).

Se localiza en matorrales bajos espinosos con *Mimosa* y *Opuntia*. Se encuentra entre los 1800 a 2400 msnm. En México esta distribuido en Chihuahua, Coahuila, Durango, Jalisco, Nuevo León y México, al este del condado de Texas y Nuevo México meridional (Young y Young, 1992).

Es utilizado como un recurso natural del pastoreo cerril por su alto valor alimenticio (Young y Young, 1992). Es consumido por caprinos, bovinos y equinos en los agostaderos del norte y centro del país y también por el venado cola blanca (*Dama virginiana*). También las hojas tiernas y flores son usados para la elaboración de te y como sustituto del café. Es útil como analgésico estomacal y también para la manufactura de escobas elaboradas con sus ramas (Romero, 1987).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se realizó en el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

### Obtención de Muestras

Se utilizaron cinco árboles (*Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium dulce*, *Ceratonia silicua*, *Leucaena glauca*, *Crataegus pubescens*) y cinco arbustos (*Calliandra eriophylla*, *Dalea bicolor*, *Eysenhardtia texana*, *Atriplex canescens*, *Amelanchier denticulata*), los cuales fueron recolectadas durante el otoño del 2004 en el jardín botánico del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, S.L.P. (*Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium dulce*, *Ceratonia silicua*, *Leucaena glauca*, *Calliandra eriophylla*, *Atriplex canescens*, *Amelanchier denticulata*), del Cerro de San Pedro, S.L.P., (*Crataegus pubescens*), Villa Juárez, S.L.P. (*Dalea bicolor*) y de la presa de San José S.L.P. (*Eysenhardtia texana*). De estas especies, se recolectó la parte foliar por el método tradicional de poda (cortando las ramas superfluas). Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado y posteriormente molidas (molino Thomas Wiley) a 2 mm y almacenadas en frascos etiquetados para su posterior análisis químico.

### Análisis Químico

A las muestras de los árboles y arbustos se les determinó el porcentaje de materia seca (MS), proteína (N X 6.25), y cenizas según el manual AOAC (1990); además, se determinó la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991).

### Desaparición *in Vitro* de la Materia Seca

Para esta prueba se utilizó como donador de inóculo un novillo criollo (PV + 600 kg) equipado con una cánula ruminal (Bar Daimond, Parma, ID) y alimentado con heno de alfalfa, agua y minerales *ad libitum*. Después de tres semanas de adaptación a la dieta, se recolectó el líquido ruminal, el cual fue filtrado y depositado en un termo a

40°C. Se utilizó la primera fase de la técnica de Tilley y Terry (1963), para lo cual se mezcló la saliva de McDougall (1948) y el líquido ruminal en proporción 4:1; esta mezcla fue ajustada a pH 7 y 39°C y se depositó en tubos de 50 ml equipados con válvulas Bunsen que contenían 300 mg de muestra seca de cada especie. Posteriormente, en los tubos se agregó CO<sub>2</sub> para mantener las condiciones anaerobias y se taparon. La incubación duró 6, 12, 48 y 72 h a 39°C; una vez cumplido el tiempo de incubación, la fermentación en los tubos se detuvo por congelación (0°C). Para cuantificar la desaparición *in vitro* de la MS, los tubos se descongelaron a temperatura ambiente para luego proceder a medir la retención de material no digerido por filtración con papel filtro (Whatman No. 541) y vacío (bomba FELISA 1400, México). Para cuantificar el peso de la muestra residual, el papel filtro con el residual fueron secados a 50°C por 24 h. Los tubos blancos, sin muestra, fueron usados como factor de corrección de la materia seca del líquido ruminal. Las incubaciones se realizaron dos veces (dos corridas), y con tres tubos (submuestra) por incubación, para cada tiempo de incubación y tipo de muestra (seis tubos por muestra).

### **Desaparición *In Situ* de la Materia Seca**

Se utilizó el mismo novillo donador del líquido ruminal. Para realizar las pruebas de desaparición *in situ* se aplicó la técnica de Vanzant *et al* (1998) con bolsas de poliseda (8 x 15 cm, tamaño de poro 52 ± 10 µm), conteniendo cada una, 3 g de muestra seca y molida a 2 mm. Tres bolsas y un blanco por muestra y por tiempo de incubación fueron introducidas gradualmente (comenzando por las 6 h) dentro del rumen, y permanecieron 6, 12, 48 y 72 h. La bolsa sin muestra (blanco) se utilizó para ajustar los valores por contaminación. Al concluir el periodo de incubación, todas las bolsas fueron retiradas del rumen al mismo tiempo; posteriormente fueron lavadas con agua corriente hasta que el efluente proveniente de estos sacos fue totalmente claro. Previo al pesado de las bolsas, éstas fueron secadas, primero a temperatura ambiente (24 h) y después a 50°C en estufa de aire forzado por 24 h.

## Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Las variables MS, PC, FDN, FDA y la digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la materia seca, se analizaron con un diseño completamente al azar, con diez tratamientos (10 especies) y tres repeticiones de cada uno, donde el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias se efectuó utilizando el procedimiento para Modelos Lineales Generales (GLM) y Tukey (SAS 1990).

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + E_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = variable respuesta

$B_i$  = tratamiento

$E_{ij}$  = error experimental

Los datos de la desaparición *in vitro* se analizaron en un diseño completamente al azar con 10 tratamientos, donde la interacción corrida x tratamiento fue utilizada como término de error en el modelo (Pinos *et al.*, 2002). Las medias también fueron comparadas con Tukey (SAS, 1990).

Para comparar la calidad nutrimental entre árboles y arbustos, fueron agrupados en dos tratamientos y analizados como un diseño completamente al azar con GLM y Tukey (SAS, 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis químico de las diez especies de árboles y arbustos (Cuadro 2), muestra diferencias ( $P<0.05$ ) entre los porcentajes de materia seca (MS), cenizas, proteína (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA). El mayor porcentaje de MS ( $P<0.05$ ) fue encontrada en *Dalea bicolor*, *Amelanchier denticulata*, *Crataegus pubescens*, *Calliandra eriophylla*, *Ceratonía silicua* y *Parkinsonia aculeata*, segundas de *Eysenhardtia texana*, *Pithecellobium dulce* y por último de *Atriplex canescens* y *Leucaena glauca* (Cuadro y Figura 2).

Cuadro 2. Composición química en base seca de árboles y arbustos.

Especies	Variable				
	MS	PC	FDN	FDA	Cenizas
<b>Árboles</b>					
<i>Ceratonía silicua</i>	48.6 abc	9.7 f	67.3 cde	40.3 a	4.9 f
<i>Leucaena glauca</i>	29.3 c	28.2 a	61.5 edf	23.5 d	11.9 b
<i>Parkinsonia aculeata</i>	46.1 abc	17.0 dc	77.3 ab	32.0 bc	7.4 cd
<i>Pithecellobium dulce</i>	40.9 bc	23.3 b	56.4 f	22.8 d	7.7 c
<i>Crataegus pubescens</i>	57.1 ab	9.0 f	65.7 cde	25.8 cd	6.5 de
<b>Arbustos</b>					
<i>Calliandra eriophylla</i>	49.2 ab	14.0 e	72.9 abc	39.2 ab	5.7 ef
<i>Atriplex canescens</i>	29.6 c	18.8 c	58.9 ef	21.0 d	18.9 a
<i>Dalea bicolor</i>	63.9 a	9.4 f	81.2 a	47.1 a	3.0 g
<i>Amelanchier denticulata</i>	57.8 ab	8.5 f	64.9 cdef	24.7 cd	5.3 f
<i>Eysenhardtia texana</i>	42.4 bc	15.6 de	69.6 bcd	29.1 cd	7.0 cd
EE	3.9	0.4	1.8	1.6	0.2

MS = materia seca; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácida. Literales diferentes, en la columna corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $P<0.05$ ). EE = error estándar.

El porcentaje de cenizas fue mayor ( $P<0.05$ ) en *Atriplex canescens* y *Leucaena glauca*, seguidos de *Pithecellobium dulce*, *Parkinsonia aculeata*, *Eysenhardtia texana*

*Crataegus pubescens*, *Calliandra eriophylla*, *Amelanchier denticulata*, *Ceratonia silicua* y por ultimo de *Dalea bicolor* (Cuadro y Figura 2).

Las concentraciones mayores ( $P < 0.05$ ) de proteína fueron encontradas en *Leucaena glauca* (28.2%), las cuales coinciden con las reportados en el folleto del FIRA (1981). La Academia Nacional de Ciencias (1977) encontró que el porcentaje de proteína y materia seca del follaje de *L. glauca* puede variar durante la época del año en dependencia de las condiciones climáticas y de la temperatura. Esta especie de árbol es buena forrajera, pero una de sus limitantes principales es su porcentaje relativamente alta de mimosina (2 a 7.5), el cual es un aminoácido tóxico que prevalece en el follaje tierno (Foroughbakhch y Aguad, 1989), motivo por el cual no había sido propagada de forma intensiva (Simón, 1998). La mimosina es degradada rápidamente en rumen, convirtiéndose en 3-4, dihidroxipiridona y excretada gradualmente en la orina (Jones, 1994).

*Pithecellobium dulce* con 23.3%, fue la segunda en PC, similar a lo reportado por Touré, (1998). *Atriplex canescens* presentó 19% de PC, siendo este porcentaje similar a lo reportado por Soltero (1980) y Niekerk *et al.* (2004) y mayor al 12% expuesto por Taylor, (1999), probablemente como resultado del periodo estacional diferente al momento de la recolección. Al respecto, Soltero (1980) realizó un estudio con *A. canescens* en el norte de México y observó que su porcentaje de proteína disminuye en febrero y mayo e incrementa en junio.

Los porcentajes de proteína de *Parkinsonia aculeata*, *Atriplex canescens*, *Eysenhardtia texana* y *Calliandra eriophylla* fueron significativamente similares. Taylor (1999) y Romero *et al.* (2003) reportan en *P. Aculeata* y *E. texana* porcentajes de PC similares a los del presente estudio. Porcentajes de proteína significativamente menores a los de las especies anteriores fueron encontrados en *Ceratonia silicua*, *Dalea bicolor*, *Crataegus pubescens* y *Amelanchier denticulata* (Cuadro 2 y Figura 1).

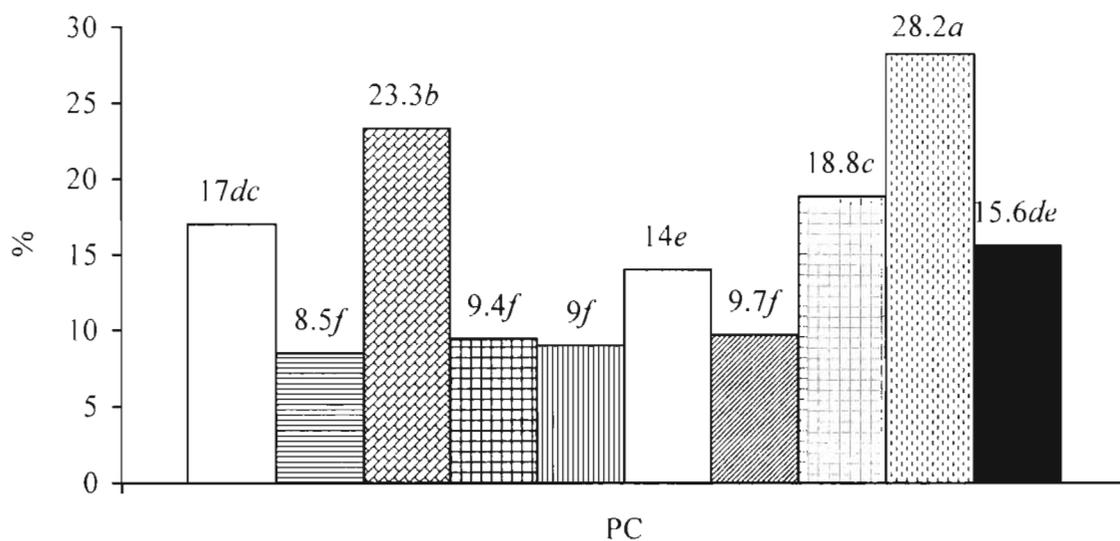
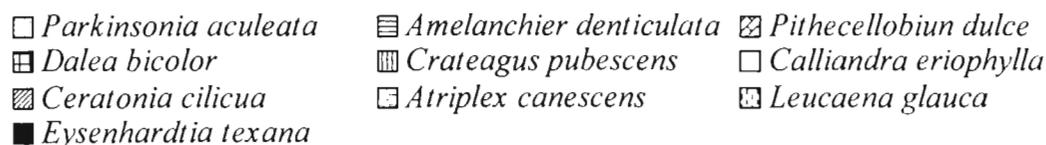


Figura 1. Porcentaje de proteína cruda (PC) de diferentes especies de árboles y arbustos. Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

Los porcentajes mayores ( $P < 0.05$ ) de FDN fueron encontrados en *Dalea bicolor*, y los menores en *Amelanchier denticulata*, *Leucaena glauca*, *Atriplex canescens* y *Pithecellobium dulce* (Figura 2). Los porcentajes de FDN expuestos en el Cuadro 2 son similares a los encontrados por Sosa *et al.* (2004), aunque mayores a los reportados por Sánchez *et al.* (1998), posiblemente también por la variación estacional del muestreo. En el presente estudio, los porcentajes de FDN de *Pithecellobium dulce* son mayores a los reportados por Touré, (1998). Al igual que el caso de la PC, las diferencias en el contenido de FDN reportadas en el presente estudio y las de trabajos previos puede atribuirse a la variación estacional.

Los porcentajes de FDA fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en *Dalea bicolor* y *Ceratonia silicua*, seguidos de *Calliandra eriophylla*, y por último de *Parkinsonia aculeata*, *Eysenhardtia texana*, *Crataegus pubescens*, *Amelanchier denticulata*, *Leucaena glauca*, *Pithecellobium dulce* y *Atriplex canescens* (Cuadro y Figura 2).

La Academia Nacional de Ciencias (1977) y Sánchez *et al.* (1998) reportan valores de FDA en *A. canescens*, *P. Dulce* y *A. canescens* similares a los del presente estudio.

- |                               |                                  |                                |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| □ <i>Parkinsonia aculeata</i> | ▨ <i>Amelanchier denticulata</i> | ▩ <i>Pithecellobium dulce</i>  |
| ▤ <i>Dalea bicolor</i>        | ▧ <i>Crateagus pubescens</i>     | □ <i>Calliandra eriophylla</i> |
| ▦ <i>Ceratonia cilicua</i>    | □ <i>Atriplex canescens</i>      | ▨ <i>Leucaena glauca</i>       |
| ■ <i>Eysenhardtia texana</i>  |                                  |                                |

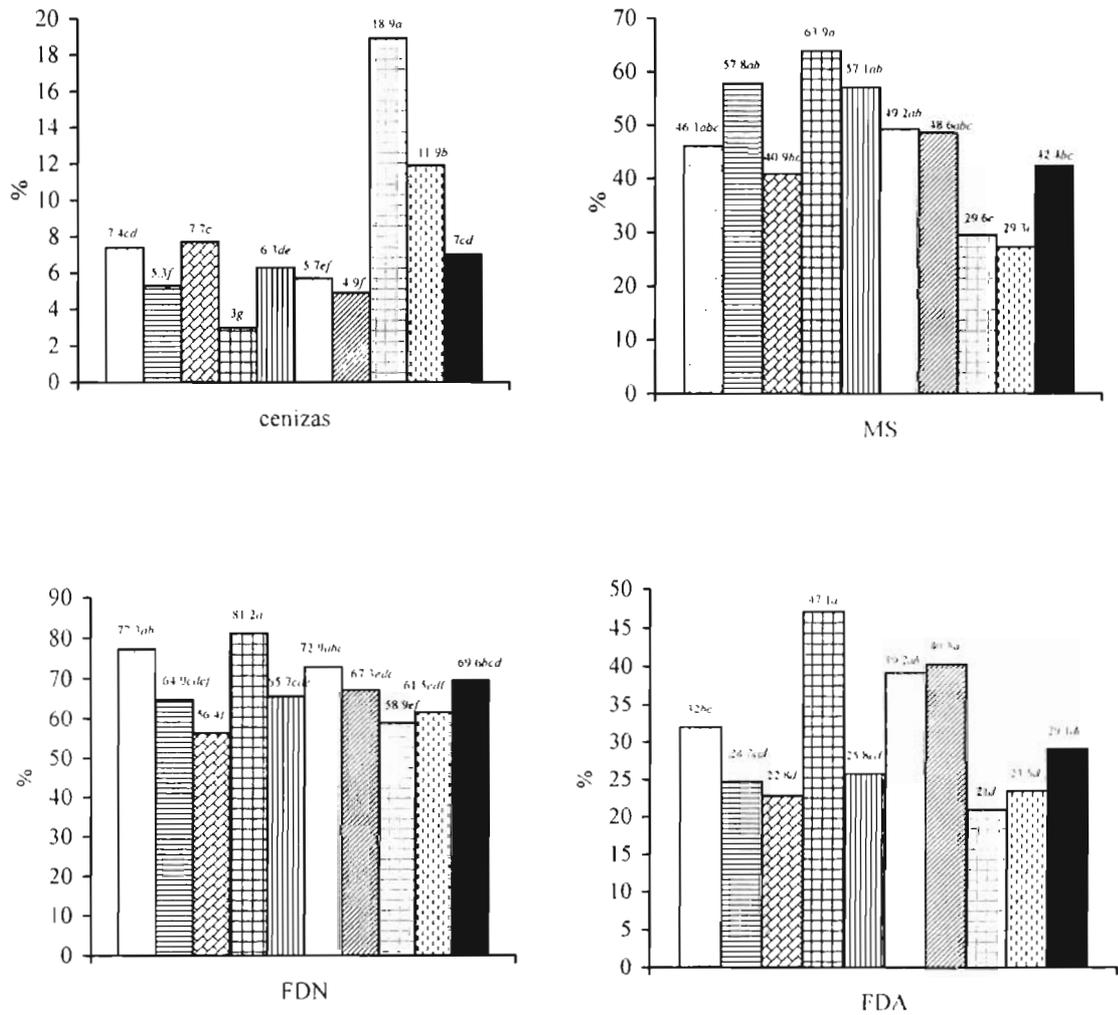


Figura 2. Porcentajes de materia seca (MS) cenizas, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en diferentes especies de árboles y arbustos. Letras diferentes en barra corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

La mayor ( $P < 0.05$ ) desaparición *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de 6 a 72 h de incubación fue encontrada en *Atriplex canescens*, *Leucaena glauca* y *Pithecellobium dulce*, mientras que la menor DIVMS fue en *Ceratonia silicua*, *Calliandra eriophylla* y *Dalea bicolor*. La tasa de desaparición ( $K_d$ ,  $\% h^{-1}$ ) fue similar ( $P > 0.05$ ) para todas las especies (Cuadro y Figura 3). Los porcentajes observados en el presente estudio en la DIVMS de *Pithecellobium dulce*, *Atriplex canescens* y *Leucaena glauca* fueron similares a los reportados por Touré (1998), Soltero (1980); Foroughbakhch y Ilavadi (1989) y Rashid *et al.* (1993).

Cuadro 3. Desaparición *in vitro* (%) y tasa de desaparición ( $K_d$ ,  $\% h^{-1}$ ) de la materia seca (DIVMS) de cinco especies de árboles y cinco arbustos.

Especies	Incubación, h				$K_d$ , $\% h^{-1}$
	6	12	48	72	
<b>Árboles</b>					
<i>Ceratonia silicua</i>	12.0	17.9	20.9	25.8	5.3
<i>Leucaena glauca</i>	28.5	34.2	48.0	62.3	5.4
<i>Parkinsonia aculeata</i>	25.3	30.3	40.7	46.5	5.4
<i>Pithecellobium dulce</i>	32.0	36.6	44.8	52.9	5.5
<i>Crataegus pubescens</i>	19.9	23.1	36.0	46.2	5.6
<b>Arbustos</b>					
<i>Calliandra eriophylla</i>	11.8	15.3	24.5	26.7	5.7
<i>Atriplex canescens</i>	31.9	37.1	53.2	57.5	5.8
<i>Dalea bicolor</i>	8.5	13.9	25.1	27.2	6.1
<i>Amelanchier denticulata</i>	24.4	26.5	30.8	40.8	5.5
<i>Eysenhardtia texana</i>	19.9	29.6	43.5	46.3	6.0
EE	2.4	1.7	2.1	5.5	0.3

$K_d$ ,  $\% h^{-1}$  = tasa de desaparición; EE = error estándar. Literales diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

La baja digestibilidad encontrada en *Ceratonia silicua*, *Calliandra eriophylla* y *Dalea bicolor* se debe a las altas concentraciones de FDA, la cual se deposita en la pared de la célula mientras la planta madura

- |                               |                                  |                                |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| □ <i>Parkinsonia aculeata</i> | ▨ <i>Amelanchier denticulata</i> | ▩ <i>Pithecellobium dulce</i>  |
| ▤ <i>Dalea bicolor</i>        | ▧ <i>Crateagus pubescens</i>     | □ <i>Calliandra eriophylla</i> |
| ▦ <i>Ceratonia silicua</i>    | □ <i>Atriplex canescens</i>      | ▨ <i>Leucaena glauca</i>       |
| ■ <i>Eysenhardtia texana</i>  |                                  |                                |

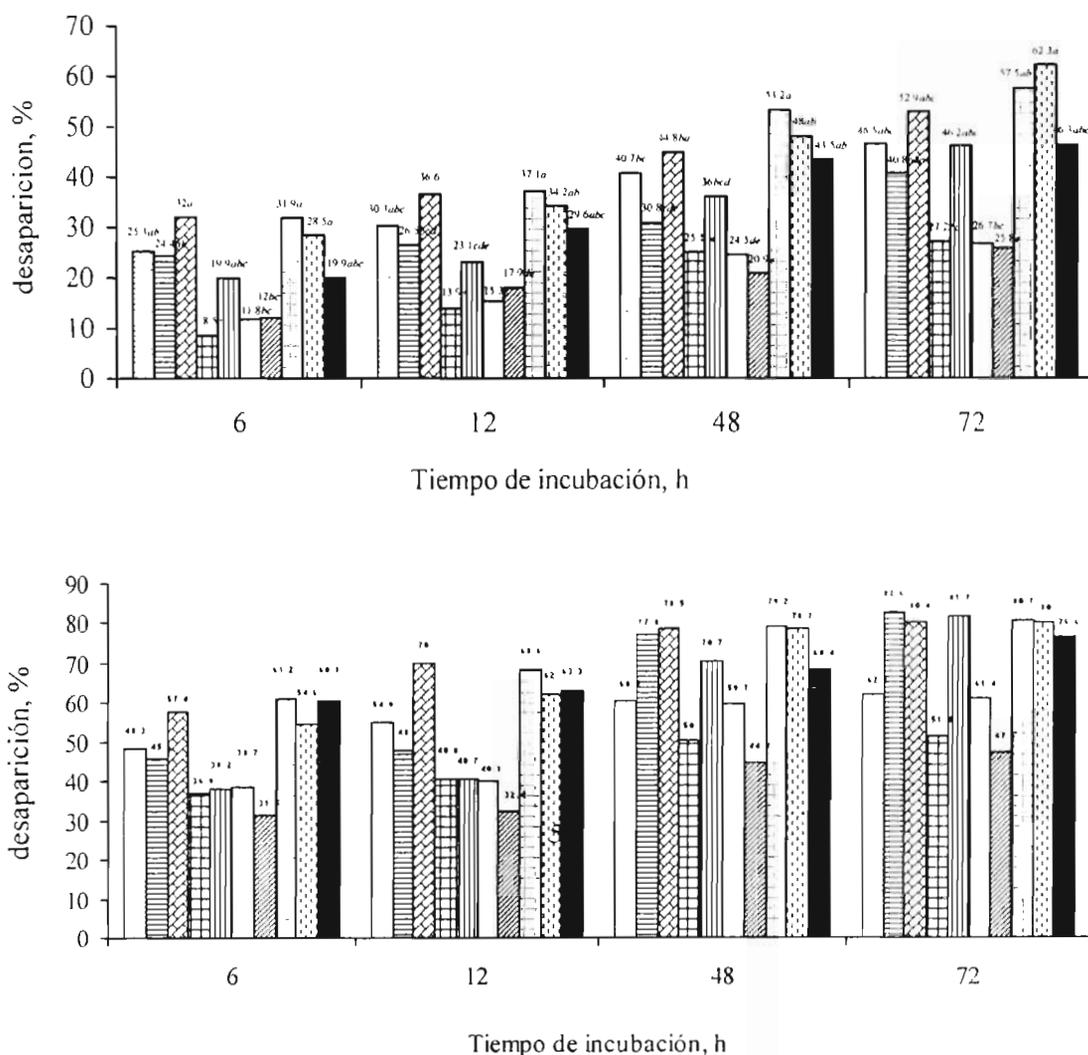


Figura 3. Porcentaje de desaparición *in vitro* e *in situ* de la materia seca por especie (árboles y arbustos), incubados de 6 a 72 h.

Las desapariciones *in situ* de la materia seca (DISMS), así como el Kd fueron similares ( $P < 0.05$ ) en las especies evaluadas, a pesar de que *Ceratonia silicua* presentó porcentajes bajos (Cuadro 4 y Figura 3). En la publicación del FIRA (1981) se indican que la DISMS de *Leucaena glauca* es comparable con la de alfalfa.

Cuadro 4. Desaparición *in situ* (%) y tasa de desaparición (Kd, % h<sup>-1</sup>) de la materia seca (DISMS) de cinco especies de árboles y cinco arbustos.

Especie	Incubación, h				Kd, % h <sup>-1</sup>
	6	12	48	72	
<b>Árboles</b>					
<i>Ceratonia silicua</i>	31.5	32.4	44.8	47.5	5.3
<i>Leucaena glauca</i>	54.6	62.0	78.7	80.0	5.7
<i>Parkinsonia aculeata</i>	48.3	54.9	60.5	62.1	4.6
<i>Pithecellobium dulce</i>	57.4	70.0	78.5	80.4	4.9
<i>Crataegus pubescens</i>	38.2	40.7	70.7	81.7	5.7
<b>Arbustos</b>					
<i>Calliandra eriophylla</i>	38.7	40.1	59.7	61.4	5.8
<i>Atriplex canescens</i>	61.2	68.6	79.2	80.7	5.2
<i>Dalea bicolor</i>	36.9	40.8	50.3	51.4	5.5
<i>Amelanchier denticulata</i>	45.6	48.0	77.4	82.6	5.8
<i>Eysenhardtia texana</i>	60.8	63.3	68.4	76.6	4.5
EE	10.8	13.4	12.5	13.5	0.5

Kd, % h<sup>-1</sup> = tasa de desaparición; EE = error estándar. Literales diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

El análisis de varianza para comparar la calidad nutrimental entre árboles y arbustos, indica que no existen diferencias significativas en los porcentajes de MS, PC, FDN, FDA y cenizas. Los árboles en comparación con los arbustos mostraron tendencias numéricas mayores en el porcentaje de proteína, aunque estas diferencias no fueron significativas (Cuadro 5 y Figura 4).

Cuadro 5. Composición química (% MS), desaparición *in vitro* (DIVMS) e *in situ* (DISMS) (%) y tasa de desaparición (Kd, % h<sup>-1</sup>) de la materia seca por tipo (árbol y arbusto).

Variables	Especie		
	Árbol	Arbusto	EE
MS, %	44.4	48.6	3.2
PC, %	17.4	13.3	1.6
FDN, %	65.6	69.5	2.0
FDA, %	28.9	32.0	2.3
Cenizas, %	7.7	8.0	1.2
DIVMS			
6	23.5	<i>a</i> 19.3	<i>b</i> 0.1
12	28.4		0.6
48	38.1		1.2
72	46.7		0.5
Kd, % h <sup>-1</sup>	5.4	5.8	0.1
DISMS			
6	46.0	48.6	2.7
12	52.0	52.2	3.7
48	66.6	67.0	3.2
72	70.3	70.6	3.5
Kd, % h <sup>-1</sup>	5.2	5.3	0.2

MS = material seca; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácida; EE = error estándar; Kd, % h<sup>-1</sup> = tasa de desaparición. Literales diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes (P<0.05).

La DIVMS a las 6 h de incubación fue mayor (P<0.05) en árboles que en arbustos (Cuadro 5 y Figura 4); sin embargo, en incubaciones posteriores, la DIVMS y el Kd, fueron similares. También, la DISMS de los árboles y arbustos incubados de 6 a 72 h fue estadísticamente similar.

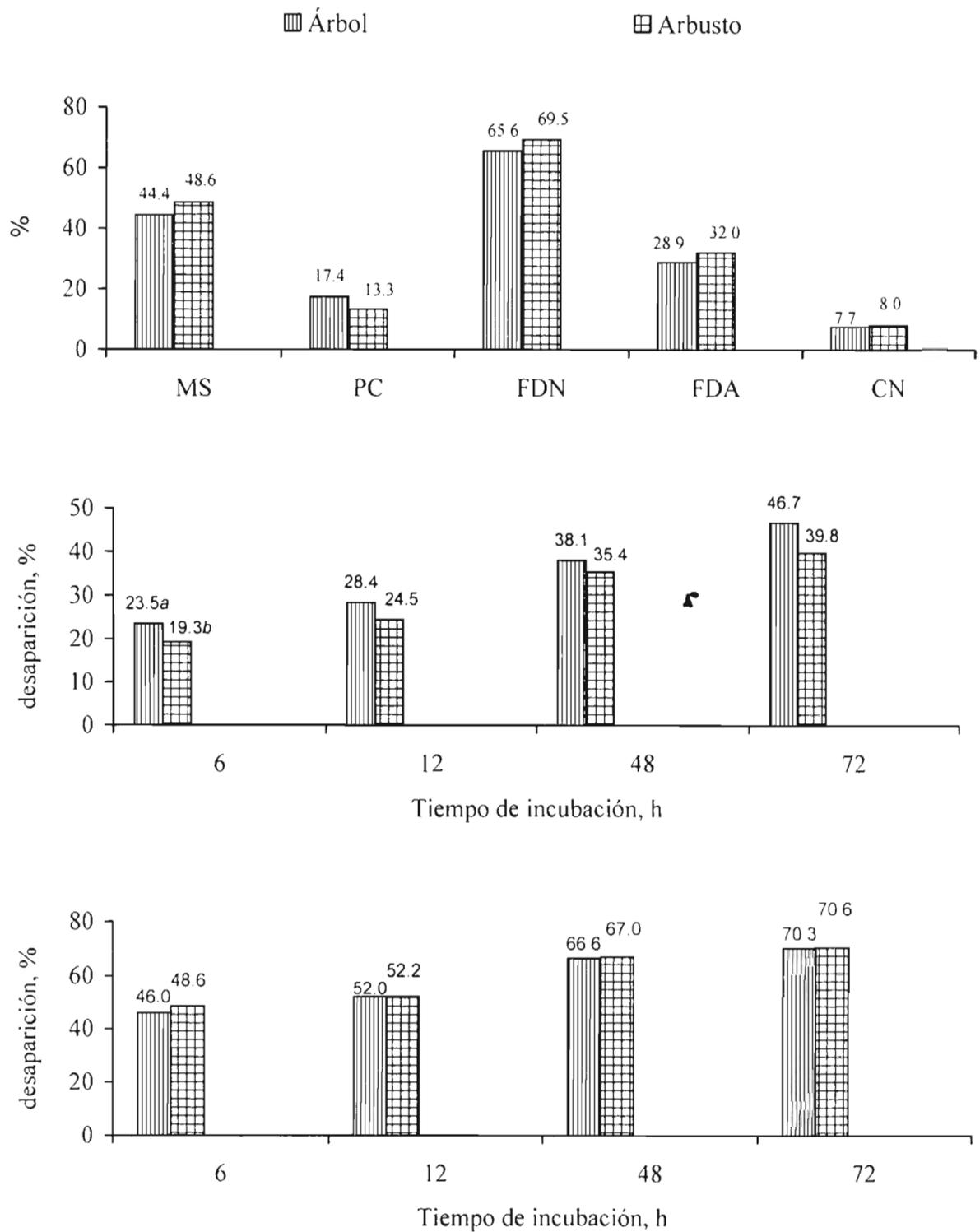


Figura 4. Porcentaje de materia seca (MS), cenizas, proteína (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y desaparición *in vitro* (DIVMS) e *in situ* (DISMS) de la materia seca incubados de 6 a 72 h por tipo (árboles y arbustos).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, se concluye que *Leucaena glauca*, *Pithecellobium dulce* y *Atriplex canescens* tienen mayor calidad nutricional, las cuales, sin duda alguna, tienen potencial de ser propagadas en las zonas áridas y semiáridas del norte de México. El follaje de especies puede recolectarse y almacenarse, u ofrecerse directamente como fuente de alimento para rumiantes, principalmente en la época de escasez de otros forrajes.

## REVISION DE LITERATURA

- Academia Nacional de Ciencias. 1977. *Leucaena*: promising forage and tree crop for the tropics. Academia Nacional de Ciencias. Washington, D.C. 117 p.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. 1298 p.
- Benson, L. y R.A. Darrow, 1981. Trees and shrubs of the Southwestern Deserts. The University of Arizona press / Tucson. Arizona, U. S. A. 386 p.
- Duane, Isely. 1973. Leguminosae of the United States: I. subfamilia mimosoidae. *Memoirs of the New York botanical garden*. 25 (3) 79-114.
- FIRA. 1981 *Leucaena* (Hauje), leguminosae tropical mexicana usos y potencial. Banco de México, S.A. XXV Aniversario. Folleto 233. 69 p.
- Foroughbakhch, R.P. y L.A.M. Hauad. 1989. Reporte Científico No. 12. Potencial forrajero de tres especies de *Leucaena* en el noroeste de México: respuesta a diferentes espaciamientos. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, Nuevo León, México. 30 p.
- Goering, H.D., y P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agricultural Handbook No. 379*. ARS, USDA, Washington, DC. 20 p.
- Havard, D.B. 1969. Las plantas forrajeras tropicales. Edit. Blome, Barcelona. 370 p.
- Jones, R.J. 1979. El valor de la *Leucaena leucocephala* como pienso para rumiantes en el trópico. *Rev. Mundial de Zootecnia*. Vol. 3:13-23.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Edit. GTZ. Instituto de Silvicultura de la universidad de Göttingen, Alemania. pp. 211-309.
- McDougall, E. I. 1948. Studies on ruminant saliva. I. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.* 70:99-109
- Moh'D, K.J. EL-Shatnawi y Khalil I.E. 2001. Chemical composition and livestock ingestion of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *J. Range Management*. 554(6) 669-673.
- Nickerk, W.A., C.F. Sparks, N.F.G. Rethmanl y R.J. Coertze. 2004. Qualitative characteristics of some *Atriplex* species and *Cassia sturtii* at two sites in South Africa. *Anim. Sci.* 108-110.

- Niembro, R.A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Universidad Autónoma de Chapingo, departamento de bosques. Ed. Limusa Noruega. México. 206 p.
- Pennington, T.P. y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 2ª ed. Edit. UNAM, México. 521 p.
- Pinos R. J. M., S. González M., G. Mendoza M., A. Martínez G. 2002. Análisis estadístico de experimentos de digestibilidad *in vitro* con forrajes. *Interciencia* 27:143-146.
- Ramaachandran, N.P.K. 1997. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 540 p.
- Rashid, B.R. y Linda H. Hardesty. 1993. Forage value of native and introduced browse species in Tanzania. *J. Range Manage.* 46(5):410-415.
- Romero, J.L., Paredes R., Ramírez, L.G., Ramírez Lozano. 2003. *Artiplex canescens* (Pursh, Nutt) como fuente de alimento para las zonas áridas. *Ciencia UNL*. Vol. VI, No. 1. 85-92.
- Romero, M.A. 1987. Reproducción y crecimiento del arbusto forrajero *Dalca bicolor* (leguminosae) en diferentes condiciones de sitio de agostadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. México. México. pp. 31-36.
- Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª ed., Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán. 1406 p.
- Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, 1997. Flora del bajío y zonas adyacentes. Fascículo 51. Familia Leguminosae. Subfamilia Caesalpinioideae. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán. pp.1-57.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N., México. D. F. Edit., Limusa, México, 395 p.
- Sánchez, C. y García M. de H. 1998. Suplementación de *Leucaena leucocephala* en caprinos criados bajo sistemas tradicionales de explotación. FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado. Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela. Vol. 16(1):113-126.
- SAS. 1990. User's Guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC, USA. 1028 p.

- Simbaya, J. 2002. Potential of fodder tree shrub legumes as a feed resource for dry season supplementation of smallholder ruminant animals. National Institute for Scientific and Industrial Research, Livestock and Pest Research Centre, Chilanga, Zambia. pp. 69-76.
- Simón, L.G. 1998. Los árboles en la ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 56 p.
- Siqueiros, D. Ma. E. 1996. Leguminosas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. 189 p.
- Soltero, G.S. 1980. Importancia del Chamizo (*Atriplex canescens*) en la dieta de bovinos en pastoreo en un matorral microfiló de *Atriplex-Prosopis* durante la época de sequía. Tesis de licenciatura. UACH, Chihuahua, Chih., México. pp. 7-78.
- Sosa, R.E., Pérez, R.D. Ortega, R.L., Zapata, B.G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc Pecu Méx.* 42(2):129-144.
- Stanley, P.C. 1924. Trees and shrubs of México. Government printing office, Washington. 1721 p.
- Taylor, R.B., J. Rutledge, J. G. Herrere. 1999. A field guide to common south Texas shrubs. Editorial Texas parks and Wildlife. Texas. 106 p.
- Tilley, L. M. y R.A. Terry. 1963. A tow-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. British Grass. Soc.* 28:104-111.
- Touré, F.S., Michalet-Doreau, B., Traore, E., Friot, D. y Richard, D. 1998. Occurrence of digestive interactions in tree forage-based diets for sheep. *Anim. Sci.* 74:63-78.
- Tous, M. J. y I. Batlle C. 1990. El algarrobo. Mundi prensa. Madrid. 96 p.
- Van Soest, P.J. y D.R. Mertens. 1974. Composition and nutritive characteristics of low quality cellulose wastes. *Fed. Proc.* 33:1942.
- Vanzant, S.E.R. Cochran, and E.C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.* 76:2717-2729.
- Young, J.A. y C.G Young, 1992. Seeds of Woody Plans in North America. Dioscorides press, Portland, Oregon, U. S. A. 360 p.