

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y QUÍMICA DE LA DIETA DE CAPRINOS EN UN
MATORRAL SARCOCAULESCENTE EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Por

M.C. JOSÉ ÁNGEL ARMENTA QUINTANA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS
con Especialidad en Alimentos

Julio, 2009

COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y QUÍMICA DE LA DIETA DE CAPRINOS EN UN
MATORRAL SARCOCAULESCENTE EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Comité de Tesis

Ph. D. ROQUE GONZALO RAMÍREZ LOZANO
Director

DR. RAFAEL RAMÍREZ ORDUÑA
Co-Director

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
Co-Director

DRA. MARÍA GUADALUPE DE JESÚS ALANÍS GUZMÁN
Asesor

DR. CARLOS ABEL AMAYA GUERRA
Asesor

COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y QUÍMICA DE LA DIETA DE CAPRINOS EN UN
MATORRAL SARCOCAULESCENTE EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Comité Académico de Doctorado

Subdirector de Estudios de Postgrado

Dedicatoria y agradecimientos

A mis padres José y Angelina por brindarme apoyo y confianza en todas las empresas que he iniciado.

A mis hermanos por acompañarme y ayudarme en los momentos más precisos.

A mi dedicación, a la fuerza que me lleva a realizar las metas y a seguir a delante en las actividades culturales y científicas.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por proporcionarme un espacio y trabajo que me permitió realizar el presente trabajo, así como a mis amigos y compañeros que colaboraron en el, y por no hacer distinción especial no los nombrare.

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial a mi asesor de tesis el Ph.D. Roque Gonzalo Ramírez Lozano por transmitirme su saber en el proceso de doctorado.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial al Ph.D. Humberto González Rodríguez por permitirme una breve estancia en el laboratorio de química.

Al Dr. Rafael Ramírez Orduña le agradezco la formación académica que me ha proporcionado como asesor local y también el acompañarnos por largo tiempo en la búsqueda del conocimiento.

A los Doctores María Guadalupe de Jesús Alanís Guzmán y Carlos Abel Amaya Guerra por la revisión de esta tesis y fungir como asesores de la misma.

A la dirección de posgrado de la FCB-UANL y CONACyT por la tramitación y el otorgamiento de la beca de estudios de doctorado tradicional.

TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
1. RESUMEN Y ABSTRACT	1
2. INTRODUCCIÓN	5
2.1 HIPÓTESIS	7
2.2 OBJETIVOS	8
2.2.1 Objetivo general	8
2.2.2 Objetivos particulares	8
3. ANTECEDENTES	9
3.1 Vegetación de clima semidesértico	9
3.1.1 La estructura de un ecosistema vegetal	11
3.1.2 Muestreo de la vegetación	12
3.2 Preferencias	14
3.2.1 Técnicas para la determinación de la composición botánica	16
3.2.2 Observación directa del animal	16
3.2.2 Observación directa del animal	16
3.2.3 Análisis del contenido estomacal	18
3.2.4 Análisis fecales	18
3.2.5 La técnica de la fistula	20
3.2.6 Composición botánica de la dieta	21
3.3 Valor nutritivo de las dietas de cabras	22
3.3.1 Análisis químicos	22
3.3.2 Proteínas	24
3.3.3 Pared celular	25
3.3.4 Contenido de minerales en las dietas	26
3.4 Estimación de la digestibilidad por métodos de laboratorio	29
3.4.1 Método de desaparición <i>in vitro</i>	30
3.4.2 Método de desaparición <i>in situ</i>	30
3.4.3 Técnica <i>in vitro</i> de producción de gas	31
3.5 Consumo de forraje en pastoreo	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1 Área de estudio	34

Sección	Página
4.2 Estructura vegetal del área	35
4.3 Obtención de muestras de la dieta seleccionada por caprinos	37
4.4 Composición botánica de la dieta de caprinos	39
4.5 Composición nutritiva de la dieta de caprinos	41
4.6 Digestibilidad <i>in vitro</i> ruminal de la dieta de caprinos	42
4.7 Estimación del contenido energético de la dieta de caprinos	43
4.8 Determinación de la digestibilidad <i>in situ</i>	45
4.9 Determinación de minerales	46
4.10 Determinación del consumo	47
4.11 Análisis estadístico	47
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
5.1 Valor de importancia de las especies en el área	49
5.2 Composición botánica de la dieta	50
5.3 Índices de preferencia	54
5.4 Índice de similitud	64
5.5 Composición química de la dieta de caprinos	67
5.5.1 Carbohidratos no fibrosos	67
5.5.2 Fracciones de proteína	70
5.5.3 Nutrientes verdaderamente digeribles de la dieta	74
5.5.4 Digestibilidad <i>in vitro</i> de MO y energía metabolizable	78
5.5.5 Concentración de macrominerales	81
5.5.6 Concentración de microminerales	83
5.6 Digestibilidad <i>in situ</i> de la dieta	86
5.6.1 Materia Orgánica	86
5.6.2 Proteína cruda	90
5.6.3 Pared celular (FDN)	92
5.7 Consumo de nutrientes	92
5.8 Consumo de materia orgánica degradable	107
6. CONCLUSIONES	109
7. LITERATURA CITADA	112

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Precipitación y temperatura de la estación de Todos los Santos, BCS	36
2	Valores de F y significancia para el modelo factorial utilizado para analizar composición botánica (CB), índices de preferencia (IP) e índice de similitud (IS) de una dieta de caprinos en un área de Baja California	56
3	Medias de composición botánica de la dieta (%) por tipos de planta en un área de Baja California Sur, México	57
4	Índices de preferencia de las cabras en un matorral sarcocauléscente	61
5	Fracciones de carbohidratos en la dieta de cabras	73
6	Fracciones proteicas de la dieta de cabras	76
7	Digestibilidades verdaderas de la dieta de las cabras	78
8	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica (DIVMO, %) y energía metabolizable (EM, Mcal kg ⁻¹) de la dieta de las cabras	81
9	Concentración de macrominerales en la dieta de las cabras	83
10	Concentración de microminerales (mg kg ⁻¹) de la dieta de las cabras	86
11	Parámetros de digestibilidad <i>in situ</i> y degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO, %) en la dieta de las cabras	89
12	Coeficientes de correlación entre las degradabilidades de la materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro y factores climáticos y	90
13	Parámetros de la digestibilidad <i>in situ</i> y degradabilidad efectiva de proteína cruda (DEPC, %) de la dieta de cabras México	92
14	Parámetros de la digestibilidad <i>in situ</i> y degradabilidad efectiva de la FDN (DEFDN, %) de la dieta de cabras	94
15	Consumo de nutrientes (g d ⁻¹) contenidos en la dieta de cabras	96
16	Consumo de pared celular de la dieta de las cabras	101
17	Coeficientes de correlación entre el consumo de nutrientes y la composición química de la dieta de las cabras	102
18	Consumo de energía metabolizable, Ca, K y Mg por las cabras	105
19	Consumos anuales y estacionales de microminerales (mg d ⁻¹) por las cabras	107
20	Consumos de materia orgánica y proteína cruda degradable y no degradable por cabras	110

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Valor de importancia por tipo de planta del matorral sarcocauléscente durante dos años	52
2	Índices de preferencia por tipo de planta de una dieta de cabras en el matorral sarcocauléscente durante dos años	67
3	Índices de similitud por tipo de planta en un matorral sarcocauléscente durante dos años	69

1. RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivos medir los índices de selectividad de las especies por las cabras y la composición química, digestibilidad de la dieta seleccionada por caprinos en un matorral sarcocauléscente. El consumo de nutrientes por las cabras fue estimado por medio de la colección total de heces. El estudio se llevó a cabo en el Rancho “El Palmar de en Medio”, ubicado en el municipio de La Paz, Baja California Sur, México. Se realizaron ocho muestreos, uno en cada estación, iniciando en verano del 2006 y finalizando en la primavera de 2008. Para medir la estructura de la vegetación se establecieron, al azar, 22 transectos fijos de 30 m de longitud en un área de 1,000 m de radio. Para determinar la composición botánica y química de la dieta, se usaron cinco machos caprinos de la raza Nubia, castrados y fistulados del esófago,. Las especies más preferidas por las cabras fueron: arbustos, *Manguifera indica*, *Ambrosia magdalena*, *Bourreria sonora*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa xantii* y *Pithecellobium comfina*; hierbas, *Amaranthus palmeri*, *Antigonon leptopus* y *Melochia tomentosa*; cactáceas, *Opuntia cholla* y *Pachycereus pringlei*; pastos, *Cenchrus palmeri*, *Chloris gayana* y *Eragrostis pilosa*. El consumo de energía, proteína cruda, Ca, K, Fe, Mg y Mn fue suficiente para cubrir los requerimientos de una cabra adulta de 37 kg con un aumento de peso de 25 g d⁻¹. Sin embargo, Cu y Zn fueron deficientes. Las variaciones en los componentes químicos y

digestibilidad de las dietas y en el consumo de nutrientes por las cabras pudieran ser atribuibles de los cambios estacionales que influyeron en las condiciones climáticas

ABSTRACT

The objectives of this study were to measure the selectivity indices of plant species by goats and the chemical composition, digestibility of the diet selected by range goats in a sarcocauliscent thornscrub. The nutrient intake by goats was estimated by the total collection of feces. The study was carried out in a ranch called “El Palmar de en Medio”, located at La Paz county, Baja California Sur, Mexico. Collections were carried out during eight seasons beginning in summer 2006 and ending in spring of 2008. To measure the structure of vegetation, twenty two linear transects of 30 m long were established randomly in an area of 1000 m in radius. To determine the botanical and chemical composition of diets, five male Nubian goats, esophageally cannulated, were used to collect extrusa samples. The more preferred plant species were: shrubs, *Mangifera indica*, *Ambrosia magdalena*, *Bourreria sonora*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa xantii* and *Pithecellobium comfina*; forbs, *Amaranthus palmeri*, *Antigonon leptopus* and *Melochia tomentosa*; cacti, *Opuntia cholla* and *Pachycereus pringlei*; grasses, *Cenchrus palmeri*, *Chloris gayana* and *Eragrostis pilosa*. The intake of energy, crude protein, Ca, K, Fe, Mg and Mn was sufficient to satisfy the requirements of an adult goat of 37 kg of live weight gaining 25 g d⁻¹. However, Cu and Zn were deficient. Variations in chemical composition and digestibility of goat diets and in

the nutrient intake by goats could be attributable to the seasonal changes that influenced climatic conditions.

2. INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera en el Estado de Baja California Sur se centra en su mayoría en la explotación del ganado bovino y caprino en condiciones extensivas dependiendo en gran medida de lo que los agostaderos proporcionan. Sin embargo, esta actividad se ve limitada por la escasa precipitación pluvial, suelos alcalinos, larga estación de sequía y elevados costos de producción de forraje para el ganado. Se han realizado investigaciones incipientes de los hábitos alimenticios de las cabras en pastoreo determinando la composición botánica y química de la dieta en el matorral sarcocauléscente, que prevalece en la región. Sin embargo, éstas deben continuarse para contrastar los cambios o variaciones de las dietas de cabras debido a los cambios climáticos que se presentan en la región. Asimismo, generalizar sobre estudios de selectividad en dietas, es muy difícil ya que prácticamente todos han sido llevados a cabo bajo diferentes condiciones de disponibilidad de las plantas. Consecuentemente los resultados tienden a ser de lugares específicos y ofrecen poco si acaso nada de bases para formular principios de selección de las dietas. A pesar de tales limitaciones, estos estudios, cuando son aplicados al lugar de donde los datos fueron originados, han provisto a los manejadores de pastizales una base parcial para realizar decisiones de manejo y a ecologistas como una primera aproximación para explicar cómo son afectadas las relaciones de las comunidades de plantas por el pastoreo.

JUSTIFICACIÓN

La destrucción de la vegetación por el sobrepastoreo, es un problema de manejo, el cual puede desencadenarse por una falta de información de las interacciones planta-animal en un ambiente natural en particular. Por consiguiente, es pertinente conocer el grado de utilización de la vegetación por las cabras, así como sus hábitos alimenticios a lo largo de las estaciones del año, para desarrollar opciones que permitan mejorar las prácticas de manejo de animales y vegetación presente en un hábitat natural. Asimismo, la determinación del consumo de materia seca de la cabra, en el matorral sarcocauléscente, es importante para determinar el grado de utilización de la vegetación presente en el hábitat y generar información para el manejo y conservación de los recursos bióticos en un entorno semidesértico.

2.1 HIPÓTESIS

Existe variación anual y estacional de la composición botánica y química de la dieta de cabras en pastoreo en un matorral sarcocauléscente en Baja California Sur

2.2. OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo general

Determinar y comparar anual y estacionalmente la composición botánica, contenido de nutrientes, consumo voluntario y digestibilidad de la dieta de caprinos en pastoreo en un matorral sarcocauléscente en Baja California Sur, México

2.2.2. Objetivos particulares

2.2.2.1 Determinar la composición botánica de la dieta

2.2.2.2 Estimar el grado de utilización de la vegetación por las cabras por medio de índices de selectividad.

2.2.2.3 Valorar nutricionalmente la dieta seleccionada.

2.2.2.4 Cuantificar la composición mineral de la dieta.

2.2.2.5 Medir el consumo de nutrientes de las cabras.

3. ANTECEDENTES

3.1 Vegetación de clima semidesértico

Los desiertos extremadamente áridos tienen una flora pequeña; sin embargo como cada vez que estos desiertos son estudiados, la flora que se encuentra tiende a crecer en número y diversidad. Las comunidades de plantas desérticas tienen algunas características distintivas, y algunas de estas son compartidas con la vegetación de otras regiones. Las características más prominentes de la mayoría de las comunidades son 1) una baja, pero desigual estatura, 2) áreas abiertas y 3) mezcla de formas disimilares. Las plantas que son subordinadas tales como las suculentas, arbustos espinosos, herbáceas perennes, epífitas y lianas, son de baja estatura en respuesta a lo disperso de la vegetación (Delgadillo, 1998).

Los arbustos coexisten con los pastos, y su relativa abundancia frecuentemente cambia en respuesta a cambios de la estación lluviosa, el pastoreo, y la superficie del suelo. Los arbustos son plantas leñosas o parcialmente leñosas usualmente menores de 50 cm. Plantas suculentas que almacenan agua (*Opuntia sp.*) y en roseta tales como *Dasyllirion sp.* pueden ser componentes conspicuos de la vegetación (Slauson, 2002). Los pastizales están frecuentemente distribuidos en una manera más por parches sobre el paisaje, diferente de los grandes pastizales en las planicies y praderas del este de los Estados Unidos de Norte América. Las

complejas formas del terreno y los mosaicos geológicos alimentan una gran variedad de contactos entre los bosques, chaparrales, pastizales y matorrales desérticos (McPherson, 1995).

La vegetación de los matorrales desérticos recibe lluvia en verano e invierno. La temporada de lluvia en verano usualmente excede las lluvias de invierno sobre el área del desierto sonorense, pero la probabilidad de que llueva en verano e invierno es casi igual. Los matorrales desérticos usualmente experimentan sequías en primavera e inicios de verano, seguido por un incremento de lluvias el resto del verano o hasta inicios de otoño. En áreas como Durango, México, tienen sequías de primavera cortas y las lluvias de verano ocurren al inicio de mayo. En contraste, en los pastizales de las planicies y la gran cuenca al este y al norte, típicamente experimentan picos de lluvia en primavera y otoño (McClaran, 1995). El mismo clima puede soportar árboles, pastizales, sabana, arbustos dependiendo del sitio del suelo y la topografía. Los diferentes historiales de disturbios por fuego y la ganadería contribuyen a la complejidad del mosaico de vegetacional (York, 1997).

La medición de la vegetación para un extenso rango de propósitos incluye:

- 1) descripción en términos de su contenido florístico como: cobertura, contenido de materia seca y calidad de la materia seca, 2) valoración de los cambios en la vegetación a través de cambios en el manejo o por variaciones en el clima, 3) determinación la habilidad de la vegetación para proveer alimento para diferentes tipos de rumiantes (Mannetje and Jones, 2000). El método usado para medir la vegetación variará dependiendo del objetivo. Por ejemplo, la contribución de una especie en la composición botánica puede estar medida en términos de

producción, cobertura basal, densidad o frecuencia de ocurrencia. Si la medición de la vegetación está relacionada para la determinación animal actual, entonces la composición botánica puede ser valorada en términos de la contribución en peso de materia seca para pastura. Si el énfasis está en los cambios botánicos de largo plazo, entonces las mediciones de la cobertura basal, densidad y frecuencia pueden proveer información debido a que es menos dependiente de los cambios en corto plazo por diferencias en las lluvias o presión de pastoreo (Mannetje and Jones, 2000).

3.1.1 La estructura de un ecosistema vegetal

La estructura del agostadero ha sido usualmente definida y medida como la distribución y arreglo de partes de la planta por arriba de la tierra dentro de una comunidad. Tradicionalmente, en estudios de crecimiento del agostadero, el énfasis fue puesto en la caracterización de la estructura vegetal dentro de la copa, con replica horizontal usada justo para obtener estimaciones confiables de variables de la comunidad tales como densidad de hoja por estrato horizontal o índice de hoja (Laca y Lemaire, 2000).

Los métodos para estudiar la estructura del agostadero versan en dos puntos de vista: 1) la estructura del agostadero es el resultado de una serie de parámetros de morfogénesis de plantas y determina las tasas de flujo de tejidos y nutrientes en ecosistemas de pastizales, 2) los comportamientos horizontal y vertical de la estructura del agostadero son relevantes por el espacio limitado en el agostadero en la interacción planta-animal y por que los grandes mamíferos

seleccionan forrajes verticalmente y horizontalmente por medio del bocado sobre la vegetación (Laca y Lamaire, 2000).

3.1.2 Muestreo de la vegetación

Los ciclos estacionales se correlacionan con la secuencia de temporadas calurosas y frías y con la alternancia de los periodos húmedos y secos. La variación anual en precipitación y temperatura resulta en diferentes etapas de crecimiento. La precipitación promedio anual y la temperatura no se duplican en algún año, además la vegetación responde a estas y otras variaciones ambientales abióticas pero nunca tienen la misma composición relativa de un año al siguiente (Heady, 1996).

Las mediciones comunes de campo de la vegetación son número de plantas por unidad de área (la densidad), número de parcelas en el cual una especie ocurre (frecuencia), peso del material (biomasa), área basal y cobertura foliar. Estos datos son usados para calcular la composición de especies, diversidad, producción y estabilidad relativa que caracteriza al sitio. Las repeticiones de las mediciones sobre el tiempo (monitoreo) dan indicaciones de la tendencia de la vegetación o de la estabilidad (Heady, 1996).

Muchos granjeros están bien enterados de las especies dominantes en los diferentes potreros de sus granjas y además quieren tener información adicional acerca de la presencia de otras especies, tales como malezas o plantas del pastizal

de alto valor de conservación y que pueda tener un impacto dentro del potrero (Whalley y Hardy, 2000).

Las estrategias de muestreo dependen de las características del pastizal y el propósito de las mediciones. La distribución individual de las especies presentes en el pastizal puede afectar el tipo de muestreo usado. Las unidades de muestreo pueden diferir en forma y tamaño. En cualquier tipo de vegetación de pastizal puede haber un gran número de especies presentes, difiriendo en la distribución, la abundancia y el tamaño de los individuos. Además, los pastizales usualmente comprenden ambos tipos de especies perennes y anuales (Whalley y Hardy, 2000).

La distribución de individuos de las diferentes especies determina la forma de las unidades de muestreo. Si los individuos de una especie están distribuidos al azar, entonces una unidad de muestreo cuadrada o circular es satisfactoria, pero si la especie de interés está totalmente agrupada, entonces son utilizados los cuadrantes rectangulares. Si el total de la composición de las especies del pastizal es de interés y si algunas de las especies están distribuidas al azar aunque, algunas están agrupadas y otras están regularmente dispersas con un rango extenso de abundancia, entonces un cuadrante rectangular es la mejor opción (Whalley y Hardy, 2000).

El transecto es una extensión del cuadrante rectangular el cual puede ser de 10 m o igualmente de 1 km de largo. Un transecto puede ser en si una cuerda o una simple línea. El transecto usualmente consiste de una cinta o cordón extendido a través de la vegetación y las especies o individuos que ocurren dentro de una distancia específica perpendicular a la cinta o cordón son registrados. Si

los cambios en el tamaño de las plantas individuales vas a ser seguidos en el tiempo, entonces la longitud del intercepto ocupado por los individuos que tocan la línea es registrado y los extremos de los transectos se localizan permanentemente, entonces los cambios en el tamaño y la composición de especies de los sitios podrán realmente ser cuantificados sobre el tiempo (Whalley y Hardy, 2000).

3.2 Preferencias

Se refiere a la respuesta selectiva hecha por el animal para diferentes plantas y es esencialmente por comportamiento. Se presume entonces ambos una iniciativa y oportunidad para escoger entre alternativas e implica selección activa de la dieta por el animal (Estell *et al.*, 1994). La selectividad de un animal puede ser influenciado por la presencia concurrente o previa de una o más de otras especies en el área, cambiando la disponibilidad relativa en tiempos cortos de el forraje remanente. Igualmente los roedores e insectos pueden afectar las preferencias de los alimentos por los animales en pastoreo. Cuando hay un substancial traslape en dietas entre especies animales, una queda en desventaja cuando una le sigue a la otra (Morand-Fehr, 2003).

Las grandes diferencias en las preferencias son exhibidas entre varias especies de herbívoros, pero también por individuos dentro de especies, y estos varían de lugar a lugar, de temporada a temporada e igualmente de año a año. La selectividad de la dieta aparece especialmente sensitiva a cambios estacionales en la planta forrajera, también el tamaño corporal y la relacionada demanda

energética nutricional puede requerir de que los animales en pastoreo cambien a una estrategia de forrajeo menos selectivo (Lachica y Aguilera, 2003). Predecir que dieta el animal está pastoreando es muy complicado porque la selectividad puede variar no solo entre especie animal e igualmente entre individuos, pero también con el estado de madurez, la localidad, la humedad y disponibilidad de plantas (Pérez *et al.*, 1998).

Las dificultades son comunes al comparar los estudios de selectividad debido a que hay muchas y variadas técnicas que han sido usadas para medir preferencia o palatabilidad. Para medir las preferencias de forrajes para animales en pastoreo se han desarrollado seis extensas categorías: 1) porcentaje de tiempo de pastoreo esperado pastoreando la especie, 2) porcentaje de plantas individuales de las especies pastoreadas, 3) presencia animal o densidad (es una medida de preferencia de un sitio en el cual las especies predominan), 4) porcentaje promedio de utilización (o rango de utilización), 5) alimentación por cafetería (basado en la remoción de la vegetación o de los bocados totales tomados) y 6) relación entre la composición botánica de la ingesta y la ocurrencia en el agostadero (proporción de selectividad). La razón de selectividad (o índice de selectividad) provee una forma de balancear la disponibilidad y la palatabilidad como respuesta por el pastoreo del animal; esto es la proporción en la dieta del animal de cualquier especie, grupos de especies, o partes de plantas relativas a la proporción de la disponibilidad de la hierba disponible (Vallentine, 2001). Beck, (1975) sugirió las siguientes categorías en base a este índice para propósitos de evaluación: 1) 2.1 o mayor, preferencia definitiva, 2) 1.4 – 2.0, algo de

preferencia, 3) 0.7 – 1.3, lo mismo en la dieta como en la disponibilidad y 4) 0.3 – 0.6, algo evadidas; y 5) 0.2 o menor, evitadas.

3.2.1 Técnicas para la determinación de la composición botánica de la dieta

El conocimiento de los hábitos alimenticios de los herbívoros es esencial para un manejo eficiente del agostadero. Esta información es requerida: 1) para la determinación óptima de forraje de los diferentes tipos de herbívoros, 2) para seleccionar el tipo de pastoreo por el animal compatible con la fuente de forraje, 3) para seleccionar el tipo de especie de resiembra del agostadero deteriorado, 4) para predecir las entradas de sobre pastoreo por diferentes animales, 5) para identificar nuevas especies en la cual basarse para el manejo del agostadero y 6) para determinar el establecimiento de especies exóticas de animales en un particular agostadero (Holechek *et al.*, 1982a). Los procedimientos usados para la estimación de la composición botánica de la dieta en el agostadero incluyen la observación de la dieta, la técnica de la utilización, muestreos por fístulas y análisis fecales (Mofareh, *et al.*, 1997).

3.2.2 Observación directa del animal

En estudios previos, se han usado extensamente los procedimientos de composición botánica de la dieta de herbívoros por observación directa del animal pastoreando; la simplicidad, el menor requerimiento de equipo y al fácil uso, son las mayores ventajas de la observación directa. La dificultad en la identificación

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

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

3.2.3 Análisis del contenido estomacal

Un procedimiento común usado en las investigaciones con animales salvajes es el análisis del tracto intestinal y estomacal. La principal desventaja de este procedimiento es que esta técnica requiere el sacrificio del animal y por lo tanto es restringido principalmente a animales con grandes poblaciones. Otra desventaja es que la destrucción diferencial de las especies de forraje durante la digestión altera la proporción de la lista de alimento consumido (Vavra y Holechek, 1980). El análisis estomacal puede proveer información de que especies están siendo consumidas y da una indicación de la relativa proporción consumida. La técnica microhistológica de Spark y Malechek (1968) y la técnica del microscopio por puntos de Heady y Van Dyne (1965) pueden ser usadas para evaluar la composición de especies por peso.

3.2.4 Análisis fecales

Los análisis fecales han recibido mayor uso para la evaluación de los hábitos alimenticios de los herbívoros en el pastizal que cualquier otro procedimiento. Las ventajas del análisis fecal son: no interfiere con los hábitos normales de los animales, permite prácticamente muestreos ilimitados y no provoca movimientos limitados del animal, tiene un valor particular cuando los animales pastorean sobre mezcla de comunidades. Es un procedimiento susceptible de usarse cuando se estudian especies en peligro o protegidas y puede

ser usada para comparar dietas de dos a más animales al mismo tiempo, los muestreos requieren muy poco equipo (Mofareh *et al.*, 1997).

Por otro lado, las desventajas incluyen que la exactitud es un problema porque las especies del forraje que pasan a las heces frecuentemente no son proporcionales a las consumidas, los índices de preferencia no pueden ser exactamente asignados porque no puede ser determinado donde se consumió el alimento, la identificación de heces puede ser un problema debido a que considerable equipamiento y trabajo es requerido para los análisis, una extensa colección de plantas de referencia es requerida, un observador debe ser entrenado para ordenar la exacta identificación de los fragmentos de plantas, muchas de las plantas son difíciles de separar por especie y a veces por género, la identificación de las plantas consume mucho tiempo, la destrucción de alguna especie de planta puede ocurrir durante la preparación del porta objetos, los procedimientos de colección de muestras pueden sesgar el resultado, algunas especies pueden no ser identificables en las heces, la identificación puede ser complicada con la edad del material fecal antes de la colecta de muestras, la fragmentación puede diferir entre especies durante la digestión entonces la proporción relativa aparecerá diferente. La lista previa de las desventajas del análisis fecal indica que la exactitud es una limitación general (Holechek *et al.*, 1982b).

Vavra *et al.* (1978), comparó muestras de fístulas esofágicas y fecales en ganado en un pastizal corto en el noroeste de Colorado, EUA. Ellos encontraron que durante la temporada de crecimiento las muestras fecales tendieron a subestimar el porcentaje de arbustos y sobrestimar el porcentaje de pastos en la dieta comparando al muestreo de fístula. Las desviaciones debido a las digestiones

diferenciales pueden ser reducidas por el desarrollo de ecuaciones de regresión entre los valores estimados y actuales para corrección del sesgo.

3.2.4 La técnica de la fístula

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

Los problemas asociados con el uso de la fístula esofágica incluyen contaminación por contenido ruminal, recuperación incompleta, costos altos y precisión baja de muestreo para especies individuales en la dieta. Las muestras contaminadas por contenido ruminal no pueden ser usadas para análisis botánico. Bath *et al.* (1956) reportó que los periodos de colección mayores de treinta minutos incrementaba la oportunidad de regurgitación del contenido ruminal

dentro de las bolsas de colección. Por tanto, se ha encontrado que este problema es primariamente relacionado al tiempo previo de las comidas. Reteniendo los alimentos de los animales por una pocas horas usualmente se resuelve este problema.

3.2.5 Composición botánica de la dieta

Los métodos que pueden ser usados para analizar muestras de composición botánicas se categorizan por observación visual, separación manual con análisis por peso o volumen, el método del microscopio de punto y el método microhistológico. Solo las técnicas que involucran el uso del microscopio proporcionan una evaluación cuantitativa de la composición botánica de la dieta. Por esta razón, el microscopio de punto y la técnica microshistológica han llegado a ser más extensamente utilizados como método de análisis botánico de muestras de forrajes. Las dos técnicas son diferentes por el procedimiento de preparación de las muestras, los procedimientos de cualificación de las plantas y el grado de magnificación del microscopio usado en la identificación de los fragmentos de plantas Spark y Malechek (1968). La técnica del microscopio de punto consiste en esparcir el forraje de la fístula sobre una lámina. La charola es entonces recorrida con un microscopio a 16X de magnificación con líneas y paradas establecidas. Las plantas que aparecen bajo el cruce de las líneas son identificadas y registradas para 100 diferentes puntos de identificación. El porcentaje de composición por peso, es estimado por los datos de cada punto mediante ecuaciones de regresión, debido a que no existe la razón de 1:1 entre el porcentaje de puntos observados y

el porcentaje de peso, entonces las ecuaciones de regresión se han desarrollado para estos dos parámetros.

Holechek *et al.* (1982a) examinaron la influencia del estado de crecimiento de las plantas en los resultados de los análisis microhistológicos. Ellos usaron dietas compuestas a mano conteniendo proporciones iguales de pastos, arbustos y hierbas. Los estados de crecimiento maduro e inmaduro fueron comparados teniendo la misma composición botánica. Poca diferencia fue encontrada entre los dos estados de madurez para muchas de las especies que fueron estudiadas. Holechek y Gross (1982) usaron combinaciones de plantas maduras e inmaduras para evaluar la exactitud de los análisis microhistológicos. El estado de madurez parece tener poco efecto o no influencia sobre los resultados.

La cabra puede ser un factor de especial atención al contribuir a la provisión de alimento en las zonas áridas de baja productividad. Lo anterior puede ser factible, debido al hecho de su habilidad para utilizar el forraje disponible en estas zonas, frente a otros rumiantes. La explicación de este fenómeno ha sido de que las cabras digieren más eficientemente (NRC, 1981). Por otra parte, la ventaja se puede deber a su tamaño más pequeño, en relación a la baja disponibilidad de forraje y su habilidad para seleccionar su alimento (Van Soest, 1994).

3.3 Valor nutritivo de las dietas de cabras

3.3.1 Análisis químicos

De cómo son utilizadas las plantas por los animales domésticos en diversos ambientes, es una información necesaria para determinar las mejores acciones de

manejo sobre los agostaderos. Todos los sistemas de evaluación de los forrajes, principalmente, proveen la información que determina la capacidad de los alimentos individuales para proporcionar las demandas nutricionales del animal y como tal, representa, en algún grado, el compromiso con la realidad. Indudablemente, la forma más precisa de establecer el valor nutricional de cualquier ingrediente, podría ser alimentar a un animal con el alimento apropiado y observar su nivel de producción, pero tal técnica es en si, una práctica no justificada por los costos. Por tanto, en cualquier sistema de evaluación de alimentos, es importante reconocer que el último árbitro en la evaluación nutricional será casi siempre el animal (Beever y Mould, 2000).

La meta práctica de la evaluación de alimentos es la de optimizar la eficiencia de utilización de los mismos, las salidas del animal y por último el retorno financiero para el productor. En este contexto, se hace importante establecer el potencial de los ingredientes mayores y la necesidad de apropiados suplementos en orden para sobrellevar las deficiencias nutricionales y elevar el nivel de comportamiento. Con respecto al animal, el nivel de desempeño será dictado por la cantidad de alimento consumido voluntariamente y la eficiencia de utilización de los nutrientes mayores, principalmente la energía y la proteína. Por otro lado, la composición de los productos del animal (por ejemplo grasa y proteína en carne y leche) son importantes, porque la retención de energía *per se* no es un índice adecuado para el desempeño del animal o del valor nutritivo de los alimentos (Paterson *et al.*, 1994).

3.3.2 Proteínas

La concentración de la proteína de los forrajes puede ser determinada por estimaciones del nitrógeno. La técnica de Kjeldahl es muy sensitiva para concentración de N y proporciona resultados exactos. Ésta puede ser usada en muestras secas o secadas en estufa. Existen modernos sistemas Kjeldahl que automatizan y aceleran los procedimientos tradicionales. Tales sistemas no son tan rápidos y convenientes para analizar grandes números de muestras como el analizador basado en el método de combustión de Dumas. Un ejemplo es el determinador de N, LECO, el cual proporciona resultados ligeramente menos exactos, pero involucra menos pasos analíticos, usa tamaños de muestra más pequeños y permite el análisis de varias muestras en un día. El método de combustión frecuentemente proporciona valores altos que las mediciones Kjeldahl, debido a que la técnica mide alguna contaminación adicional de compuestos conteniendo nitratos (Adesogan *et al.*, 2000).

Los resultados de proteína obtenidos por el método Kjeldahl y LECO son basados en un factor de conversión que refleja la cantidad de N en la proteína 6.25. La proteína determinada por estos métodos es "cruda" y no proteína "verdadera", porque los resultados analíticos incluyen el nitrógeno no proteico (NNP). La proteína verdadera puede ser medida por el uso de cromatografía líquida de alta presión para determinar los aminoácidos individuales en una muestra. Por otro lado, otros ensayos como ninhidrina, son sensitivos para la determinación de aminoácidos pero es dificultosa la preparación del reactivo. Las

técnicas colorimétricas (Bradford, Biuret y Lowry) solo pueden ser usados para determinar concentración de proteína verdadera. Estos ensayos miden grandemente el N soluble, por lo tanto es importante adecuar las muestras y estandarizarlas contra el Kjeldahl (Adesogan *et al.*, 2000).

3.3.3 Pared celular

Muchas predicciones del valor nutritivo de los forrajes están basados en estimaciones de la fracción de la pared celular, por que el gran determinante de la extensión de la digestión es el grado de lignificación y el contenido de pared celular Adesogan *et al.* (2000). El contenido de pared celular en los forrajes fue tradicionalmente estimado por las mediciones del contenido de fibra cruda (FC). Varios métodos están disponibles para tal determinación pero, aunque son relativamente fáciles, proporcionan una inexacta medición del contenido de fibra y produce predicciones de digestibilidad que varían con la fecha de corte, la especie y la madurez. Las predicciones de la digestibilidad por el contenido de lignina son frecuentemente más exactas que las de FC. Por otro lado, las ecuaciones frecuentemente varían con las especies de forrajes y métodos analíticos (Weiss, 1993). Los análisis de lignina son también caros y complicados y el resultado obtenido son afectados por el grado de contaminación con otras sustancias.

El esquema de Van Soest (1967) proporciona mayor penetración dentro de la digestibilidad de la fibra por la separación de la fracción de fibra total (FDN) de la fracción de fibra menos digestible (FDA). Algunos autores han asociados

errores relativamente altos con la predicción de digestibilidad y valor de energía por los contenidos de NDF y ADF (Abrams *et al.*, 1988). Para el contenido de almidón en los forrajes que contiene granos enteros, la inclusión de un paso de digestión con amilasa proporciona resultados exactos.

3.3.4 Contenido de minerales en dietas

Los desbalances minerales (deficiencias o excesos) en suelos y forrajes han sido grandemente responsables de la baja producción y problemas reproductivos rumiantes en pastoreo. Enfermedades como, pérdida de pelo, despigmentación del pelo, desordenes de la piel, abortos no infecciosos, diarrea, anemia, pérdida de apetito, anormalidades del hueso, tetania, baja fertilidad, son signos clínicos frecuentemente sugestivos de las deficiencias minerales. Los siete macrominerales proporcionados en los forrajes son Ca, Cl, P, Mg, K, Na y S. Cada uno de estos minerales ha sido encontrado que es deficiente para animales en pastoreo bajo condiciones específicas, con excepción del Cl (McDowell y Valle, 2000). De los 16 microminerales actualmente reconocidos que son esenciales en la ganadería, solo 8 frecuentemente suelen ser de importancia práctica, las deficiencias de los otros solo ocurren raramente. Los que se mantienen como esenciales son Co, Cu, Fe, Zn, Mn, I, Se, Cr, Mo, Fl, Li, Si, Va, Ni, As y Pb. Los de más significancia práctica son Co, Fe, Cu, Zn, Mn, I, Se y Mo. Este último más importante por la interacción con el Cu y el S. Otros elementos, por ejemplo el Ca and Cd puede interactuar con alguno de los

elementos traza tales como Cu, Zn o Mn y afectar adversamente su absorción o disponibilidad.

De acuerdo con la mayoría de los investigadores, los principales factores que limitan el comportamiento productivo de los animales en pastoreo son: el bajo contenido proteico de las plantas, un bajo consumo de energía debido al alto contenido de fibra en los forrajes y deficiencias de minerales y vitaminas (Cararh, 1996; McDowell, 1996). Por otro lado, debe de tenerse en cuenta que los problemas de la nutrición mineral no solo se refieren a casos de deficiencias; ya que niveles tóxicos de elementos tales como Hg, Al, Cd, Pb y aun aquellos esenciales como Cu, F, Mo o Se pueden limitar la fisiología animal en determinadas regiones (McDowell, 1996).

Para proporcionar una mezcla de sales y minerales que satisfaga el requerimiento animal de dichos elementos, se debe tener en cuenta la concentración de minerales en los forrajes y los minerales presentes en el agua y en el suelo (Underwood, 1999; McDowell, 1996). Estos mismos autores señalan que los problemas de nutrición mineral están íntimamente ligados al suelo, las tierras deficientes son áreas geográficas bien definidas y en ellas los animales que viven del pastoreo pueden sufrir males endémicos. Sin embargo, Sousa (1978) señala que el análisis del suelo, no es un elemento de juicio exacto sobre la nutrición mineral del animal que vive en esos suelos, por lo que es de mayor utilidad analizar lo que consume el animal en cada región. La investigación en este campo es limitada y ha sido enfocada al estudio de la concentración mineral en la planta completa, lo cual puede no reflejar correctamente el valor nutricional de esa planta debido a que generalmente el ganado prefiere las hojas a los tallos,

por lo que un análisis más real del contenido mineral de la dieta del ganado puede ser obtenido a partir del tejido vegetal vivo (Grings *et al.*, 1996).

Por tanto, cuando no se dispone de datos del estado mineral de regiones específicas, el uso de los suplementos minerales completos es justificado. No obstante, cuando existe alguna información sobre los minerales deficientes se pueden formular suplementos más económicos. Los elementos minerales más probablemente deficientes de la dieta del ganado en pastoreo son el Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn en algunas regiones bajo condiciones específicas el Mg, K, Fe y Mn (McDowell, 1996).

La forma física de los minerales y la estación del año son factores que influyen sobre el consumo de minerales (McDowell, 1996). En Portugal, Rosa y Heaney, (1996) encontraron que la concentración de P, K, S, Fe, Mn y Zn fue mayor en verano-invierno que en primavera-verano en hojas de *Brassica oleracea* L. var *tronchuda* y *Brassica oleracea* L. var *acephala*. Asimismo, en Colombia se realizaron 10 experimentos para evaluar el valor de los suplementos minerales completos del mercado, comparados con los suplementos específicamente formulados a partir del análisis de forrajes y tejidos animales. Los suplementos formulados para corregir las deficiencias conocidas resultaron en iguales respuestas de producción a la mitad del costo de los suplementos minerales completos (McDowell, 1996).

En América Latina, se han llevado a cabo numerosos estudios sobre los efectos benéficos de la suplementación (principalmente fosforada) sobre los índices reproductivos con los cuales se han observados incrementos que van desde el 5 al 100%. En promedio, se han encontrado que aquellos animales que reciben

solo sal, tuvieron un porcentaje de pariciones del 52.6% comparado con el 75.5% de aquellos que recibieron un suplemento mineral adicional (McDowell, 1996).

3.4 Estimación de la digestibilidad por métodos de laboratorio

Datos exactos de digestibilidad de los forrajes son muy importantes para ayudar en la formulación y valuación económica de los diferentes forrajes. Aun cuando, el valor exacto del dato de digestibilidad es inequívoco, obtener los datos consumen mucho tiempo, es costoso y requiere grandes cantidades del forraje de prueba. La digestibilidad no es constante entre o dentro de forrajes; por tanto, datos referenciales de digestibilidad son de poco valor para la formulación de dietas. Estos problemas han conducido al desarrollo de varios métodos biológicos y químicos que pueden ser usados para estimar la digestibilidad de los alimentos. La validez de los métodos usados para estimar la digestibilidad depende de cómo se usen los datos. Diferencias relativas entre muestras dentro de una especie pueden ser usadas como un criterio de selección para los mejoradores de plantas. Las diferencias entre y dentro de los tipos de forrajes también pueden ser usados para determinar el valor económico relativo y nutricional de los forrajes. Cuando las diferencias relativas representan el primer objetivo, la exactitud (que tan cercano es la estimación del valor real) no es de primordial importancia; sin embargo, la precisión es muy importante debido a que pequeñas diferencias pueden ser detectadas. Cuando se están formulando dietas y prediciendo la respuesta animal, estimaciones exactas de digestibilidad son requeridas. La precisión también debe ser alta por lo que el número de análisis repetitivos requeridos son pocos (Weis, 1994).

3.4.1 Método de desaparición *in vitro*

Es una técnica de laboratorio que imita la función del tracto gastrointestinal. Se somete a una muestra de peso conocido a la acción de una solución que imite la función digestiva durante un tiempo determinado. Luego se procede a pesar el excedente que no pudo ser degradado por la solución y la diferencia entre el peso original y el restante es lo que realmente puede ser digerido. Los resultados se expresan en porcentaje:

$$\text{DMS (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Para imitar la acción digestiva de no rumiantes se utiliza una solución compuesta por ácido clorhídrico y pepsina, mientras que para rumiantes se somete la muestra durante 48 horas a la acción de fluido ruminal y luego por otras 48 horas a la acción de pepsina, previa acidificación con ácido clorhídrico. Como muchas veces es difícil contar con fluido ruminal se puede reemplazar al mismo por una solución de celulasa. Sin embargo, la fuente de inóculo para llevar a cabo la fermentación tiene una gran influencia en la precisión y exactitud de los valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Los factores que afectan el impacto del animal donador en la DIVMS incluyen: variación entre animales, especie animal, manejo alimenticio y probablemente el más importante, la dieta con que se alimenta al animal donador del fluido (Van Soest, 1994).

3.4.2 Método de desaparición *in situ*

Llamada también técnica de la bolsa nylon, técnica *in sacco*, técnica de la bolsa de fibra artificial. En esta técnica, la suspensión del material alimenticio en el rumen proporciona un íntimo contacto con el medio ambiente ruminal. No hay mejor vía para

simular el ambiente ruminal (temperatura, pH ruminal, buffer, sustratos, enzimas) dentro de un régimen alimentario, que el mismo rumen, aunque el alimento no está sujeto a una total experiencia ruminal, por ejemplo: masticación, ruminación y pasaje. Esta técnica se ha utilizado por muchos años y es la base para predecir la digestión en diferentes sistemas de alimentación (Waldo y Glenn, 1984). No obstante, el incremento en su popularidad ha sido sujeta a una evaluación extensiva y criticada con respecto a los muchos factores inherentes que influyen en la digestión (porosidad de la bolsa, contaminación bacteriana, dieta del animal, etc). Varios aspectos de la técnica *in situ* interactúan en la naturaleza y pueden influir en la interpretación de los resultados.

3.4.3 Técnica *in vitro* de producción de gas

La técnica no sólo determina la extensión, sino también la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas liberado, directamente como un producto de la fermentación, principalmente cuando se produce mayor proporción molar de ácido acético y ácido butírico, e indirectamente desde la neutralización del fluido ruminal. Al igual que otras técnicas de bioensayo, la técnica de producción de gases emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39° C e inóculo ruminal. La técnica puede medir el volumen de gas a presión atmosférica constante, la presión de gas a un volumen fijo, o hace una combinación de ambos procedimientos; disponiendo para tal efecto de metodologías manuales, semiautomáticas y automáticas. Los perfiles de producción de gas obtenidos pueden ajustarse a diferentes ecuaciones para resumir la información cinética, permitiendo la comparación de los sustratos, la

evaluación de diferentes ambientes de fermentación y la obtención de las tasas de fermentación de los constituyentes solubles y estructurales. Algunos de los factores que afectan la producción de gas se encuentra el tipo de sustrato y de inóculo, la especie animal donadora del inóculo, su alimentación, el pH del medio y el buffer empleado (López *et al.* 2000).

3.5 Consumo de forraje en pastoreo

El comportamiento de alimentación de las cabras ha sido bien descrito sobre los comederos y bajo condiciones de pastoreo. En comparación con otras especies de rumiantes, las cabras marcadamente seleccionan en los comederos y fracciones de la vegetación durante el pastoreo y tienden a producir más rechazo que otros rumiantes si la disponibilidad de alimento es ilimitada Morand-Ferh (2003). Varios estudios describen la selectividad de las cabras y su variación estacional bajo condiciones de pastoreo en el noreste de México (Ramírez *et al.*, 1990; 1991, 1993).

La colecta total de heces frecuentemente es usado para estimar el consumo de forrajes en pastizales donde el consumo es igual a el total de heces dividido entre 1 menos la digestibilidad del forraje. La colecta, el secado y el pesado del total de heces es el método más exacto, pero que involucra dificultades en la colecta total. La colecta total de heces para animales en pastoreo requiere arneses diseñados especialmente para que las heces puedan ser depositadas en las bolsas de colección. En principio el método es simple pero conlleva dificultades. En

particular, la colecta completa no puede ser garantizada e igualmente cuando la colección es incompleta no puede ser cuantificada (Coates y Penning, 2000)

Además, han sido desarrolladas varias técnicas de marcajes. La técnica de los alcanos ofrece el mejor potencial para realmente estimar el consumo de rumiantes en pastoreo. La técnica aun no ha sido validada para pasturas tropicales. Los métodos alternativos para estimar el consumo son: la estimación de la masa herbácea antes y después del pastoreo; pesar a los animales antes del pastoreo; estimar la masa del bocado y multiplicar por el total de bocados en 24 horas y usar la alimentación estándar inversa para calcular del consumo por retención y salida de energía y el nivel de energía metabolizable de la dieta (Coates y Penning, 2000).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Rancho “El Palmar de la Matanza”, propiedad privada, ubicada en la subdelegación de la Matanza, municipio de La Paz, BCS, en las coordenadas 23° 37' 57" LN y 110° 16' 54" LO. Este punto se localiza en el valle de la Matanza, limitada al Sur con la Delegación de Todos Santos, al Oeste con el Océano Pacífico, al Este con la Sierra de la Laguna y al Norte con el Ejido el Carrizal (INEGI, 1995). La vegetación de esta zona, constituye una franja que corre a lo largo del Océano Pacífico a partir de Todos Santos, está catalogada como un matorral sarcocauléscente, el cual se forma por una asociación de árboles pequeños entre 4 y 10 m y arbustos altos y medianos de 1 a 3 m con abundancia de cactáceas, siendo las especies vegetales dominantes en el sitio de estudio, Cholla (*Opuntia choya*), Ciruelo (*Cyrtocarpa edulis*), Torote (*Bursera microphylla*), Lombay (*Jatropha cinerea*) y Pitahaya agria (*Machaerocereus gumosus*) (León de la Luz y Coria, 1990).

El área es representativa de suelos desérticos y semidesértico o sierozen e *in situ* de montaña. La topografía está formada por planicies con pendientes uniformes, quedando comprendida entre las clases “casi a nivel” y suavemente ondulados. La altitud varía de 0 a 400 m.s.n.m. El clima es el subtipo muy seco

semicálido con lluvias en verano y presencia de niebla en la zona del Pacífico. La precipitación total anual es menor de los 300 mm, puede variar a precipitaciones menores a 50 mm en las partes más bajas, hasta mayores de 300 mm en los lugares más elevados, los meses de mayor precipitación son agosto y septiembre, con promedio de 50 a 60 mm para cada mes; abril, mayo y junio son los más secos con precipitaciones de décimas de milímetros. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 22° C La temperatura media mensual más elevada se presenta en agosto y septiembre y varían de 29 a 35° c, mientras que el mes más frío es enero, con una media mensual entre 8 y 10° C (INEGI, 1996).

La estación climatológica de la Muela ubicada a 140 msnm ha reportado una temperatura media anual de 22.06° C y una precipitación media anual de 175.5 mm en el periodo de 1984 a 1991; de la misma manera, otra estación climatológica cercana al lugar de estudio es la de Todos Santos, se encuentra a una altura de 40 msnm, ha reportado en 30 años de registros (1961-1991) con una temperatura media anual de 21.5° C y una precipitación promedio de 150.2 mm (INEGI, 1996).

Tabla 1.

Precipitación y temperaturas de la estación de Todos Los Santos, Municipio de La Paz,
Baja California Sur, México

Años	Estaciones	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Máxima (°C)	Mínima (°C)
1	Verano, 2006	147.5	26.5	30.9	22.2
	Otoño, 2006	27.0	22.0	28.9	15.2
	Invierno, 2007	14.0	17.6	23.8	11.5
	Primavera, 2007	0	18.7	24.6	12.9
	Suma anual	174.5	21.2	27.0	15.4
2	Verano, 2007	172.5	26.0	29.8	22.3
	Otoño, 2007	28.1	20.4	26.1	14.8
	Invierno, 2008	26.0	16.8	23.8	9.9
	Primavera, 2008	0	19.5	24.7	14.3
	Suma anual	226.6	20.7	26.1	15.3

4.2 Estructura vegetacional del área

Se realizaron ocho muestreos durante el verano (9 al 13 de agosto) y otoño (29 de noviembre al 3 de diciembre) de 2006; invierno (20 al 24 de febrero), primavera (29 de abril al 5 mayo), verano (10 al 15 de septiembre), otoño (4 al 8 diciembre) de 2007 y invierno (20 al 25 de febrero) y primavera (9 al 13 mayo) de 2008.

Se establecieron al azar 22 transectos de 30 m de longitud que permanecieron fijos, colocados dentro de un área con un radio de 1,000 m. En cada muestreo y a lo largo de cada transecto se midió la cobertura aérea, la altura de la vegetación y se registró la especie, y el estado fisiológico de las plantas. Con estas variables se determinó la frecuencia relativa, la dominancia relativa, la densidad relativa y el valor de importancia, mediante las siguientes fórmulas (Franco-López *et al.* 2001):

$$\text{Frecuencia relativa por especie (FR)} = \frac{\text{Número de parcelas con la especie}}{\text{Número total de especies}} \times 100$$

$$\text{Densidad relativa por especie (AR)} = \frac{\text{Número de individuos de la especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Dominancia relativa (DR)} = \frac{\text{Superficie de copas de la especie}}{\text{Superficie de todas las copas}} \times 100$$

$$\text{Valor de importancia (VI)} = \frac{\text{FR} + \text{AR} + \text{DR}}{3}$$

La riqueza florística se determinó según Hart (1985), mediante la fórmula:

$$R = S - 1 / \log N$$

Donde:

R = Riqueza

S = Número de especies

N = Número de individuos

El índice de diversidad (Shanon, 1971) se determinó de la siguiente forma:

$$H = - \sum (Ni / N) (\text{Log} (Ni / N)$$

Donde:

H = Índice de riqueza

Ni = Valor de importancia para la i-ésima especie

N = Total de valores de importancia

La equitatividad o la igualdad de colocación de los individuos entre las especies se calculó de la siguiente forma Hart (1985):

$$E = \frac{H}{\text{Log}_2 S}$$

Donde:

E = equitatividad

H = Índice de diversidad

S = Número de especies en la comunidad

Cada evento fenológico fue incluido como iniciación de hoja, crecimiento vegetativo, floración, fruto, dormancia de arbustos siempre verdes, hojas secas de hierbas y arbustos deciduos secos.

4.3 Obtención de muestras de la dieta seleccionada por caprinos

Se utilizaron 5 caprinos machos, castrados y encastados de Nubio con peso corporal promedio de 37.1 ± 1.4 kg. Los animales fueron fistulados en el esófago de acuerdo al procedimiento descrito por Ellis *et al.* (1984) en el área media ventral del cuello. En cada animal se colocó una cánula de silicón, que consistió de dos piezas en forma de “L”, formando ambas un diámetro de oclusión de 25 mm toda la pieza medía 74 mm de largo, 27 mm de ancho y 65 mm de alto (Grünwalt y Sosa, 1986).

En cada muestreo, se colocaron bolsas de lona con fondo de malla sujetadas al cuello de los animales para permitir coleccionar la dieta consumida por estos y reducir la contaminación salival de las muestras. Los animales eran pastoreados durante 60 minutos en dos ocasiones al día, a las 8:00 y a las 17:00 horas durante cinco días. El contenido de las bolsas colectoras fue colocado en charolas de aluminio, las muestras estuvieron sometidas a una inspección visual y registro de las plantas escogidas por cada animal, con el fin de ayudar en la posterior identificación de las plantas seleccionadas por las cabras mediante la técnica microhistológica. Las muestras esofágicas obtenidas fueron posteriormente secadas al sol dentro de un cajón de madera con paredes de malla, para proteger las muestras de los insectos y permitir el paso del aire, evitando su

fermentación, posteriormente fueron deshidratadas en una estufa de secado a una temperatura de 55° C por 48 h y molidas en el micro molino Thomas-Willey para análisis de forrajes con un tamiz del número 20, para obtener un tamaño de partícula de 1 mm. Las muestras fueron conservadas en frascos de vidrio para posteriormente ser utilizadas para la determinación de la composición química y botánica de la dieta.

4.4 Composición botánica de la dieta de caprinos

Para la determinación de la composición botánica de la dieta se utilizó la técnica microhistológica descrita por Sparks y Malechek (1968). Las muestras fueron sumergidas en una solución con hipoclorito de sodio al 5 % (cloro comercial) por 2 minutos y luego molidas en una licuadora doméstica, inmediatamente después se procedió a lavar a chorro de agua sobre un tamiz No. 20 (USA, Standard Testing Sieve), para eliminar fragmentos demasiado pequeños y montadas en un medio fijador. Cinco portaobjetos debidamente identificados fueron preparados por cada muestra de fístula esofágica. Los portaobjetos fueron colocados en serie sobre una plantilla metálica con orificios y con la ayuda de una espátula se rellenan los orificios de la plantilla con la muestra en cuestión todavía húmeda y se retiró la plantilla con cuidado. A continuación se aplicaron 5 gotas a cada laminilla de la solución aclaradora de Hertwig (270 g de cristales de hidrato de cloral, 19ml de HCl 1N, 60 ml de glicerina) con un gotero. Se tomó cada laminilla y se les aplicó flama de un mechero de alcohol hasta que el aclarador hirvió y se evaporó la mayor parte de la solución (Peña y Habid,

1980). Posteriormente se volvió a aplicar una cantidad adecuada de gotas de la misma solución como fijador, esparciéndola con la aguja de disección, hasta que la muestra y el medio formen una mezcla homogénea que cubra el área que será ocupada por el cubre objetos.

Veinte campos de cada portaobjetos preparado fueron sistemáticamente observados a 100 X magnificaciones para un total de 100 campos por muestra por animal. Los portaobjetos de referencia de las especies de plantas colectadas para el área de estudio fueron preparados de la misma manera empleando hojas, tallos, flores y frutos de las especies presentes en el área. Estos portaobjetos de referencia fueron usados para ayudarse en la correcta identificación de los fragmentos de plantas contenidas en las muestras esofágicas. El observador practicó en cubre objetos preparados con mezclas conocidas de plantas del sitio de estudio como lo describe Holechek y Gross (1982), como entrenamiento preliminar a la identificación de las especies presentes en la dieta. Los fragmentos de plantas fueron identificados por características de la epidermis y se registraron como frecuencias. La frecuencia relativa de cada por cada día fue calculada y ésta fue convertida a densidad relativa (Johnson, 1982):

$$F = 1 - e^{-x}$$

Donde F es la frecuencia, e es la base de los logaritmos naturales y x equivale a la densidad media. La conversión de frecuencia a densidad es matemáticamente válida únicamente si se cumplen dos requisitos: 1) los fragmentos vegetales deben estar distribuidos aleatoria y uniformemente en la laminilla y 2) la densidad de partículas debe ser tal que la especie más abundante no se presente en más del 86% de los campos muestreados (Peña y Habid, 1980).

El siguiente paso es dividir cada una de las densidades entre la suma de ellas y multiplicar por 100, obteniendo los porcentajes de composición botánica. El índice de preferencia del herbívoro por cada especie vegetal puede ser estimado mediante la fórmula (Kruger, 1972):

$$IP = \frac{D}{d}$$

Donde IP es el índice de preferencia, D es el porcentaje de la planta en la dieta y d es el porcentaje de disponibilidad de la especie en la vegetación. La disponibilidad relativa puede estimarse de acuerdo a la densidad relativa (Peña y Habid, 1980).

El índice de similitud de Kulczynsky es el cociente entre composición florística del área y la composición botánica de la dieta, se determinó mediante la fórmula:

$$S = \frac{2(W)(100)}{A + B}$$

Donde:

S = Similitud (%)

W = Valor numérico menor entre la proporción de cada especie en el área de estudio y la proporción de cada especie en la dieta de los animales.

A + B = suma total de cada una de los componentes de cada una de las dietas

4.5 Composición nutritiva de la dieta de caprinos

Las muestras de cada animal en los 6 días de muestreo de cada muestreo fueron mezcladas, obteniéndose una muestra de 100 g por animal para la determinación de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda

(PC), extracto etéreo (EE), según la AOAC (1990). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA), celulosa, proteína insoluble en detergente ácido (PIFDA), proteína insoluble en detergente neutro (PIFDN), por los métodos descritos por Goering y Van Soest, (1970) y Van Soest *et al.* (1991). El contenido de hemicelulosa fue obtenido como la diferencia entre FDN y FDA. La fracción de carbohidratos no estructurales (CNE) fue calculada restándole a cien la suma de los porcentajes de FDN-PIFDN, PC, EE y cenizas.

4.6 Digestibilidad *in vitro* ruminal de la dieta de caprinos

Las muestras de la dieta fueron pesadas y colocadas dentro de bolsas filtrantes (F57 de ANKOM Inc.). En un recipiente se adicionó 40 ml de un amortiguador preparado previamente, mezclando la saliva McDouglas y el fluido ruminal con la proporción de 4:1. El fluido ruminal fue extraído de tres cabras intactas provistas de cánula ruminal alimentadas a base de alfalfa henificada. La dieta y el amortiguador fueron incubados en el aparato DAISY II con ambiente anaerobio y temperatura controlada (39° C) durante 48 h (Goering y Van Soest, 1970).

Después de la incubación las bolsas filtrantes fueron sometidas a un lavado en una solución de FDN por 60 minutos en un digestor de fibra LABCONCO. Después del reflujo en el digestor de fibra, las bolsas fueron lavadas dos veces con agua caliente y una con agua fría, más un lavado con acetona para eliminar los remanentes del detergente, posteriormente el remanente de la bolsa filtrante fue

incinerado a 550°C por 4 h. La materia orgánica de la muestra incubada menos la materia orgánica calculada del remanente expresada como porcentaje de la materia orgánica de la muestra original fue considerada como la digestibilidad *in vitro* ruminal de la materia orgánica (Goering y Van Soest, 1970).

4.7 Estimación del contenido energético de la dieta de caprinos

El método usado para obtener y expresar el valor energético de la dieta fue obtenido empleando las ecuaciones del NRC (2001). Los valores de nutrientes digestibles totales (NDT) para mantenimiento, fueron estimados por una técnica sumatoria en donde se calculan las concentraciones (porcentaje de materia seca) de las digestibilidades verdaderas (dv) de los carbohidratos no fibrosos (CNF), PC, EE y FDN para cada ingrediente.

Las fórmulas fueron obtenidas de Weiss et al. (1993). El EE no representa una fracción nutricional uniforme y por lo tanto, no se tiene una constante de digestibilidad sobre ésta entidad. Los ácidos grasos (AG) son una fracción uniforme con una digestibilidad verdadera de entre 95 a 100% cuando las dietas contienen 3% o menos de EE. Un valor de 100% de digestibilidad fue escogido para el contenido de AG de los alimentos, el cual puede ser estimado como (Allen, 2000): $AG = EE - 1$. Las ecuaciones serían:

$$DVCNF = 0.98 (100 - [(FND - PIFDN) + PC + EE + C] \times FAP)$$

$$DVPCf = PC \times \exp [-1.2 \times (PIFDA/PC)]$$

$$DVPCc = [1 - (0.4 \times (PIFDA/PC))] \times PC$$

$$DVAG = AG \text{ Nota: si } EE > 1, \text{ entonces } AG = 0$$

$$DVFDN = 0.75 \times (FDNn - L) \times [1 - L/FDNn]^{0.667}$$

Donde:

PIFDN = proteína insoluble en detergente neutro x 6.25.

PIFDA = proteína insoluble en detergente ácido x 6.25.

L = lignina ácido detergente.

FDNn = FDN – PIDN.

Todos los valores están expresados como porcentaje de la materia seca. Las ecuaciones DVCNF, DVPCf, DVPCc, DVAG, DVFDN están basadas en la digestibilidad verdadera, pero NDT está basado en la digestibilidad aparente; por lo tanto NDT fecal debe ser sustraídos de la suma de las fracciones digestibles. Weiss *et al.* (1993) determinaron que en promedio el NDT fecal metabólico fue igual a 7%. El NDT de mantenimiento es entonces calculado usando la ecuación NDTm (%):

$$NDTm (\%) = dvCNF + DVPC + (DVAG \times 2.25) + DVFND - 7$$

La energía digestible (ED) está basada en la digestibilidad aparente y las ecuaciones están basadas en la digestibilidad verdadera, entonces, una corrección de la energía metabólica fecal es necesaria. El calor de combustión del NDT fecal

fue asumido ser de 4.4 Mcal/kg; la ED fecal = 7 x 0.044 = 0.3 Mcal/kg., NRC (2001) por tanto:

$$ED \text{ (Mcal/kg)} = (DVCNF/100) \times 4.2 + (DVFDN/100) \times 4.2 + (DVPV/100) \times 5.6 + (DVAG/100) \times 9.2 - 0.3$$

Una aproximación teórica fue usada para ajustar los valores de EM de los alimentos con más de 3% de EE. Asumiendo que un alimento con 100% de EE tiene la EM = ED y restando esta ecuación por la ecuación (1.01 x ED + 0.00464) y dividiendo por el cambio en la concentración de EE (100 - 3) produce la expresión: 0.000103 x ED + 0.00464 que es el cambio en la EM por incrementos en el contenido de EE por unidad de porcentaje. El término de ED fue asumido como insignificante; por lo tanto, los valores de EM de los alimentos con más del 3 % de EE fueron incrementados por 0.0046 por unidad de porcentaje incrementado de EE que sobre pase del 3% (NRC, 2001).

$$EM \text{ (Mcal/kg)} = [1.01 \times (ED_p) - 0.45] + 0.0046 \times (EE - 3)$$

Donde ED_p es Mcal/kg y EE es en porcentaje de la MS

4.8 Determinación de la Digestibilidad *in situ*

Se usaron 4 cabras criollas fistuladas del rumen para estimar la tasa y el grado de digestión de cada especie vegetal en cada estación. Se incubaron bolsas de nylon (10 x 15 cm y el tamaño del poro de 50 µm) en la parte ventral del rumen

de la cabra. Se colocaron 3 g de cada muestra en las bolsas de nylon y se dejaron en el rumen por 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 h. La desaparición en tiempo cero se determinó de las bolsas sin incubar. Al finalizar la incubación, las bolsas se lavaron en maquina lavadora con cinco enjuagues y secaron a 53° C en un estufa durante 48 h. Los residuos de cada hora fueron analizados por MO y PC.

Para estimar las características no-lineales de la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO) y proteína cruda (DISPC), se empleó la ecuación de Ørskov y McDonald, (1979):

$$p = a + b (1 - e^{-kd \cdot t})$$

donde:

p es el porcentaje de desaparición de cada fracción nutritiva al tiempo t ,

a es la fracción soluble de la muestra,

b es la fracción insoluble que se degrada lentamente en el rumen,

kd es la constante de la medida de desaparición de la fracción b , y

t es el tiempo de incubación.

Los parámetros de degradación fueron calculados por regresión no lineal (Sigma Plot 3.01, 1995). Estos parámetros fueron usados para calcular la degradabilidad efectiva de materia orgánica (DEMO) y de proteína cruda (DEPC) asumiendo una tasa de pasaje (kp) de 5%/h mediante la ecuación:

$$DE = a + b \cdot kd / (kd + kp) \cdot e^{(-kd + kp) \cdot t}$$

Donde: DE es la degradabilidad efectiva, a , b , kd , t y e son términos definidos anteriormente y kp es la tasa de pasaje asumida.

4.9 Determinación de minerales

Por triplicado, las muestras fueron incineradas a 550° C durante 4 horas. Posteriormente, las muestras se digirieron en una solución de HCl al 20 % de acuerdo al procedimiento de digestión seca. Las concentraciones de Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe y Zn se determinaron mediante un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian (model SpectrAA-200; Varian Australia Pty Ltd., Mulgrave, Victoria, Australia); donde el P fue cuantificado usando un colorímetro Perkin-Elmer (modelo Lamda 1A; Perkin-Elmer Corp., Analytical Instruments, Norwalk, CT, EUA. El consumo de minerales en la dieta de cabras también fue determinado.

4.10 Determinación del consumo de nutrientes

Para obtener la excreción total de heces se utilizaron cinco caprinos criollos machos castrados, con pesos de 37 kg en promedio provistos de arnés y bolsa colectora de heces. Durante los muestreos diarios a los animales se les pesaba por la mañana antes de salir al pastoreo y se recolectaban y pesaban las heces en la mañana antes de salir y en la tarde a la llegada al corral (Zorrilla, 1979). La producción de heces fue muestreada durante 5 días en cada muestreo. El consumo de materia seca fue calculado como:

$$\text{CMS} = \text{materia fecal g d}^{-1}/(1-\text{DIVIMS})$$

El consumo de materia seca fue ajustado por MO, PC, CNF, FDN celulosa, hemicelulosa, lignina, DIVIMO, NDT, EM, para determinar los consumos correspondientes de los componentes químicos de la dieta de cabras.

4.11 Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de la composición botánica del área de estudio, mostrando las especies presentes en el área, los porcentajes de cobertura, frecuencia, densidad, dominancia y valor de importancia de la vegetación. Los índices de similitud entre la dieta y el área de muestreo por especie, la composición botánica de la dieta por tipo de planta, así como los índices de preferencia y similitud por tipo de planta y la composición nutritiva, digestibilidades *in situ*, consumo por componentes de la dieta fueron analizados estadísticamente usando un diseño estadístico completamente al azar con un arreglo factorial de A x B siendo A los años (2) y B las estaciones (4). Las medias fueron comparadas por medio de la prueba de Tukey. Asimismo, se realizaron análisis de correlación simple entre la composición química, temperatura, precipitación, digestibilidades y consumo de nutrientes (Steel y Torrie, 1989). Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el paquete estadístico SPSS versión 11 (2001).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Valor de importancia de las especies en el área

El valor de importancia para cada tipo de planta fue diferente entre años y estaciones. Los AANL y AAL fueron abundantes durante todos los muestreos. En general las hierbas y los pastos aumentaron su presencia después de la primavera. Los AANL presentaron mayor variabilidad entre años y estaciones. Los pastos fueron variables debido a que el valor de la frecuencia en que aparece un individuo en el transecto fue bajo durante primavera y verano. Los AANL también fueron variables debido a que el valor de la densidad de los individuos fue menor durante primavera. Las hierbas, cactáceas y árboles y AAL presentaron menor variabilidad entre años y estaciones (Figura 1). Las especies de mayor valor de importancia fueron las hierbas *Antigonon leptopus*, *Solanum hidsianun* y *Merremia aurea*. Los pastos fueron *Aristida adscensionis*, *Eragrostis pilosa* y *Cenchrus palmeri*. Los cactus fueron *Opuntia cholla*, *Maechaerocereus gummosus* y *Pachycereus pringlei*. Los AAL con mayor valor de importancia fueron *Prosopis articulata*, *Cercidium floridium* y *Caesalpinia pannosa*. Los AANL fueron *Jatropha cinérea*, *Ruellia peninsularis* y *Bursera microphylla*, (Tabla 4).

La composición botánica es una medida de la forma en que las cabras seleccionan las plantas forrajeras del agostadero (Manetje y Jones, 2000). En un

estudio realizado en un matorral semidesértico del noreste de México Ramírez *et al.*, (1991) reportaron la presencia destacada del pasto *Hilaria berlanderi* (14.3%), el arbusto *Acacia rigidula* (10.6%), las hierbas *Isocoma wrightii* (2.1%) y *Coldenia greggi* (2.1%). Asimismo, argumentaron que en octubre, que es la temporada húmeda en esa región, las hierbas fueron más numerosas que los pastos y los arbustos.

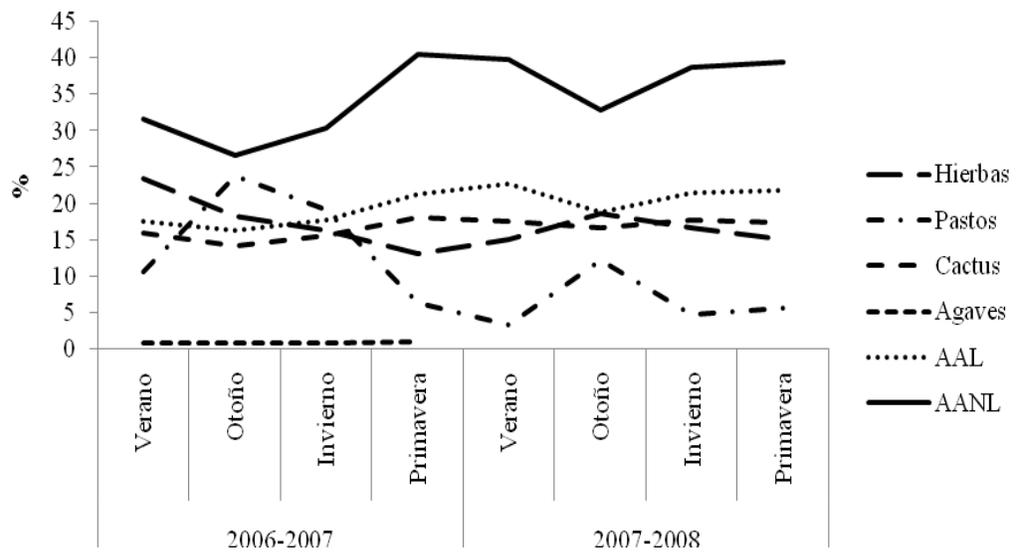
En la Figura 1 se muestra que cuando los AANL fueron altos, los pastos fueron bajos y viceversa. Esta condición se presenta porque los valores de importancia de las hierbas, cactus y AAL se mantuvieron dentro de un rango más o menos constante en el área de estudio. Las hierbas y los pastos fueron caracterizados por poseer frecuencias altas en el agostadero, y presentaron senescencia de la hoja en los muestreos de primavera. Los AAL y cactáceas fueron dominantes en la estructura y los AANL fue más cambiante la densidad. Aspectos similares fueron reportados por Ramírez-Orduña *et al.*, (2008) en el mismo predio pero realizado con anterioridad.

5.2 Composición botánica de la dieta

La composición botánica no fue diferentes entre años ni entre estaciones, aunque si fue diferente entre tipos de plantas; Además las interacciones si fueron significativamente diferentes (Tabla 2). Las cabras consumieron significativamente más AANL seguidos por AAL, hierbas, pastos y cactus. La estación de primavera del primer año mostro en la CB diferencias con respecto a primavera del segundo año.

Figura 1

Valor de importancia por tipo de planta del matorral sarcocauléscente durante dos años. AAL = árboles y arbustos leguminosos; AANL = árboles y arbustos no leguminosos.



La composición botánica de la dieta fue igual en ambas primaveras para todos los tipos de plantas, con excepción de las hierbas las cuales mostraron diferencias estadísticas, siendo más alta la inclusión de hierbas en la primavera del segundo año ($P > 0.05$). En las cactáceas se observó un pico de mayor utilización, por las cabras, en los muestreos de primavera del primer año, mas no en el segundo, el cual fue sustituido por una mayor inclusión de hierbas en la dieta de (Tabla 3). La estación de primavera se registro como una estación seca debido a que normalmente no se presentan precipitaciones en la región (Tabla 1). La única forma de incluir en la dieta a las hierbas es que estén presentes en el agostadero en forma de planta muerta u hojas deciduas conservadas en el suelo.

Las especies con mayor porcentaje por tipo de planta en la dieta fueron: hierbas, *Amaranthus palmeri*, *Solanun hindsianum*, *Antigonon leptopus*; pastos, *Aristida adscensionis*, *Eragrostis pilosa*, *Cenchrus palmeri*; cactáceas, *Opuntia cholla*, *Pachycereus pringlei*; AAL, *Acacia farnesiana*, *Acacia peninsularis*, *Prosopis articulata* y AANL, *Manguifera indica*, *Ambrosia magdalena*, *Bourreria sonora*.

Ramírez *et al.* (1990) al investigar la composición botánica de la dieta de cabras en un matorral del noreste de México, encontraron que los arbustos fueron consumidos en un 81.0% seguidos de hierbas con 12.3% y pastos con 6.7%. Las especies arbustivas más importantes fueron *Acacia rigidula*, *Prosopis glandulosa*, *Cercidium macrum*. Resultados similares fueron encontrados en este estudio al agrupar las especies de plantas por AAT, hierbas y los pastos (Tabla 3). Similarmente, Ramírez-Orduña *et al.* (2008) desarrollaron un estudio para conocer las especies de plantas más importantes de la dieta de cabras en un matorral

sarcocauléscente en el noroeste de México. Los resultados encontrados fueron que los AANL fueron utilizados en todas los muestreos en mayor proporción que los otros tipos de plantas. Le siguieron las AAL, cactáceas y hierbas. Las hierbas fueron incluidas en mayor proporción el muestreo de otoño. Similar a lo encontrado en este estudio, estos autores observaron un efecto sustitutivo de AANL por cactáceas y AAL en primavera.

Aparentemente, la composición de las especies en la dieta puede ser modificada por varios factores como los climáticos. Warren *et al.* (1984) determinaron la dieta de cabras por análisis de heces en el sur de Texas y encontraron que los arbustos fueron los más utilizados durante tres temporadas, menos en primavera, y las hierbas fueron relativamente escasas durante los 13 meses de estudio, debido a condiciones pobres de crecimiento. López-Trujillo *et al.* (1995) estudiaron la composición botánica de una dieta de cabras en un matorral xerófilo con y sin resiembra de pastos, observaron en arbustos y herbáceas una correlación inversa entre estos dos tipos de plantas en la dieta y entre arbustos y pastos. Las plantas herbáceas y pastos disminuyeron en la dieta y solo las especies arbustivas permanecieron en la dieta conforme avanzaba la temporada de sequia. La composición botánica presento cambios entre año y temporada dentro de año. Sin embargo, factores estructurales como niveles de cobertura de una especie no modificaron la composición de las especies en la dieta (Papachristou *et al.*, 1993). Asimismo, la presión de pastoreo (0.41 unidades animal ha⁻¹) en la composición botánica de la dieta de cabras Angora no fue factor para modificar las proporciones de tipos de plantas. Otros estudios han indicado que las cabras son menos afectadas por la presión de pastoreo que bovinos y

ovinos (Taylor *et al.*, 1986; Taylor *et al.*, 1990). Lo anterior se debe quizás, a que las cabras poseen ciertas características físicas como pastorear en dos pies, mayor movilidad de los labios de la boca y lengua prensil que provee las habilidades necesarias para seleccionar el forraje preferido igualmente a presiones de pastoreo excesivo (Ramírez-Lozano, 2008).

Las plantas poseen una amplia variedad de compuestos secundarios que son antinutritivos por que reducen el valor del forraje y desalienta el consumo de otras especies (Launchbaugh *et al.*, 2001). Por tanto, las causas de la baja utilización de las plantas del agostadero podrían estar relacionadas con los compuestos secundarios de las plantas como alcaloides (Pfister *et al.*, 1994) y taninos condensados (Reed, 1986).

5.3 Índices de preferencia

Los índices de preferencia de las especies de plantas fueron significativamente diferentes entre años y entre tipos de plantas, pero no fueron diferentes entre estaciones; las interacciones si fueron significativamente diferentes (Tabla 2). Los AANL fueron más preferidos por las cabras durante todas las estaciones, seguidos por los AAL, excepto en verano y primavera del segundo año, cuando las hierbas fueron las más preferidas, adicionalmente en la primavera de ambos años los cactus fueron altamente preferidos. Los pastos obtuvieron valores menores de uno en la preferencia en la mayoría de los muestreos (Figura 2).

Tabla 2

Valores de F y significancia (Sig) para el modelo factorial utilizado para analizar composición botánica (CB), índices de preferencia (IP) e índice de similitud (IS) de una dieta de caprinos en un área de Baja California Sur, México

Efecto	CB		IP		IS	
	F	Sig	F	Sig	F	Sig
Año	3.7	ns	7.0	**	83.5	***
Estación	0.3	ns	0.9	ns	4.6	**
Tipo planta	127.5	***	41.4	***	74.5	***
Año *estación	2.8	*	4.0	**	3.7	*
Año * tipo planta	9.8	***	5.2	***	7.1	***
Estación*tipo planta	4.7	***	6.3	***	6.7	***
Año*Estación*tipo planta	5.9	***	6.3	***	4.8	***

ns= no significante, *(P<0.05); **(P<0.01); ***(P<0.001).

Tabla 3

Medias de composición botánica de la dieta (%) por tipos de planta en un área de Baja California Sur, México

Año	Estación	Hierbas	Pastos	Cactáceas	AAL	AANL
1	Verano	14 ± 2 ^{abc,w}	0 ± 0 ^{a,v}	0 ± 0 ^{a,v}	2 ± 2 ^{a,v}	84 ± 4 ^{c,x}
	Otoño	26 ± 7 ^{c,v}	9 ± 5 ^{bc,v}	6 ± 4 ^{a,v}	7 ± 1 ^{ab,v}	51 ± 7 ^{ab,w}
	Invierno	11 ± 3 ^{abc,v}	10 ± 1 ^{c,v}	4 ± 1 ^{a,v}	17 ± 3 ^{abc,v}	58 ± 6 ^{ab,w}
	Primavera	7 ± 2 ^{ab,vw}	3 ± 1 ^{abc,v}	27 ± 5 ^{b,xy}	23 ± 3 ^{c,wx}	40 ± 4 ^{a,y}
	Media	14 ± 2	5 ± 2	10 ± 3	13 ± 2	57 ± 5
2	Verano	11 ± 2 ^{abc,w}	0 ± 0 ^{a,v}	1 ± 0 ^{a,v}	25 ± 2 ^{c,x}	63 ± 1 ^{abc,y}
	Otoño	2 ± 1 ^{a,v}	1 ± 0 ^{ab,v}	0 ± 0 ^{a,v}	23 ± 4 ^{c,x}	71 ± 4 ^{bc,y}
	Invierno	15 ± 1 ^{abc,w}	0 ± 0 ^{a,v}	1 ± 1 ^{a,v}	21 ± 5 ^{bc,w}	62 ± 4 ^{abc,x}
	Primavera	20 ± 7 ^{bc,vwx}	2 ± 1 ^{abc,v}	9 ± 2 ^{a,vw}	29 ± 4 ^{c,wx}	40 ± 9 ^{a,x}
	Media	11 ± 2	0.8 ± 0.3	2 ± 0.9	24 ± 2	60 ± 3
Total		12 ± 2	3 ± 1	6 ± 2	19 ± 2	59 ± 3

AAL = árboles y arbustos leguminosos.

AANL= árboles y arbustos no leguminosos.

^{a,b,c} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

^{v,w,x,y,z} Medias dentro de filas con diferente índice literal difieren por tipo de planta (P<0.05).

Las especies preferidas en la dieta de caprinos acomodadas por orden al valor de importancia y tipo de planta en AANL fueron *Manguifera indica*, *Ambrosia magdalena*, *Bouyeria sonora*; en AAL fueron *Acacia farnesiana*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium comfina*; en hierbas fueron *Amaranthus palmeri*, *Antigonon leptopus* *Melochia tomentosa*; en cactáceas fueron *Opuntia cholla*, *Pachycereus pringlei* y en pastos fueron *Cenchrus palmeri*, *Chloris gayana*, *Eragrostis pilosa*, (Tabla 4).

Ramírez *et al.*, (1993) determinaron los índices de preferencia de la dieta de cabras en un matorral del noreste de México y argumentaron que las preferencias en las dietas fueron las hojas de arbustos seguidos de hierbas, pastos y cactus. Sin embargo, Ramírez-Orduña *et al.*, (2008) al estudiar las preferencias de los caprinos en un matorral sarcocauléscente en el noroeste de México reportaron que existe un comportamiento de sustitución entre las AANL por cactáceas durante muestreos de primavera y AAL durante los muestreos de verano.

Aich *et al.*, (2007) estudiaron el comportamiento ingestivo de cabras en un bosque de Arganos en Moroco. Observaron que los arbustos comprendían del 50% en Junio a un máximo de 84% en diciembre. Bajo los árboles pastoreados, la hierbas y rastrojos estaban disponibles durante junio contando hasta el 50%, pero cuando disminuían su presencia fueron menor del 15%. Las cabras ingirieron desde marzo hasta junio grandes bocados cuando los Arganos tenían frutos. Estos datos coinciden con Ramírez-Orduña *et al.*, (2008) y con los de este estudio con respecto a la inclusión de frutos en los muestreos de primavera.

Pelliza *et al.*, (2001) trabajaron con tipos estructurales de plantas que representaron diferentes arreglos de plantas forrajeras para interpretar y comparar dietas de diferentes herbívoros en diferentes ambientes. Es este trabajo encontraron que algunos de los tipos de dietas en los rumiantes no fueron independientes de la estructura y características específicas de la vegetación. Los resultados obtenidos por Ramírez *et al.* (1993); Kronberg *et al.* (1997) y Ramírez-Orduña *et al.* (2008) sobre los hábitos alimenticios de los caprinos, así como la revisión de varios resultados de investigación hecha por Silanikove (2000) confirman la gran adaptabilidad de los caprinos a utilizar diferentes arreglos de tipos de plantas. Asimismo, Aldezabal *et al.* (2000) encontraron que el uso de los arbustos y la preferencia de especies de plantas en dietas de cabras criollas por arbustos del mediterráneo fue significativamente diferente a través de los muestreos, en general estas fluctuaciones de la dieta fueron consistentes con el máximo valor nutritivo de la planta consumida. A pesar de la alta disponibilidad, fueron evitadas las especies de plantas con características físicas o químicas antiherbívoras a través del año.

Aunque la calidad de la dieta de cabras sea variable, ellas han desarrollado una estrategia de pastoreo para protegerse de fluctuaciones en abundancia de recursos. Se ha visto que aunque toman la ventaja de abundancia de alimentos altamente digestibles (incrementos en la proporción de 10% en invierno a 50% en primavera), las cabras mantienen el consumo de arbustos lo suficientemente alto para preservar la aclimatación a los compuestos ricos en taninos (Silanikove, 2000). Esta estrategia fue identificada en este estudio al mantener una alta selección de AAL con alto contenido de taninos.

Al comparar diferencias en consumo entre especies animales y sus respuestas digestivas ante los compuestos antinutritivos, Rogosic *et al.* (2006) encontraron que el orden de preferencia entre borregos y cabras fue similar, aunque las cabras tuvieron un marcado consumo de arbustos. Las características físicas y morfológicas limitaron, pero también fueron determinantes de la preferencia de los borregos y las cabras. Asimismo, Papachristou (1997) estableció el comportamiento de forrajeo de cabras y borregos en arbustos de encinos Kermes del Mediterráneo (con alto contenido de taninos), determino que las cabras prefirieron más arbustos que los borregos (51-90%) y las hierbas menos del 30% en las dietas de abril, mayo y junio. Estos resultados fueron similares a los encontrados en este estudio.

Sin embargo, contrario a lo reportado en este estudio, donde los pastos son los menos preferidos por las cabras, Richman *et al.* (1995) encontraron que las cabras seleccionaron primeramente pastos, pero estos investigadores encontraron una fuerte estacionalidad en la preferencia de especies herbáceas y arbustos en la estación de verano. Además, Becker y Lojrmann (1992) estudiaron la selección de forrajes por cabras en un monte tropical semihúmedo y reportaron que el índice de preferencia de los arbustos fue estable y los pastos declinaron progresivamente conforme avanza la sequia.

Tabla 4
Índices de preferencia de las cabras en un matorral sarcocauléscente

Especie	2006		2007				2008	
	Ver.	Oto.	Inv.	Pri.	Ver.	Oto.	Inv.	Pri.
Árboles y arbustos no leguminosos								
<i>Jatropha cinerea</i>	0	0.3	0	0	0	0	0.2	0.08
<i>Ruellia peninsularis</i>	1.4	1.1	0	0	0.9	0.6	0.5	0
<i>Bursera microphylla</i>	0	0	0	0	10	0	0.2	0
<i>Lysium torreyi</i>	1.2	0.9	0.6	0.4	2	1.2	2	1.4
<i>Fouquieria diguetii</i>	0	0	0	0.3	0.6	0	0	0
<i>Sapium biloculare</i>	0	0.4	0	0	0	0	0	0
<i>Adelia virgata</i>	10	4	7	3	5	5	5	2
<i>Turnera difusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cirtocarpa edulis</i>	0	0	0	0	2	2	0	0
<i>Bebbia juncea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ambrosia magdalena</i>	19	18	16	9	7	16	12	3
<i>Hymenoclea monogyra</i>	1.4	1.3	0	0	0	0	9	1.4
<i>Colubrina glabra</i>	3	1.3	0	0	0	1.2	0	0.5
<i>Jatropha cuneata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melochia tomentosa</i>	0	5	0	0	0	0	0	5
<i>Koeberlinia spinosa</i>	0	0	0	2	2	0	2	0
<i>Vallesia glabra</i>	0	0	0	2	0	0	0	1.4
<i>Malva parviflora</i>	0	0	0	0	na	0	0	0
<i>Bourreria sonora</i>	0	0	15	5	0	36	16	11
<i>Erythea branegeei</i>	0	4	0	3	0	0	0	4
<i>Lippa palmeri</i>	3	0	0	0	0	0	7	0
<i>Krameria parviflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4. Continuación.-

<i>Manguijera indica</i>	0	0	2	13	0	7	1.4	9
<i>Silene laciniata</i>	na	0	na	0	0	0	0	0
<i>Viguiera deltoidea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Citrus limon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Karwinskia humboltiana</i>	na	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pedilanthus macrocarpus</i>	0	0	0	0	0	0	0	na
<i>Euphorbia misera</i>	0	0	0	0	na	nd	0	na
<i>Pauteria campechiana</i>	0	0	0	0	0	na	na	na
<i>Yucca valida</i>	na	0	na	na	na	na	0	0
<i>Datura discolor</i>	0	0	0	na	na	na	na	na
<i>Pedilanthus macrocarpus</i>	na	0						
Árboles y arbustos leguminosos								
<i>Prosopis articulata</i>	0.8	0.6	0.9	0.9	1.3	2	1.5	1.3
<i>Cercidiun floridum</i>	0	0.3	1.2	2	0	0.4	2	2
<i>Caesalpinia pannosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acacia peninsularis</i>	0	0	1.3	1.1	3	4	3	3
<i>Pithecellobium confine</i>	0	1.0	6	6	0	0	2	3
<i>Caesalpinia californica</i>	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	0	1.0	1.1	0	3	2	0.8	0
<i>Calliandra californica</i>	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cassia covesii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cercidiun preacox</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mimosa xantii</i>	0	3	0	0	0	4	2	0
<i>Dolicholus phaseoloides</i>	na	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acacia farnesiana</i>	na	nd	7	nd	14	4	nd	nd
<i>Leucaena berladieri</i>	na	na	na	na	0	na	na	na

Tabla 4. Continuación.-

Hierbas

<i>Antigonon leptopus</i>	0	0.8	0	2	1.2	0	2	8
<i>Solanum hindsianum</i>	3	4	0	0	0	0.8	1.2	0
<i>Merremia aurea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amaranthus palmeri</i>	2	5	17	nd	8	0.3	13	na
<i>Ambrosia psilostachya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Porophyllum gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cnidocolus angustidens</i>	0	na	na	na	0	na	na	na
<i>Euphorbia polycarpa</i>	0	0	11	nd	na	0	0	0
<i>Dolicholus phaseoloides</i>	0	0	na	na	0	0	0	na
<i>Viguiera laciniata</i>	na	na	0	na	na	na	na	na
<i>Mentzelia aspera</i>	na	na	na	na	0	0	0	na
<i>Tribulus terrestris</i>	0	0	na	na	0	na	na	na
<i>Pectis papposa</i>	na	0	na	na	na	0	na	na
<i>Alternanthera repens</i>	0	0	na	na	na	na	na	na
<i>Cucumis dipsaceus</i>	na	na	na	na	na	0	na	na
<i>Chenopodium murale</i>	na	na	nd	na	na	na	na	na

Cactáceas

<i>Opuntia cholla</i>	0	3	1.0	2	0.3	0	0.4	0
<i>Machaerocereus gummosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pachycereus pringlei</i>	0	0	0	9	0	0	0	6
<i>Mamillaria sp</i>	0	0	0	na	0	0	0	0
<i>Ferocactus sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lemairocereus thurberi</i>	na	0	na	0	na	na	0	0

Pastos

<i>Aristida adscensionis</i>	0	0.8	0	1.1	0	0.1	0.3	0.5
------------------------------	---	-----	---	-----	---	-----	-----	-----

Tabla 4. Continuación.-

<i>Eragrostis pilosa</i>	0	3	0	2	na	1.6	na	na
<i>Cenchrus palmeri</i>	0	1.4	2	nd	na	3	na	nd
<i>Setaria sp</i>	0	0	na	na	na	na	na	na
<i>Stenotaphrum sp</i>	0	0	na	na	na	na	na	na
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	0	0	na	na	na	na	na	na
<i>Sporobolus airoides</i>	na	0	nd	nd	na	nd	na	nd
<i>Cloris gayana</i>	na	nd	2	nd	na	na	na	na
<i>Cenchrus ciliaris</i>	na	0	na	na	na	na	na	na
Agave								
<i>Aloe vera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

na: no interceptado en transecto o en dieta; nd: aparece en dieta pero no en transecto; 0: aparece en transecto pero no en la dieta.

5.4 Índice de similitud

El índice de similitud fue significativamente diferente entre todas las variables y sus interacciones (Tabla 2). La similitud de la dieta o sea las especies seleccionadas del total de posibilidades fue bajo ($26.3 \pm 0.6 \%$) en este estudio. Por tanto, existe un grupo de plantas que no fue utilizado en la dieta de las cabras. Resultados semejantes fueron encontrados por Squires (1982) en un matorral de Australia, de un total de 98 especies en el área de estudio, las cabras consumieron máximo 18 especies, de los cuales 12 especies merecían atención.

Los AANL tuvieron un índice de similitud más alto que los otros tipos de plantas; sin embargo, en el segundo año disminuyó. El índice de similitud de los AAL fue el segundo más alto. Las hierbas, pastos y cactus variaron sus índices de similitud en un rango de 0 a 16%. Sin embargo en el muestreo de primavera se observaron índices de similitud más altos de hierbas y cactus, así como una disminución de los AANL. Solo en el muestreo de invierno del primer año más especies de pastos fueron utilizadas. (Figura 3).

La similitud encontrada en entre el par vegetación-dieta en este trabajo puede clasificarse como moderada. Además, se observó una tendencia en AANL a ser utilizado en forma moderada, el resto de los tipos de plantas se considera que fue bajo. La mayor aportación del recurso vegetal provino de AANL y AAL y estos representaron un número de especies (Figura 3).

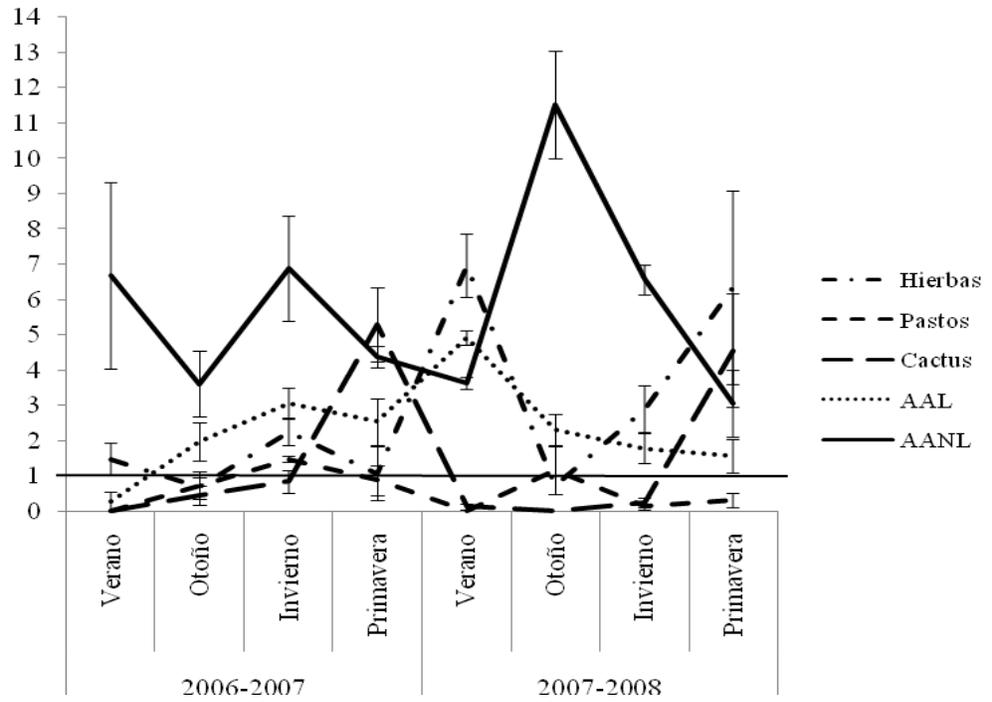
La estructura del matorral sarcocauléscente por tipo de planta fue dominado por los AANL, le sigue AAL, las terceras en importancia fueron las hierbas, los cactus le siguen a pesar de que parecen de mayor importancia física. Por último los pastos y los agaves. En la Figura 2 se puede observar que en la

composición botánica de la dieta las cabras seleccionaron en el mismo arreglo estructural que presenta el matorral sarcocauléscente. Las hierbas, los cactus y los pastos son utilizados en ciertos momentos del ciclo de pastoreo. Este comportamiento se puede distinguir en el índice de preferencia (Figura 2) en donde las hierbas y los cactus son utilizados en ciertos momentos, posiblemente debido a la disponibilidad momentánea y a la habilidad oportunista que presentan los hábitos alimenticios de los caprinos.

Existen pocos trabajos para valorar la vegetación y la dieta, la mayoría de los reportes están enfocados a el traslape de la dieta entre rumiantes (Hansen, 1975; Squires, 1982; Pelliza, 2001) o ungulados (Wegge, 2006). Catan y Degano (2007) estudiaron la dieta de caprinos en un bosque del Chaco semiárido (Argentina), ellos observaron que en los periodos secos, de baja oferta de forrajes, son las especies leñosas las que registran altos porcentajes de presencia en la dieta, manifestándose en ese periodo un mayor índice de diversidad de especies con respecto a las presentes en la región. Estos resultados fueron semejantes a los encontrados en este trabajo.

Figura 2

Índices de preferencia por tipo de planta de una dieta de cabras en el matorral sarcocaulés durante dos años. AAL = árboles y arbustos leguminosos; AANL = árboles y arbustos no leguminosos.



5.5 Composición química de la dieta de caprinos

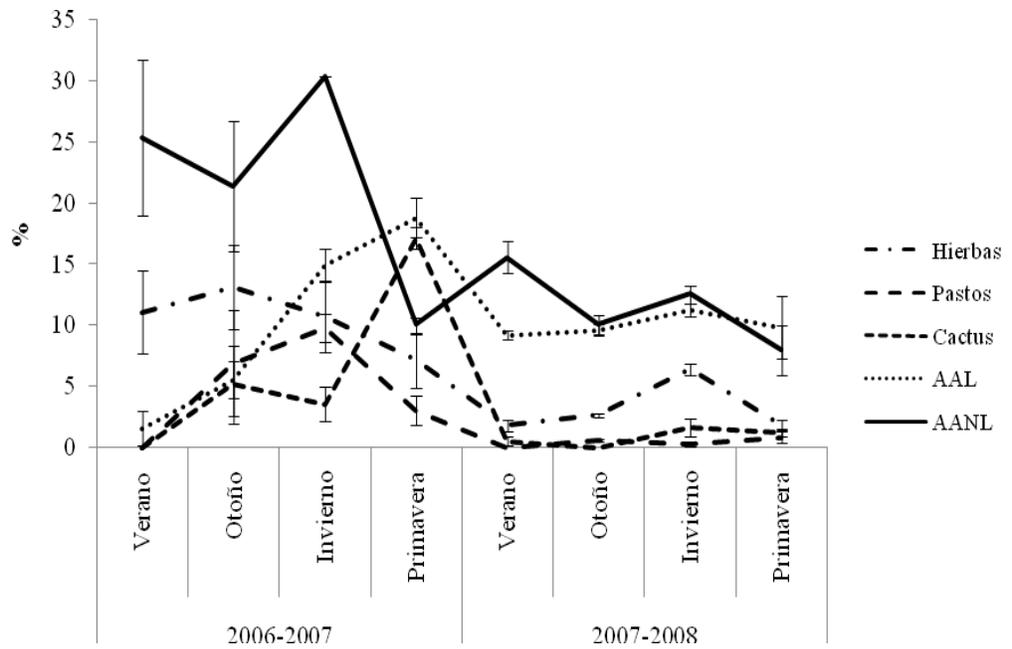
5.5.1 Carbohidratos no fibrosos

Los carbohidratos no fibrosos (CNF) en la dieta fueron significativamente diferentes entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año los CNF fueron más elevados que en el primer año. Y durante el verano los CNF tuvieron valores más altos (Tabla 5). La misma tendencia fue reportada en un estudio conducido por Ramírez-Orduña *et al.* (2008). Ellos reportaron un promedio anual de 25.7. El contenido de fibra detergente neutro (FDN) no fue significativamente diferente entre años, pero si lo fue entre estaciones, y la interacción estación*año.

Baja variación en los componentes fibrosos en la dietas seleccionadas por caprinos también han sido reportados por Malechek *et al.* (1972) quienes encontraron que la fibra en la dieta de cabras en pastizales con ligera y pesada carga fue en general similar siendo de 48.2% para carga animal ligera de 49.4% donde la carga animal fue alta; asimismo, argumentaron que el contenido de FDN disminuyó en los muestreos de invierno debido a la inclusión de opuntias y juníperos. En este estudio, solo en invierno, del segundo año, se mostró este comportamiento.

Figura 3

Índice de similitud por tipo de planta en un matorral sarcocauléscente durante dos años. AAL = árboles y arbustos leguminosos; AANL = árboles y arbustos no leguminosos.



Valores más bajos de FDN a los reportados en este estudio, también han sido encontrados por otros investigadores. Ramírez-Orduña *et al.* (2008) reportaron un promedio anual de 46.2%. Además, Cerrillo *et al.* (2006) reportaron que el contenido de FDN en la dieta de cabras en el norte de México fue menor (49.5%) al encontrado en este estudio. Asimismo, Pfister *et al.* (1986) al estudiar el valor nutritivo de la dieta de cabras y borregos en una región del trópico semiárido del noreste de Brasil, reportaron un valor promedio de 43.4% sin variación entre muestreos. Contrariamente, Ramírez *et al.* (1991; 1993) encontraron que el contenido de FDN, en la dieta de cabras en un matorral del noreste de México durante dos años de estudio, fue mayor (67.2 y 64.5%, respectivamente) al encontrado en este estudio.

La Hemicelulosa de la dieta fue significativamente diferente entre estación, año y su interacción. En el primer año la hemicelulosa fue mas elevada que en el segundo año. En el invierno la hemicelulosa fue mas alta que en el resto de las estaciones (Tabla 5). Los valores de hemicelulosa encontrados en este trabajo fueron más bajos a los reportados por Malechek *et al.* (1972) quienes reportaron en la dieta de cabras valores de 18.5% con carga animal ligera y 19.8% con carga animal alta. Sin embargo, Ramírez-Orduña *et al.* (2008) reportaron valores promedio anuales más bajos (12.2%).

La celulosa de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y la interacción estación*año. En el primer año la celulosa fue más elevada que en el segundo año y fue menor en verano de ambos años y más alta en invierno y primavera del primer año (Tabla 5). Niveles de celulosa similares (16.2%) a los de este estudio fueron reportados por Ramírez-Orduña *et al.* (2008);

sin embargo, valores más elevados (22.0% de y de 22.1%, respectivamente) fueron reportados por Malechek *et al.* (1972) quienes estudiaron la composición química de dietas de cabras en pastizales con ligera y pesada carga animal.

La lignina detergente ácido (LDA) en la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y la interacción estación*año. En el segundo año fue más elevada que en el primer año. En verano y otoño del primer año se obtuvieron valores más bajos; sin embargo en verano y otoño del segundo año se obtuvieron los valores más altos, el resto de los muestreos fueron intermedios (Tabla 5). Valores de LDA similares (15.4 y 18.0, respectivamente) a los encontrados en este estudio fueron reportados por Ramírez *et al.* (1991; 1993) en dos años de estudio en los agostaderos del noreste de México. Sin embargo niveles de LDA menores fueron reportados por Malechek *et al.* (1972) (7.0% con la carga animal ligera y de 6.5% con carga animal alta), por Pfister *et al.* (1986) (11.0%) y por Cerrillo *et al.* (2006) (12.0%). Sin embargo, Ramírez-Orduña *et al.* (2008) reportaron valores de LDA más altos (20.25%).

5.5.2 Fracciones de proteína

La proteína cruda (PC) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y la interacción estaciones*años. En el segundo año la proteína cruda fue más elevada que en el primer año. En el verano de ambos años y durante el otoño e invierno del segundo año se encontraron valores mayores que el resto de las estaciones (Tabla 6). Malechek *et al.*, (1972) reportaron la composición química de una dieta de cabras en pastizales con ligera y pesada carga animal y

encontraron que el nivel de PC fue más elevado en dietas con ligera carga animal que con alta carga animal. En abril y junio alcanzaron niveles altos de proteína (15 y 13.5%, respectivamente), presumiblemente por la inclusión de hojas inmaduras de *Quercus pungens* y hierbas ricas en proteína en más oportunidades en la carga animal ligera. Sin embargo, en enero y febrero los niveles de PC fueron bajos en ambas capacidades de carga. Estos resultados se asemejan a los encontrados en este estudio, donde los cambios de incremento abruptos de PC de la dieta fueron debido a la aparición de hierbas y brotes tiernos en la época húmeda. Asimismo, Bryant *et al.* (1980) al estudiar las dietas de borregos cabras y venados en un agostadero en buena condición del desierto Sonorense de Texas, reportaron que la PC de la dieta fue relativamente constante desde el verano hasta noviembre (11.1%), pero niveles de 7.1 a 8.7% de PC se mostraron durante enero y febrero. Los niveles de PC en la dieta se incrementaron marcadamente cuando el crecimiento de hierbas iniciaba en la primavera.

Tabla 5
Fracciones de carbohidratos en la dieta de cabras

Año ¹	Estación	Carbohidratos no fibrosos (%)	Fibra detergente neutro (%)	Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina detergente ácido (%)
1	Verano	26.4 ± 2.1 ^b	41.5 ± 1.5 ^a	15.7 ± 0.2 ^{bc}	15.6 ± 0.8 ^a	10.3 ± 1.0 ^a
	Otoño	10.3 ± 4.0 ^a	52.0 ± 0.8 ^{bcd}	17.0 ± 0.7 ^{cd}	19.8 ± 2.9 ^{ab}	10.7 ± 1.5 ^a
	Invierno	23.0 ± 1.2 ^b	56.4 ± 0.7 ^d	19.4 ± 0.6 ^d	21.9 ± 0.5 ^b	16.4 ± 0.9 ^b
	Primavera	8.8 ± 1.2 ^a	54.6 ± 0.9 ^{bcd}	15.2 ± 0.7 ^{abc}	21.7 ± 0.7 ^b	16.2 ± 0.6 ^b
	Media	17.5 ± 1.4	51.6 ± 0.9	16.9 ± 0.4	20.0 ± 0.8	13.7 ± 0.7
2	Verano	29.0 ± 1.6 ^b	52.6 ± 0.7 ^{bcd}	15.9 ± 0.5 ^{bc}	14.9 ± 0.5 ^a	21.7 ± 0.5 ^c
	Otoño	23.3 ± 1.0 ^b	55.6 ± 1.0 ^{cd}	12.9 ± 0.4 ^{ab}	19.0 ± 0.2 ^{ab}	22.9 ± 0.9 ^c
	Invierno	22.5 ± 1.5 ^b	50.6 ± 0.9 ^b	17.9 ± 0.9 ^{cd}	15.2 ± 0.2 ^a	16.3 ± 0.4 ^b
	Primavera	22.8 ± 2.5 ^b	51.2 ± 2.0 ^{bc}	12.3 ± 0.9 ^a	18.6 ± 2.4 ^{ab}	19.0 ± 1.8 ^{bc}
	Media	24.5 ± 0.8	52.5 ± 0.6	14.9 ± 0.4	16.8 ± 0.5	20.0 ± 0.6
	Media total	21.2	52.1	15.8	18.4	17.0
	EEM	0.8	0.5	0.3	0.5	0.6
Año (A)	***	ns	**	**	***	
Estación (B)	***	***	***	***	***	
A x B	***	***	***	*	***	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

Niveles más altos de PC fueron reportados por Pfister *et al.*, (1986) quienes determinaron el valor nutritivo de la dieta de cabras y borregos en un monte deciduos en el trópico semiárido del noreste de Brasil. La PC obtenida en todo el año fue de 16.0%, presento disminución en los meses previos a las lluvias y de 12.1% en diciembre y al siguiente mes fue de 24.6%. Ramírez *et al.* (1991; 1993) también determinaron niveles más elevados de PC (18.9 y 15.0%, respectivamente); así como Cerrillo *et al.* (2006) (13.5%) y Ramírez-Orduña *et al.* (2008 (14.2%).

El nivel de PC seleccionado por las cabras en este estudio fue adecuado para satisfacer los requerimientos de un animal de 35 kg de peso vivo y 25 g/d de ganancia, consumiendo 1.08 kg/d de MS, conteniendo 9.16% de PC con una proteína de sobrepaso del 40% (NRC, 2007). Con excepción del invierno del primer año, que pudo haberse debido a la menor inclusión de las hierbas pero incremento en el consumo de pastos se consideran hojarasca u hoja decidua en la dieta (Figura 2 y Tabla 3). Aparentemente los AANL, y AAL aportaron más PC a la dieta (Ramírez-Orduña *et al.*, 2003a, López-Ceseña, 2008). La primavera es la estación mas seca del año, también es donde las cabras tuvieron un comportamiento muy diferente al resto de las estaciones, el cambio principalmente fue que AANL son menos preferidos y los AAL, cactus son mas preferidos (Figura 2), el resultado final de estos cambios en el comportamiento de las cabras fue que mantienen un rango de valores estable a través del año (Tabla 6), que les permite cubrir sus requerimientos.

La proteína cruda insoluble en detergente neutro (PCIFDN) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, pero no entre años ni en la

interacción años*estaciones. En la primavera del primer año la PCIFDN fue menor al resto de los muestreos y mayor durante el otoño del segundo año (Tabla 6). La proteína cruda insoluble en detergente ácido (PCIFDA) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y la interacción estaciones*años. En el segundo año la PCIFDA fue más elevada que en el primer año. En el otoño del primer año fue más alta que el resto de las estaciones (Tabla 6). La proteína disponible en la pared celular (PDFDN) de la dieta fue significativamente diferente en estaciones, pero no fue diferente en años y en la interacción estaciones*años. En el otoño y primavera del segundo año la PDFDN fue más baja y consistentemente en el invierno de ambos años esta fracción fue mayor al resto de las estaciones (Tabla 6).

5.5.3 Nutrientes verdaderamente digeribles de la dieta

La digestibilidad verdadera de los carbohidratos no fibrosos (DVCNF) de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones y la interacción año*estaciones también significativa. En el segundo año fue más elevada que en el primero. Además, fue menor en verano, otoño y primavera del primer año que en el resto de las estaciones (Tabla 7). Resultados más bajos fueron reportados por Ramírez-Orduña *et al.* (2008) al estimar la DVCNF en la dieta de cabras en la misma región pero en años previos. La digestibilidad verdadera de la proteína cruda (DVPC) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año fue significativa, pero no hubo efecto ($P>0.05$) de año.

Tabla 6
Fracciones proteicas de la dieta de cabras

Año ¹	Estación	Proteína cruda (% MS)	Proteína insoluble en detergente neutro (% PC)	Proteína insoluble en detergente ácido (% PC)	Proteína disponible en la pared (% PC)
1	Verano	14.7 ± 0.5 ^b	67.9 ± 2.8 ^{cd}	21.4 ± 2.8 ^{abc}	42.8 ± 3.8 ^b
	Otoño	9.0 ± 0.1 ^a	46.8 ± 1.2 ^{abc}	12.5 ± 0.6 ^a	33.0 ± 6.5 ^{abc}
	Invierno	7.0 ± 0.9 ^a	65.6 ± 5.9 ^{bcd}	17.7 ± 5.5 ^a	46.3 ± 8.0 ^b
	Primavera	9.9 ± 0.4 ^a	37.1 ± 4.2 ^a	14.5 ± 3.8 ^a	25.2 ± 4.4 ^{ab}
	Media	11.0 ± 0.4	50.2 ± 3.1	16.3 ± 2.4	33.9 ± 3.4
2	Verano	13.7 ± 1.1 ^b	67.5 ± 5.8 ^{cd}	39.9 ± 5.3 ^{bc}	27.6 ± 3.7 ^{ab}
	Otoño	13.3 ± 0.5 ^b	71.0 ± 5.6 ^d	50.9 ± 3.6 ^c	20.1 ± 3.8 ^a
	Invierno	15.7 ± 0.5 ^b	62.1 ± 3.9 ^{bcd}	19.1 ± 2.6 ^{ab}	42.9 ± 3.0 ^b
	Primavera	9.8 ± 0.6 ^a	42.8 ± 3.9 ^{ab}	22.1 ± 2.0 ^{ab}	20.7 ± 2.8 ^a
	Media	13.3 ± 0.4	61.8 ± 2.8	33.6 ± 2.5	28.2 ± 2.0
	Media total	12.6	58.3	28.3	29.9
	EEM	0.3	2.1	2.1	1.8
Año (A)	***	ns	***	*	
Estación (B)	***	***	***	***	
A x B	***	ns	**	ns	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

La digestibilidad verdadera de los ácidos grasos (DVAG) de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones y la interacción años*estaciones también fue significativa. En verano del primer año fue mayor que el resto de las estaciones (Tabla 7). Resultados no fueron similares fueron reportados por Ramírez-Orduña *et al.* (2008). La digestibilidad verdadera de la fibra detergente neutro (DVFDN) de la dieta fue significativamente diferente entre años, estaciones y en su interacción. En el primer año la DVFDN fue más elevada que en el segundo año. Se detectaron dos niveles, siendo más alta durante el otoño e invierno del primer año, y más baja durante el verano del primer año y otoño del segundo, mientras que en el resto de las estaciones fue intermedia (Tabla 7).

Los nutrientes digestibles totales (NDT) de la dieta fueron significativamente diferentes entre años, estaciones, y en su interacción. En el primer año los NDT fueron más elevados que en el segundo año. Y fueron más altos en verano del primer año y más bajos en otoño del segundo año (Tabla 7). Todas las fracciones de los nutrientes digestibles totales fueron diferentes con respecto a un trabajo muy semejante en metodología y área de estudio realizado por Ramírez-Orduña *et al.* (2008), la única semejanza encontrada fue en la DVFDN.

Tabla 7

Digestibilidades verdaderas de la dieta de cabras

Año ¹	Estación	Carbohidratos no fibrosos verdaderamente digeribles	Proteína cruda verdaderamente digerible	Ácidos grasos verdaderamente digerible	Pared celular verdaderamente digerible	Nutrientes digestibles totales
1	Verano	10.4 ± 1.9 ^{abc}	13.3 ± 0.8 ^c	24.4 ± 1.7 ^d	7.8 ± 2.0 ^a	79.7 ± 5.0 ^e
	Otoño	8.2 ± 2.9 ^{ab}	8.8 ± 0.2 ^a	15.5 ± 1.9 ^c	16.5 ± 1.4 ^b	61.5 ± 1.7 ^d
	Invierno	17.9 ± 1.3 ^{de}	7.7 ± 0.6 ^a	6.5 ± 1.0 ^a	16.1 ± 1.6 ^b	49.0 ± 2.9 ^{ab}
	Primavera	5.6 ± 1.0 ^a	8.7 ± 0.5 ^a	17.3 ± 0.7 ^c	14.0 ± 1.1 ^{ab}	60.5 ± 1.8 ^{cd}
	Media	10.4 ± 1.1	9.4 ± 0.4	15.5 ± 1.1	13.8 ± 0.8	61.5 ± 2.1
2	Verano	20.9 ± 1.3 ^e	9.2 ± 1.2 ^{ab}	7.6 ± 0.8 ^a	10.7 ± 1.5 ^{ab}	51.0 ± 1.7 ^{abc}
	Otoño	15.7 ± 0.7 ^{cde}	7.4 ± 0.5 ^a	8.6 ± 0.2 ^{ab}	8.5 ± 1.1 ^a	44.2 ± 1.2 ^a
	Invierno	12.9 ± 1.3 ^{bcd}	12.6 ± 0.7 ^{bc}	12.9 ± 1.1 ^{bc}	10.7 ± 1.1 ^{ab}	58.5 ± 1.7 ^{bcd}
	Primavera	18.6 ± 2.4 ^{de}	7.6 ± 0.5 ^a	8.8 ± 1.0 ^{ab}	10.9 ± 1.6 ^{ab}	49.9 ± 2.1 ^{ab}
	Media	16.9 ± 0.8	9.3 ± 0.5	9.5 ± 0.5	10.2 ± 0.6	51.0 ± 1.0
	Media total	14.0 ±	9.3 ±	12.2 ±	11.8 ±	55.6 ±
	EEM	0.7	0.3	0.6	0.5	1.2
Año (A)	***	ns	***	***	***	
Estación (B)	***	***	***	***	***	
A x B	***	***	***	**	***	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

¹ 1 = 2006-2007; 2 = 2007-2008.

5.5.4 Digestibilidad *in vitro* de la MO y energía metabolizable

La DIVMO de la dieta no fue diferente entre años y la interacción estación*año pero si fue diferente entre estaciones. En el verano del primer año fue más baja que en el resto de las estaciones que fueron estadísticamente iguales (Tabla 8). Malechek *et al.* (1972) reportaron la composición química de una dieta de cabras en pastizales con ligera y pesada carga animal encontrando niveles de 47.6 para la carga animal ligera y de 48.4% en la carga animal alta. Asimismo, Pfister *et al.* (1986) determinaron el valor nutritivo de la dieta de cabras y borregos en un monte deciduos en el trópico semiárido del noreste de Brasil encontrando que la DIVMO fue de 53.7%. Además, Ramírez *et al.*, (1991; 1993) Y Ramírez-Orduña *et al.*, (2008) estudiaron la DIVMO en la dieta de caprinos, el valor en la dieta fue más bajo que lo encontrado en este trabajo.

Altos valores de DIVMO en todos los muestreos se pudo haber debido a que las cabras seleccionaron especies de plantas y partes de las plantas (hojas, tallos tiernos, frutos) altamente digestibles (Ramírez-Orduña *et al.* 2008; Papachristou, 1997; Rogosic *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 1991; 1993).

La energía metabolizable (EM) de la dieta fue significativamente diferente entre años estaciones y la interacción fue significativa. En el primer año fue más elevada que en el segundo año y más alta en verano del primer año (Tabla 8). Bryant *et al.* (1980) al estudiar las dietas de borregos cabras y venados en agostaderos, en buena condición, del desierto Sonorense de Texas, encontraron que la ED de la dieta fue diferente entre especies de animales: las cabras se tuvieron niveles de 2.278 Kcal. Además, estimaron que el contenido de energía de todas las dietas generalmente declino desde agosto hasta enero. Los datos fueron

semejantes a los encontrados en este trabajo. Ramírez *et al.* (1991; 1993) quienes determinaron que el contenido de ED en la dieta de caprinos fue reportado con valores más bajos durante los dos años de estudio. Ramírez-Orduña *et al.* (2008) reportaron valores de EM similares a los datos encontrados en este estudio.

La variación observada en el contenido de EM en la dieta (Tabla 8), se puede atribuir más a las variaciones estacionales de las digestibilidades verdaderas de CNF, PC, AG y FDN (Tabla 7). Lo anterior fue corroborado por Coleman *et al.* (2003) quienes argumentaron que el contenido de PC y FDN es un importante estimador de la digestibilidad de los forrajes desde que se comportan como entidades nutritivas ideales y que por lo tanto se puede predecir la digestibilidad por la química de los forrajes.

Tabla 8

Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO, %) y energía metabolizable (EM, Mcal kg⁻¹) de la dieta de cabras

Año ¹	Estación	DIVMO	EM
1	Verano	58.3 ± 0.6 ^{ab}	3.2 ± 0.2 ^e
	Otoño	60.8 ± 1.4 ^{ab}	2.3 ± 0.1 ^d
	Invierno	61.5 ± 1.6 ^b	1.7 ± 0.1 ^a
	Primavera	63.8 ± 1.2	2.3 ± 0.1 ^{cd}
	Media	64.0 ± 4.3 ^b	2.3 ± 0.6
2	Verano	51.1 ± 1.6 ^a	1.9 ± 0.1 ^{abc}
	Otoño	62.6 ± 1.7 ^b	1.5 ± 0.1 ^a
	Invierno	61.8 ± 1.1 ^b	2.2 ± 0.1 ^{bcd}
	Primavera	59.9 ± 1.1	1.8 ± 0.1 ^{ab}
	Media	61.6	1.9 ± 0.3
	Media total	62.8	2.0
	EEM	1.0	0.5
	Año (A)	***	***
	Estación (B)	*	**
	A x B	*	***

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

***(P<0.001); ** (P<0.01); *(P<0.05).

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

5.5.5 Concentración de macrominerales

El Ca de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones y la interacción año*estaciones también fue significativa. En el segundo año fue más alto que en el primer año. En el verano fue más bajo que en el resto de los muestreos (Tabla 9). Concentraciones similares fueron reportadas por Ramírez-Orduña *et al.* (2008) en la dieta pastoreando en la misma región pero en diferente fecha. En este estudio, las cabras seleccionaron Ca, durante todas las estaciones, en suficientes cantidades para cubrir los requerimientos de una cabra adulta (1.3-3.3 g Ca kg⁻¹ de la dieta; NRC, 1981).

El K de la dieta también no fue significativamente entre años, pero si lo fue entre estaciones y la interacción estación*año. En la primavera del segundo año fue más bajo y en verano del primer año el más alto, el resto de las estaciones tuvieron valores intermedios (Tabla 9). Ramírez-Orduña *et al.* (2008) estudiaron el contenido de K en las dietas de cabras los cuales fueron iguales a los encontrados en este trabajo.

Tabla 9

Concentración de macrominerales (g kg⁻¹) en la dieta de las cabras

Año ¹	Estación	Ca	K	Mg
1	Verano	16.4 ± 0.6 ^{bc}	19.4 ± 0.9 ^e	4.9 ± 0.3 ^{bc}
	Otoño	17.2 ± 0.8 ^{bc}	19.1 ± 0.9 ^{de}	4.7 ± 0.4 ^{bc}
	Invierno	13.9 ± 1.1 ^b	14.3 ± 1.2 ^{ab}	3.8 ± 0.3 ^{ab}
	Primavera	14.2 ± 0.1 ^b	15.9 ± 0.8 ^{bcde}	4.7 ± 0.2 ^{bc}
	Media	15.3 ± 0.4	17.0 ± 0.5	4.5 ± 0.1
2	Verano	9.1 ± 0.5 ^a	18.9 ± 0.4 ^{cde}	3.3 ± 0.2 ^a
	Otoño	19.7 ± 1.3 ^{cd}	15.8 ± 0.7 ^{bcd}	3.9 ± 0.1 ^{ab}
	Invierno	23.5 ± 0.7 ^d	15.4 ± 0.2 ^{bc}	5.1 ± 0.0 ^c
	Primavera	19.9 ± 0.9 ^{cd}	11.5 ± 0.9 ^a	3.9 ± 0.3 ^{ab}
	Media	17.9 ± 0.8	15.6 ± 0.4	4.0 ± 0.1
	Media total	16.7	16.3	4.3
	EEM	0.5	0.3	0.1
Año (A)	**	ns	*	
Estación (B)	***	***	***	
A x B	***	**	***	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativo.

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

En este estudio, todas las estaciones, las cabras seleccionaron cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de una cabra adulta (1.8-2.5 g K kg⁻¹ de la dieta; NRC, 1981). El Mg de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones y la interacción año*estación también fue significativa. En el primer año el Mg fue más elevado que en el segundo año. En el verano del segundo año se obtuvo el nivel más bajo e invierno del mismo año el más alto (Tabla 9). Ramírez-Orduña *et al.* (2008) estudiaron el contenido de Mg en las dietas de cabras encontraron que fueron similares a los reportados en este estudio. Aparentemente, en este estudio, las cabras seleccionaron dietas con un contenido de Mg en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de una cabra adulta (0.8-2.5 g Mg kg⁻¹ de la dieta; NRC, 1981).

5.5.6 Concentración de microminerales

El Cu de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones, y la interacción año*estación también fue significativa. En el primer año el Cu fue más elevado que en el segundo año. En ambos años durante el otoño el contenido de Cu fue mayor y en primavera menor. (Tabla 10). Ramírez-Orduña *et al.* (2008) estudiaron el contenido Cu en cabras hembras, los resultados coincidieron con el nivel deficiente o marginal para proporcionar los requerimientos de cabras en crecimiento o adulta (11-34 mg Cu d⁻¹ en la dieta; NRC, 2007). El Fe de la dieta también fue significativamente diferente entre años y estaciones, pero no hubo ($P > 0.05$) interacción año*estación. En el otoño del primer año fue más bajo y en primavera de ambos años fue mayor, que en el resto de las estaciones (Tabla 10).

Ramírez-Orduña *et al.* (2008) estudiaron el contenido Fe en cabras hembras, las concentraciones reportadas fueron más altas que las encontradas en este trabajo. Aparentemente, en este estudio, las cabras seleccionaron forraje con niveles de Fe en cantidades adecuadas para cubrir sus requerimientos (3-13 mg Fe d⁻¹ en la dieta; NRC, 2007). El Mn de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones y la interacción año*estación también fue significativa. En el segundo año el Mn fue mas elevado que en el primer año. En invierno del segundo año fue más alto y más bajo durante verano y otoño del primer año, que el resto de las estaciones (Tabla 10). Ramírez-Orduña *et al.* (2008) al estudiar el contenido de Mn en cabras adultas en un agostadero de la misma región encontraron niveles más bajos que los reportados en este estudio; aunque en ambos casos las concentraciones fueron suficientes para cubrir los requerimientos de una cabra adulta (15-24 mg Mn d⁻¹ en la dieta; NRC, 2007). El Zn de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones y la interacción año*estación fue significativa. En el segundo año el Zn fue mas elevado que en el primer año. En otoño del segundo año fue más alto que el resto de las estaciones (Tabla 10). Ramírez-Orduña *et al.* (2008) encontraron contenidos de Zn más altos que los encontrados en este estudio. Los niveles encontrados, en este estudio, no son suficientes para cubrir los requerimientos de un adulto, pero si son marginalmente suficientes para animales jóvenes (15-27 mg Zn d⁻¹ en la dieta; NRC, 2007).

Tabla 10
Concentración de microminerales (mg kg⁻¹) de la dieta de las cabras

Año ¹	Estación	Cu	Fe	Mn	Zn
1	Verano	5.7 ± 0.2 ^{ab}	107.0 ± 13.1 ^{ab}	54.6 ± 2.6 ^a	19.9 ± 1.0 ^a
	Otoño	5.9 ± 0.1 ^{bc}	84.6 ± 7.1 ^a	53.4 ± 1.1 ^a	19.1 ± 0.9 ^a
	Invierno	5.2 ± 0.4 ^{ab}	143.8 ± 11.5 ^{bcd}	61.7 ± 5.6 ^{ab}	18.5 ± 1.5 ^a
	Primavera	4.6 ± 0.1 ^a	187.5 ± 7.0 ^d	80.2 ± 3.1 ^b	18.6 ± 0.4 ^a
	Media	5.3 ± 0.16	134.4 ± 7.2	63.5 ± 2.3	19.0 ± 0.5
2	Verano	7.1 ± 0.2 ^{cd}	112.6 ± 11.9 ^{ab}	60.3 ± 3.3 ^{ab}	27.5 ± 0.7 ^b
	Otoño	7.9 ± 0.1 ^d	130.7 ± 6.2 ^{abc}	79.7 ± 5.6 ^b	33.2 ± 1.1 ^c
	Invierno	6.4 ± 0.3 ^{bc}	169.5 ± 5.2 ^{cd}	105.3 ± 5.6 ^c	25.4 ± 1.8 ^b
	Primavera	5.1 ± 0.3 ^{ab}	267.9 ± 18.9 ^e	65.0 ± 7.0 ^{ab}	18.6 ± 1.2 ^a
	Media	6.7 ± 0.1	165.1 ± 9.3	78.2 ± 3.5	26.6 ± 0.9
	Media total	6.0	150.3	71.1	22.9
	EEM	0.1	6.1	2.2	0.6
	Año (A)	***	*	***	***
Estación (B)	***	***	***	***	
A x B	***	ns	***	**	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

***(P<0.001); ** (P<0.01); *(P<0.05); ns = no significativo.

¹1 = 2006-2007; 2 = 2007-2008.

5.6 Digestibilidad *in situ* de la dieta

5.6.1 Materia orgánica

La fracción **a** de la materia orgánica de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, pero no hubo efecto de años ni de interacción estación*año. En verano de ambos años tendió a ser más alta que en el resto de las estaciones (Tabla 11). La fracción **b** de la materia orgánica de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año sin efecto de año. En el muestreo de verano del primer año y en invierno y primavera del segundo la **b** fue más alta al resto de las estaciones (Tabla 11). La tasa de degradación (**c**) de la materia orgánica de la dieta fue significativamente diferente entre años y estaciones sin embargo la interacción estación*año no fue significativa. En el primer año la **c** fue más elevada que en el segundo año. En el primer año verano fue más alto y otoño del segundo año más bajo, el resto de los muestreos fue intermedio (Tabla 11). La degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) de la dieta fue significativamente diferente entre años, estaciones y la interacción año*estación fue significativa. En verano del primer año fue más alta que en el segundo año (Tabla 11).

En este estudio durante el verano (estación húmeda) se registraron los valores más elevados de DEMO. Juárez *et al.* (2004) también determinaron que en la época húmeda la materia seca de la dieta de las cabras, en un agostadero del norte de México, fue más elevada. Cerrillo *et al.* (2006) también reportaron en la época húmeda, valores más elevados la degradabilidad de la materia seca,

determinada por la técnica de producción de gas in vitro, en dietas seleccionadas por cabras en pastoreo en agostaderos del norte de México.

En este estudio, la DEMO los componentes de la pared celular (FDN, FDA, LDA, celulosa) y PIDA afectaron negativamente a la DEMO. Sin embargo, los carbohidratos no fibrosos, proteína disponible, DIVMO, NDT y la EM la incrementaron (Tabla 12). La FDA fue el componente que más afecto negativo tuvo sobre la DEMO (Tabla 12). Resultados similares fueron reportados por Jung y Allen (1995) quienes mencionan que las relaciones entre los componentes de la pared celular y concentración de la lignina o composición de esta, así como la complejidad de arreglos entre la lignina y los otros compontes de la pared afectan la digestibilidad de la MO.

Por otra parte, la precipitación ocurrida durante el estudio tuvo influencia positiva sobre la DEMO (Tabla 12). Al respecto, Xu *et al.*, (2006) también encontraron una correlación positiva entre la precipitación y la producción de biomasa de cuatro forrajes leguminosos de la región semiárida del noroeste de china, con un respectivo aumento en la DEMO.

Tabla 11

Parámetros de digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO, %) en la dieta de las cabras

Año ²	Estación	a (%)	b (%)	c (h ⁻¹)	DEMO ¹
1	Verano	24.3 ± 1.5 ^{bc}	50.3 ± 1.9 ^b	0.13 ± 0.008 ^c	60.0 ± 2.3 ^d
	Otoño	21.0 ± 1.7 ^{abc}	37.9 ± 1.3 ^a	0.11 ± 0.008 ^{abc}	46.8 ± 1.0 ^{bc}
	Invierno	20.4 ± 0.9 ^{ab}	38.7 ± 1.2 ^a	0.11 ± 0.010 ^{bc}	46.8 ± 1.5 ^{bc}
	Primavera	21.8 ± 0.5 ^{abc}	32.1 ± 1.3 ^a	0.10 ± 0.008 ^{abc}	42.9 ± 1.2 ^{ab}
	Media	21.8 ± 0.6	39.7 ± 0.8	0.11 ± 0.005	49.1 ± 0.7
2	Verano	25.4 ± 0.7 ^c	35.3 ± 1.3 ^a	0.10 ± 0.005 ^{abc}	48.6 ± 1.4 ^{bc}
	Otoño	20.2 ± 1.1 ^{ab}	33.8 ± 2.1 ^a	0.07 ± 0.008 ^a	37.7 ± 1.4 ^a
	Invierno	20.0 ± 0.7 ^{ab}	47.9 ± 0.9 ^b	0.11 ± 0.020 ^{abc}	51.5 ± 0.8 ^c
	Primavera	18.7 ± 0.7 ^a	45.8 ± 1.0 ^b	0.08 ± 0.007 ^{ab}	46.2 ± 1.6 ^{bc}
	Media	21.1 ± 0.5	40.4 ± 0.8	0.09 ± 0.005	46.0 ± 0.7
	Media total	20.8	39.9	0.10	46.4
	EEM	0.5	0.8	0.005	0.7
Año (A)	ns	ns	***	**	
Estación (B)	***	***	*	***	
A x B	ns	***	ns	***	

^{a,b,c,d} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹Calculada a una tasa de pasaje de 5.0% h⁻¹

²1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

***(P<0.001); **(P<0.01); *(P<0.05); ns = no significante.

Tabla 12

Coefficientes de correlación entre las degradabilidades de la materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro y factores climáticos y la composición química de la dieta

Variable	DEMO		DEPC		DEFDN	
	r	Sig	r	Sig	r	Sig
Materia seca	-0.06	ns	0.16	ns	-0.23	ns
Materia orgánica	-0.38	**	-0.08	ns	0.30	*
Fibra detergente neutro	-0.79	***	-0.53	***	-0.02	ns
Fibra detergente ácido	-0.87	***	-0.62	***	-0.03	ns
Hemicelulosa	0.17	ns	0.17	ns	0.06	ns
Lignina detergente ácido	-0.56	***	-0.32	*	0.02	ns
Celulosa	-0.62	***	-0.53	***	-0.21	ns
Carbohidratos no fibrosos	0.39	**	0.25	ns	0.19	ns
Proteína cruda	0.17	ns	0.23	ns	-0.30	ns
PIDN	-0.21	ns	-0.16	ns	-0.00	ns
PIDA	-0.56	***	-0.36	**	-0.02	ns
Proteína disponible	0.36	**	0.19	ns	0.02	ns
DIVMO	0.71	ns	0.35	**	0.14	ns
Nutrientes digestibles totales	0.51	***	0.35	**	-0.11	ns
Energía metabolizable	0.53	***	0.37	**	-0.14	ns
Extracto etéreo	0.14	ns	0.10	ns	-0.22	ns
Precipitación	0.40	***	0.14	ns	-0.14	ns
Temperatura	0.05	ns	-0.11	ns	-0.09	ns

PIDN = Proteína insoluble en detergente neutro; PIDA = Proteína insoluble en detergente ácido; DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

r = valor de correlación; Sig = nivel de significancia.

*(P<0.05); **(P<0.01); ***(P<0.001); ns = no significante.

5.6.2 Proteína cruda

La fracción **a** de la proteína cruda de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año, pero no hubo efecto de año ($P > 0.05$). En el invierno y primavera del segundo año y verano del primer año fue más alto que el resto de los muestreos (Tabla 13). La fracción **b** de la proteína cruda de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones y interacción estación*año, pero tampoco hubo efecto de año ($P > 0.05$). En el verano del segundo año fue más alto que el resto de los muestreos (Tabla 13). La tasa de degradación **c** de la proteína cruda de la dieta fue significativamente diferente estaciones ni años ($P > 0.05$; Tabla 13).

La degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año la degradabilidad efectiva de la proteína fue mas elevado que en el primer año. En el invierno del segundo año fue más alto y en otoño del mismo año más bajo que el resto de las estaciones (Tabla 13). Los parámetros de degradabilidad de la PC en general fueron más altos que los de materia orgánica (MO), se pudo observar una mayor velocidad en la tasa de degradación (**c**) (Tabla 12 y Tabla 11). Esto pudiera significar que la MO se degrada más lentamente que la proteína cruda. En este estudio, el contenido de FDN, FDA, celulosa y LDA en la dieta de las cabras afectó negativamente la DEPC, pero los DIVMO, NDT y EM lo hicieron positivamente (Tabla 12). Lo que pudiera indicar que al aumentar la fibra en la dieta disminuye la digestión microbial de la PC en el rumen de las cabras; sin embargo, al aumentar la energía en la dieta aumenta también la utilización de los componentes nutritivos de la MO.

Tabla 13

Parámetros de la digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de proteína cruda (DEPC, %)
de la dieta de cabras

Año ²	Estación	a (%)	b (%)	c (h ⁻¹)	DEPC ¹
1	Verano	29.8 ± 3.6 ^b	39.5 ± 3.5 ^a	0.12 ± 0.03	52.8 ± 3.4 ^c
	Otoño	19.5 ± 3.2 ^{ab}	48.4 ± 4.0 ^{abc}	0.22 ± 0.06	54.2 ± 2.3 ^c
	Invierno	7.6 ± 1.5 ^a	56.7 ± 2.8 ^{bc}	0.09 ± 0.01	41.1 ± 1.6 ^{ab}
	Primavera	13.0 ± 1.7 ^a	51.9 ± 3.0 ^{abc}	0.12 ± 0.03	42.2 ± 2.5 ^{ab}
	Media	16.1 ± 1.6	50.2 ± 1.8	0.13 ± 0.01	46.4 ± 1.4
2	Verano	10.5 ± 1.8 ^a	63.2 ± 2.5 ^c	0.14 ± 0.03	50.0 ± 2.1 ^{bc}
	Otoño	13.4 ± 2.0 ^a	49.1 ± 3.9 ^{abc}	0.10 ± 0.03	36.5 ± 2.1 ^a
	Invierno	30.7 ± 3.3 ^b	50.1 ± 3.1 ^{abc}	0.20 ± 0.03	67.8 ± 1.5 ^d
	Primavera	28.6 ± 4.9 ^b	42.2 ± 4.2 ^{ab}	0.23 ± 0.10	54.8 ± 3.1 ^c
	Media	20.4 ± 1.9	51.6 ± 1.9	0.16 ± 0.02	52.1 ± 1.8
	Media total	18.4	50.9	0.15	49.4
	EEM	1.2	1.3	0.01	1.2
	Año (A)	***	***	ns	***
	Estación (B)	ns	ns	ns	*
	A x B	***	***	*	***

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹Calculada a una tasa de pasaje de 5.0% h⁻¹

² 1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

*** (P<0.001); ** (P<0.01); * (P<0.05); ns = no significativo.

5.6.3 Pared celular (FDN)

La fracciones **a**, **b**, **c** de la digestibilidad in vitro de la fibra detergente neutro y DEFDN de la dieta de las cabras fueron significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año, pero no hubo efecto ($P>0.05$) de año. En el verano del segundo año y otoño del primero fue más alta; sin embargo, en el verano del primer año fueron más bajas que en el resto de las estaciones (Tabla 14). Juárez *et al.* (2004) determinaron la DEFDN de dietas de cabras. La temporada de mejor degradación de la FDN fue en la temporada húmeda. Estos resultados apoyan la mayor degradabilidad efectiva encontrada en los muestreos en este estudio.

5.7 Consumo de nutrientes

El consumo de materia seca (CMS) de la dieta fue significativamente diferentes entre estación y la interacción estación*año también fue significativa, pero no hubo efecto de años ($P>0.05$). En el invierno del segundo año fue más alto y en otoño del segundo más bajo que en el resto de los muestreos (Tabla 15). El consumo de materia seca para un animal castrado de 35 Kg, ganando 25 g d⁻¹ es de 0.94 kg d⁻¹ de MS (NRC, 2007). Valores en este estudio fueron más altos en la mayoría de las estaciones (Tabla 15).

Tabla 14

Parámetros de la digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de la FDN (DEFDN, %) de la dieta de cabras

Año ²	Estación	a (%)	b (%)	c (h ⁻¹)	DEFDN ¹
1	Verano	29.1 ± 1.5 ^a	55.2 ± 1.6 ^d	0.13 ± 0.009 ^a	68.6 ± 1.5 ^a
	Otoño	51.3 ± 0.5 ^d	32.6 ± 0.8 ^{ab}	0.19 ± 0.019 ^a	76.9 ± 0.7 ^d
	Invierno	45.0 ± 0.4 ^{bc}	35.4 ± 1.4 ^b	0.19 ± 0.014 ^a	72.4 ± 0.7 ^{bc}
	Primavera	48.8 ± 0.7 ^{cd}	27.6 ± 1.1 ^a	0.24 ± 0.025 ^{ab}	71.1 ± 0.3 ^{ab}
	Media	44.1 ± 1.2	36.7 ± 1.5	0.19 ± 0.011	72.2 ± 0.5
2	Verano	53.5 ± 0.7 ^d	28.3 ± 1.1 ^a	0.15 ± 0.009 ^a	74.5 ± 0.2 ^{cd}
	Otoño	43.3 ± 1.1 ^b	35.8 ± 1.4 ^{cd}	0.33 ± 0.065 ^b	70.5 ± 0.7 ^{ab}
	Invierno	27.8 ± 1.2 ^a	58.0 ± 1.0 ^d	0.18 ± 0.016 ^a	72.5 ± 0.7 ^{bc}
	Primavera	43.0 ± 2.4 ^b	42.4 ± 2.9 ^c	0.12 ± 0.006 ^a	72.7 ± 0.4 ^{bc}
	Media	41.8 ± 1.4	41.0 ± 1.7	0.20 ± 0.02	72.5 ± 0.3
	Media total	42.9	39.0	0.19	72.3
	EEM	0.9	1.1	0.01	0.3
Año (B)	ns	ns	ns	ns	
Estación (A)	***	***	***	***	
A x B	***	***	***	***	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹Calculada a una tasa de pasaje de 5.0% h⁻¹

²1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

***(P<0.001); **(P<0.01); *(P<0.05); ns = no significativo.

Entre el consumo y digestibilidad se presentan dos interrelaciones diferentes, una cuando la dieta es altamente digestibles y el consumo se ve reducido, la otra cuando la dieta va de pobremente a medianamente digestible y el consumo se presenta en incrementos (Van Soest, 1994; Jung y Allen 1995). En este estudio se presentó la segunda condición, indicando que las cabras localizaron en sus dietas forrajes pobres a medianos. La suposición presume que la dieta contiene factores que limitan en consumo tales como el volumen o una deficiencia dietética que propicia una relación positiva entre el consumo y digestibilidad (Reid *et al.*, 1988).

Cerrillo *et al.* (2006) determinaron en el consumo de materia seca por el método de colecta total de heces en un matorral espinoso en el norte de México. Los consumos bajos fueron durante el verano y otoño lo cual coincide con los resultados encontrados en este trabajo. Ramírez-Orduña *et al.* (2003b) estudio especies forrajeras del matorral sarcocauléscente, encontraron niveles constantes de taninos condensados a través de las estaciones del año, aunque otoño fue mayor que el resto de las estaciones. Otra posibilidad en la reducción del consumo de cabras puede ser por un mal funcionamiento provocado por deficiencias en la dieta de minerales. McDowell y Arthington (2005) ha documentado que las cabras con deficiencias de Cu y Zn reducen el consumo de alimento, los resultados encontrados en este trabajo indican que la disminución en el consumo de alimento puede ser por los bajos niveles de esos elementos en la dieta. Dado que las cabras presentan cierta habilidad para consumir taninos sin detrimento de su nutrición (Silanikove, 2000).

Tabla 15

Consumo de de nutrientes (g d⁻¹) contenidos en la dieta de cabras

Año ¹	Estación	MS	PC	CNF
1	Verano	1306.8 ± 50.4 ^c	148.3 ± 21.6 ^b	329.8 ± 30.1 ^c
	Otoño	957.7 ± 23.5 ^{ab}	66.8 ± 9.1 ^a	95.1 ± 37.4 ^a
	Invierno	1146.1 ± 22.3 ^{bc}	81.1 ± 11.3 ^a	263.4 ± 14.3 ^{bc}
	Primavera	1150.2 ± 15.8 ^{bc}	90.2 ± 12.5 ^{ab}	115.0 ± 16.7 ^a
	Media	1139.7 ± 23.1	96.6 ± 8.1	213.8 ± 18.0
2	Verano	962.2 ± 81.1 ^{ab}	105.1 ± 19.3 ^{ab}	260.1 ± 25.8 ^{bc}
	Otoño	880.5 ± 85.9 ^a	118.4 ± 13.4 ^{ab}	206.0 ± 23.5 ^{ab}
	Invierno	1619.1 ± 71.7 ^d	253.2 ± 13.4 ^c	359.6 ± 26.9 ^c
	Primavera	1166.8 ± 52.3 ^{bc}	112.7 ± 6.3 ^{ab}	277.2 ± 38.6 ^{bc}
	Media	1167.5 ± 55.0	149.2 ± 10.9	276.5 ± 16.0
	Media total	1153.2	122.2	247.3
	EEM	29.1	7.1	12.3
	Año (A)	ns	***	*
	Estación (B)	***	***	***
	A x B	***	***	*

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹ 1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

***(P<0.001); **(P<0.01); *(P<0.05); ns = no significante.

El consumo de proteína cruda (PC) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año el consumo de PC fue mas elevada que en el primer año. En el invierno del segundo año y verano del primero fue más alto que en el resto de los muestreos (Tabla 15). El consumo de carbohidratos no fibrosos (CNF) de la dieta también fue significativamente diferente entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año el consumo de CNF fue mas elevada que en el primer año. En el verano del primer año y en el invierno del segundo año fueron más altos y más bajo en otoño y primavera del primer año que en el resto de los muestreos (Tabla 15).

El consumo de fibra detergente neutro (FDN) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año, pero no hubo efecto de año ($P > 0.05$). En el verano del primer año el consumo de FDN fue menor a las otras estaciones (Tabla 16) estos datos coinciden con una menor DEFND (Tabla 13) lo cual es indicativo de la menor cantidad de pared celular en esta estación. Estos resultados son coincidentes con una mayor concentración de CNF (Tabla 5) y un menor FDN en la dieta (Tabla 5) en la misma estación. Los tipos de plantas que fueron consumidos fueron casi exclusivamente AANL y hierbas (Tabla 3). Como se ha observado en otras especies de rumiantes, un incremento en el contenido de fibra en la dieta reduce el consumo de materia seca (Lu *et al.*, 2005), en este trabajo cuando mayor consumo realizaron las cabras fue cuando menor FDN contenido en la dieta. Estos resultados indican que el FDN de la dieta de invierno fue altamente degradable y posiblemente esta característica fue identificada por los caprinos. Jung y Allen (1995) determinaron que la variación en el consumo de forraje por los rumiantes no puede ser explicado por el

efecto de llenado de las fibras de los forrajes ni por el contenido de FND el cual describe incompletamente el efecto de llenado de los alimentos.

El consumo de hemicelulosa de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, interacción estación*año, pero no hubo efecto de año ($P > 0.05$). El consumo de celulosa de la dieta siguió una misma tendencia que la hemicelulosa. Sin embargo, el consumo de lignina detergente ácida (LDA) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años, pero la interacción no fue significativa ($P > 0.05$). En el segundo año el consumo de LDA fue más elevada que en el primer año. En el invierno y primavera del segundo año fueron más altos y en el verano y otoño del primer año fue más bajo que los muestreos restantes, siendo los muestreos restantes estadísticamente iguales entre ellos (Tabla 16).

El consumo de materia seca, proteína cruda y los carbohidratos no fibrosos fueron correlacionados negativamente con la FDN, FDA, LDA, celulosa y positivamente con materia seca, proteína disponible, DIVMO, NDT y la EM (Tabla 17). El consumo de proteína cruda fue correlacionado positivamente con materia seca, hemicelulosa, proteína cruda, DIVMO y la EM (Tabla 17). El consumo de carbohidratos no fibrosos fue correlacionado positivamente con materia seca, CNF, proteína disponible, DVIMO (Tabla 17). El consumo de FDN fue correlacionado positivamente con materia seca y PIDN (Tabla 17). Las respuestas del animal rumiante a cambios en la digestibilidad son importantes debido a que hay una correlación positiva entre el consumo del forraje y su digestibilidad (Forbes, 1995).

Uno de los aspectos de la respuesta animal al consumo de los alimentos es la cantidad de los residuos indigestibles. El contenido de FDN de los forrajes es el componente más consistente de los alimentos que estuvo asociado con el consumo, la asociación negativa usualmente ha sido interpretada como un efecto de llenado Van Soest, (1994). Todos los resultados encontrados en este trabajo referente a los consumos de las diferentes fracciones reportadas fueron biológicamente coincidentes a la literatura con respecto a que el contenido de FDN gobierna el consumo de la dieta de cabras. Sin embargo, a excepción de los CNF, la FDA fue el más determinante en el consumo para materia seca, materia orgánica, proteína cruda y CNF. Al respecto, Lu *et al.*, (2005) menciona que la prueba de FDA en muchas circunstancias puede ser aceptable para analizar la fibra dietaria insoluble en una ración total mezclada. Dadas las correlaciones encontradas en este trabajo, este podría ser el caso ya que la cabra está realizando una mezcla de las plantas que conoce por su valor nutritivo en una dieta. La FDA representa más o menos en partes iguales las fracciones de celulosa y lignina en la pared celular y la parte soluble de FDA representa la hemicelulosa (Van Soest, 1994).

El consumo de energía metabolizable (CEM) de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año fue significativa, pero no hubo efecto de año ($P>0.05$). En el verano del primer año y el invierno del segundo año fue más alto que el resto de las estaciones (Tabla 18). Ramírez *et al.*, (1991; 1993) cuando determinaron el consumo de ED, en caprinos consumiendo el forraje de matorrales del noreste de México, reportaron valores de energía más bajos a los reportados en este estudio.

El consumo de Ca fue significativamente diferente entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año el consumo de Ca fue más elevada que en el primer año. En el verano del segundo año fue el más bajo y en el invierno del segundo año el más alto que en el resto de los muestreos (Tabla 18). Ramírez *et al.* (1991; 1993) en los agostaderos del noreste de México y Cerillo-Soto *et al.* (2006) en los agostaderos del norte de México, estudiaron el consumo de Ca en la dieta de caprinos y las cantidades consumidas fueron similares a los encontrados en este estudio. El requerimiento de Ca para caprinos criollos en crecimiento varían de 1.0 a 9.6 g/d (NRC, 2007) solo en verano del segundo año el consumo de Ca fue más bajo del nivel mínimo requerido para máximo crecimiento.

Tabla 16

Consumo de pared celular de la dieta de las cabras

Año ¹	Estación	FDN (g d ⁻¹)	Hemicelulosa (g d ⁻¹)	Celulosa (g d ⁻¹)	LDA (g d ⁻¹)
1	Verano	521.4 ± 31.4 ^{ab}	196.5 ± 9.0 ^{cd}	196.2 ± 15.5 ^{abc}	131.0 ± 15.9 ^{ab}
	Otoño	482.7 ± 16.3 ^a	158.1 ± 9.1 ^{abc}	210.4 ± 11.9 ^{abc}	114.2 ± 6.1 ^a
	Invierno	646.4 ± 13.8 ^b	223.0 ± 9.1 ^d	251.5 ± 8.2 ^c	187.3 ± 10.2 ^{abc}
	Primavera	619.5 ± 8.9 ^{ab}	177.4 ± 9.4 ^{bcd}	242.2 ± 7.7 ^{bc}	184.6 ± 8.5 ^{abc}
	Media	572.2 ± 13.3	191.4 ± 5.6	227.1 ± 6.6	157.5 ± 7.7
2	Verano	507.2 ± 40.3 ^{ab}	144.8 ± 9.2 ^{ab}	147.3 ± 17.0 ^a	211.2 ± 23.2 ^{bc}
	Otoño	486.1 ± 48.8 ^a	111.7 ± 10.7 ^a	168.0 ± 21.0 ^{ab}	199.9 ± 26.8 ^{bc}
	Invierno	822.8 ± 42.9 ^c	291.1 ± 18.9 ^e	248.2 ± 16.4 ^c	265.9 ± 18.5 ^c
	Primavera	588.7 ± 17.8 ^{bc}	139.8 ± 7.3 ^{ab}	213.9 ± 29.0 ^{abc}	219.1 ± 21.6 ^{bc}
	Media	607.1 ± 27.6	175.2 ± 11.9	195.9 ± 12.1	225.0 ± 11.8
	Media total	590.1	183.0	210.8	192.7
	EEM	15.6	6.7	7.2	8.2
	Año (A)	ns	ns	*	***
	Estación (B)	***	***	***	***
	A x B	*	***	ns	ns

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

*(P<0.05); ***(P<0.001); ns = no significativo.

Tabla 17

Coefficientes de correlación entre el consumo de nutrientes y la composición química de la dieta de las cabras

Variables	MS		PC		CNF		FDN	
	r	Sig	r	Sig	r	Sig	r	Sig
Materia seca	0.47	***	0.53	***	0.42	***	0.39	**
Materia orgánica	-0.35	*	-0.42	**	-0.19	ns	-0.24	ns
FDN	-0.37	*	-0.32	*	-0.50	***	0.04	ns
FDA	-0.50	***	-0.50	***	-0.40	**	-0.24	ns
Hemicelulosa	0.22	ns	0.32	*	-0.14	ns	0.34	**
LDA	-0.34	*	-0.31	*	-0.13	ns	0.16	ns
Celulosa	-0.33	*	-0.36	**	-0.47	***	-0.17	ns
CNF	0.18	ns	0.01	ns	0.77	***	0.04	ns
Proteína cruda	0.25	ns	0.76	***	0.05	ns	0.20	ns
PIDN	0.10	ns	-0.16	ns	0.28	ns	0.24	ns
PIDA	-0.18	ns	-0.35	*	-0.09	ns	0.00	ns
Proteína disponible	0.32	*	0.20	ns	0.43	**	0.28	ns
DIVIMO	0.34	*	0.29	*	0.33	*	0.10	ns
NDT	0.32	*	0.27	ns	0.11	ns	0.11	ns
EM	0.35	*	0.33	*	0.11	ns	0.12	ns
Extracto etéreo	0.21	ns	0.18	ns	-0.22	ns	0.11	ns

FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida; LDA = Lignina detergente ácida; CNF = Carbohidratos no fibrosos; PIDN = Proteína insoluble en detergente neutro; PIDA = Proteína insoluble en detergente ácido; DIVIMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica; NDT = Nutrientes digestibles totales; EM = Energía metabolizable.

r = valor de correlación; P = nivel de significancia.

*(P<0.05); **(P<0.01); ***(P<0.001); ns = no significante

El consumo de K fue significativamente diferente entre estaciones, interacción estación*año, pero no hubo efecto de años ($P>0.05$). En invierno del segundo año y verano del primero fueron más altos al resto de los muestreos (Tabla 18). Ramírez *et al.* (1991; 1993) estudiaron el consumo de K en la dieta de caprinos, las cantidades consumidas fueron más altas (19.8, 13.3 g/d, respectivamente) que los encontrados en este estudio. Sin embargo, Cerillo-Soto *et al.* (2006) al determinar el consumo de K en dietas de cabras, ellos encontraron consumos más bajos. El requerimiento de K para caprinos criollos en crecimiento varían de 1.6 a 7.1 g/d (NRC, 2007), en este estudio, en todos los muestreos el consumo de K fue muy superior del nivel requerido para máximo crecimiento.

El consumo de Mg de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, interacción estación*año, pero no hubo efecto de año ($P>0.05$). En el verano y otoño del segundo año fueron más bajos y en invierno del mismo año el más alto que el resto de los muestreos (Tabla 18). Ramírez *et al.* (1991; 1993) estudiaron el consumo de Mg en dietas de caprinos, los niveles reportados (7.3 y 3.2 g/d, respectivamente) fueron semejantes a los encontrados en este trabajo. Por otro lado, Cerillo-Soto *et al.* (2006) determinaron el consumo de Mg en dietas de cabras, los consumos fueron más bajos que los encontrados en este estudio. El requerimiento de Mg para caprinos criollos en crecimiento varían de 0.18 a 1.58 g/d (NRC, 2007) en todos los muestreos el consumo de Mg fue muy superior del nivel requerido para máximo crecimiento.

El consumo de Cu de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año el consumo de Cu fue más elevado que en el primer año. En todos los muestreos fueron bajos con excepción

del invierno del segundo año (Tabla 19). Ramírez *et al.* (1991; 1993) estudiaron el consumo de Cu en dietas de caprinos, los miligramos consumidos de fueron más altos (11.3 y 17.2 mg/d, respectivamente) que los reportados en este trabajo. Por otro lado, Cerillo-Soto *et al.* (2006) determinaron el consumo de Cu en dietas de cabras los resultados encontrados fueron semejantes (6.6 mg/d) a los reportados en este estudio. El requerimiento de Cu para caprinos criollos en crecimiento varían de 9 a 37 mg/d (NRC, 2007) solo en invierno del segundo año el consumo de Cu alcanzó cubrir los requerimientos para animales de 10 kg en crecimiento. Los requerimientos de Cu pueden ser cubiertos marginalmente. Según McDowell *et al.* (1984) cantidades mínimas de Cu (6 mg/d) pueden ser suficientes, pero en presencia de Mo se puede causar deficiencia; además, la presencia de S se potencializa el efecto del Mo sobre el Cu.

Tabla 18

Consumo de energía metabolizable, Ca, K y Mg por las cabras

Año ¹	Estación	EM (Mcal d ⁻¹)	Ca (g d ⁻¹)	K (g d ⁻¹)	Mg (g d ⁻¹)
1	Verano	4.0 ± 0.3 ^c	20.8 ± 1.4 ^b	24.5 ± 1.8 ^{bc}	6.2 ± 0.5 ^b
	Otoño	2.1 ± 0.1 ^{ab}	16.1 ± 1.0 ^{ab}	17.8 ± 1.1 ^a	4.4 ± 0.4 ^{ab}
	Invierno	1.9 ± 0.1 ^{ab}	17.2 ± 0.2 ^b	17.7 ± 0.8 ^a	4.7 ± 0.2 ^{ab}
	Primavera	2.5 ± 0.1 ^b	16.6 ± 0.3 ^b	18.7 ± 1.2 ^{ab}	5.4 ± 0.3 ^b
	Media	2.6 ± 0.1	17.7 ± 0.5	19.6 ± 0.7	5.2 ± 0.2
2	Verano	1.8 ± 0.1 ^{ab}	8.8 ± 1.1 ^a	17.7 ± 1.4 ^a	3.1 ± 0.4 ^a
	Otoño	1.3 ± 0.1 ^a	17.8 ± 2.3 ^b	14.0 ± 1.5 ^a	3.4 ± 0.3 ^a
	Invierno	3.6 ± 0.1 ^c	38.3 ± 2.4 ^c	25.0 ± 1.2 ^c	8.3 ± 0.4 ^c
	Primavera	2.1 ± 0.1 ^{ab}	23.2 ± 1.5 ^b	13.9 ± 1.6 ^a	4.6 ± 0.4 ^{ab}
	Media	2.7 ± 0.1	22.7 ± 1.8	17.8 ± 0.9	5.0 ± 0.3
	Media total	2.4	20.3	18.7	5.1
	EEM	0.1	1.0	0.6	0.2
Año (A)	ns	*	ns	ns	
Estación (B)	***	***	***	***	
A x B	***	***	***	***	

^{a,b,c} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹ 1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

*(P<0.05); ***(P<0.001); ns = no significativo.

El consumo de Fe de la dieta fue significativamente diferente entre estaciones, años y su interacción. En el segundo año el consumo de Fe fue más elevado que en el primer año. En el otoño del primer año fue más bajo y en primavera del segundo más alto que en el resto de las estaciones (Tabla 19). Ramírez *et al.* (1991; 1993) y Cerillo-Soto *et al.* (2006) reportaron niveles más altos de Fe a los encontrados en este estudio. El requerimiento de Fe para caprinos criollos en crecimiento varían de 50 a 100 mg/d (NRC, 2007), solo en otoño del primer año el consumo de Fe no alcanzó a cubrir los requerimientos para máximo crecimiento.

El consumo de Mn fue significativamente diferente entre años, estaciones y su interacción. En el segundo año el consumo de Mn fue más elevado que en el primer año. En invierno del segundo año y verano del primero fueron más altos al resto de los muestreos (Tabla 19). Ramírez *et al.* (1991) y Cerillo-Soto *et al.*, (2006) reportaron contenidos de Mn menores a los reportados en este estudio. El requerimiento de Mn para caprinos criollos en crecimiento varían de 3 a 29 mg/d (NRC, 2007) en todos los muestreos el consumo de Mn alcanzó a cubrir los requerimientos para animales en crecimiento.

El consumo de Zn de la dieta fue significativamente diferente entre años, estaciones y su interacción. En el segundo año el consumo de Zn fue más elevado que en el primer año. En el otoño del segundo año fue más alto que en el resto de los muestreos (Tabla 19). Ramírez *et al.*, (1991; 1993); Cerillo-Soto *et al.*, (2006) reportaron concentraciones más altas que las reportados en este estudio.

Tabla 19

Consumos anuales y estacionales de microminerales (mg d⁻¹) por las cabras

Año ¹	Estación	Cu	Fe	Mn	Zn
1	Verano	7.1 ± 0.4 ^a	139.5 ± 20.4 ^{ab}	67.9 ± 3.8 ^{ab}	25.1 ± 1.8 ^{ab}
	Otoño	5.5 ± 0.1 ^a	79.6 ± 7.7 ^a	49.6 ± 1.8 ^a	17.8 ± 1.1 ^a
	Invierno	6.4 ± 0.2 ^a	177.8 ± 5.9 ^{bc}	75.8 ± 2.8 ^{ab}	22.8 ± 0.3 ^{ab}
	Primavera	5.2 ± 0.1 ^a	216.6 ± 11.2 ^{cd}	88.2 ± 4.4 ^{ab}	21.4 ± 0.5 ^{ab}
	Media	6.1 ± 0.1	153.9 ± 9.4	70.5 ± 2.5	21.8 ± 0.6
2	Verano	6.6 ± 0.5 ^a	113.5 ± 20.8 ^{ab}	59.5 ± 6.9 ^{ab}	25.7 ± 2.2 ^{ab}
	Otoño	6.9 ± 0.6 ^a	118.0 ± 14.5 ^{ab}	73.2 ± 11.6 ^{ab}	30.0 ± 3.5 ^c
	Invierno	10.3 ± 0.5 ^b	276.3 ± 16.6 ^{de}	171.5 ± 11.5 ^c	41.0 ± 3.2 ^{ab}
	Primavera	6.0 ± 0.4 ^a	307.1 ± 19.2 ^e	78.2 ± 11.1 ^{ab}	22.1 ± 2.0 ^{ab}
	Media	7.6 ± 0.3	203.0 ± 14.7	98.6 ± 8.1	30.3 ± 1.7
	Media total	6.8	179.6	85.2	26.3
	EEM	0.2	9.2	4.6	1.0
Año (A)	***	**	**	***	
Estación (B)	***	***	***	***	
A x B	***	***	***	***	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

***(P<0.001); **(P<0.01)..

El requerimiento de Zn para caprinos criollos en crecimiento varía de 2 a 31 mg/d (NRC, 2007) en todos los muestreos el consumo de Zn alcanzó a cubrir los requerimientos para animales en crecimiento. Wenbin *et al.* (2008) estudio el efecto de los niveles de Zn en el desempeño, digestibilidad de nutrientes y Zn plasmático en cabras Cachemira. El promedio de ganancias diarias, la eficiencia alimenticia y el Zn plasmático fue mejorado con los suplementos de Zn, y fueron mejores para los niveles más altos (30 y 45 mg/kg MS). McDowell *et al.*, (1984) menciona que los signos iniciales de la deficiencia incluyen reducciones en el consumo de alimento, tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia, seguido por problemas de la piel.

McDowell *et al.*, (1984) menciona que para lograr determinar la probabilidad de la deficiencia en poblaciones de rumiantes, se considera una combinación de la concentración del Zn en el plasma (0.6 - 0.8 ppm) y en el forraje (<40 ppm). Las concentraciones de Zn en los forrajes consumidos por las cabras han sido reportados bajos (Ramírez-Orduña *et al.*, 2005), en las dietas de caprinos también han sido reportados en bajas concentraciones por Ramírez-Orduña *et al.* (2008), en matorral sarcocauléscente, por la tanto, la posibilidad es muy alta para encontrar deficiencia en Zn. Alimentar altas concentraciones de Cu (hasta 236 ppm, sulfato de cobre) y Zn (hasta 1135 ppm, óxido de zinc) en el venado macho cola blanca no incrementa el tamaño de la cornamenta o el tamaño corporal en venados mayores de un año, pero en la función inmune puede haber beneficios Bartoskewitz *et al.* (2007). Nuestros resultados encontrados en este trabajo confirman en buena manera la revisión hecha por Haenlein *et al.* (2007) sobre la deficiencia potencial de minerales (Ca, Cu, K, Mg) para pequeños

rumiantes en el noreste de México, destacando algunas semejanzas en las deficiencias del potencial aporte mineral del suelo local a las plantas en condiciones de pastoreo extensivo.

5.8. Consumo de materia orgánica degradable

El consumo de materia orgánica degradable fue significativamente diferente entre estaciones y la interacción estación*año fue significativa, pero no hubo efecto de años ($P>0.05$). En el verano del primer año el consumo de materia orgánica degradable fue mayor a las otras estaciones (Tabla 20). En el verano del primer año el consumo de materia orgánica no degradable fue menor a las otras estaciones (Tabla 18) estos resultados fueron coincidentes con la elevada digestibilidad de DEMO (Tabla 11) lo que demuestra que las cabras seleccionaron especies con características más degradables en el rumen. Los tipos de plantas que fueron consumidos fueron casi exclusivamente AANL y hierbas (Tabla 3). En esta estación es cuando ocurren las primeras lluvias de la temporada (Tabla 1) lo que propicia que las plantas del agostadero inicien la formación de nuevas hojas y tallos. Ramírez-Orduña *et al.* (2003b) encontraron en verano valores elevados de DEMO en AAL y en la cactácea *Opuntia cholla*, y López-Ceseña (2008) encontró valores elevados de DEMO de AANL de entre 80 y 71% en verano.

Tabla 20

Consumos de materia orgánica y proteína cruda degradable y no degradable por cabras

Año ¹	Estación	Consumo de MO (g/d)		Consumo de PC (g/d)	
		Degradable	No degradable	Degradable	No degradable
1	Verano	601.2 ± 39.6 ^{cd}	438.8 ± 45.0 ^{ab}	63.8 ± 12.4 ^a	84.5 ± 15.5 ^b
	Otoño	353.2 ± 8.9 ^{ab}	429.8 ± 21.7 ^{ab}	30.4 ± 6.1 ^a	36.4 ± 6.4 ^a
	Invierno	446.8 ± 24.6 ^{abc}	529.6 ± 20.7 ^{ab}	33.1 ± 4.6 ^a	48.1 ± 7.1 ^{ab}
	Primavera	267.1 ± 58.6 ^a	474.5 ± 91.8 ^{ab}	37.1 ± 5.6 ^a	53.1 ± 8.1 ^{ab}
	Media	417.1 ± 23.5	468.2 ± 30.1	52.3 ± 4.7	56.1 ± 4.8
2	Verano	321.3 ± 51.7 ^{ab}	357.6 ± 55.2 ^a	54.3 ± 10.4 ^a	50.9 ± 9.6 ^{ab}
	Otoño	283.9 ± 27.5 ^{ab}	467.6 ± 50.9 ^{ab}	43.6 ± 6.0 ^a	74.9 ± 8.6 ^{ab}
	Invierno	702.0 ± 33.7 ^d	659.3 ± 31.5 ^b	171.9 ± 10.0 ^b	81.4 ± 5.7 ^b
	Primavera	465.5 ± 30.5 ^{bc}	535.6 ± 25.7 ^{ab}	62.7 ± 5.7 ^a	50.1 ± 3.1 ^{ab}
	Media	443.2 ± 18.6	505.0 ± 23.9	83.1 ± 3.7	64.3 ± 3.8
	Media total	430.1	486.6	67.7	60.2
	EEM	21.0	27.0	4.2	4.3
Año (A)	ns	ns	***	ns	
Estación (B)	***	**	***	*	
A x B	***	ns	***	***	

^{a,b,c,d,e} Medias dentro de columnas con diferente índice literal difieren por estación (P<0.05).

¹1= 2006-2007; 2 = 2007-2008.

***(P<0.001); **(P<0.01); *(P<0.05); ns = no significante.

6. CONCLUSIONES

La separación de la vegetación presente en el matorral sarcocauléscente en cinco grupos fue una estrategia útil para encontrar los grupos de plantas que están siendo utilizados por las cabras, con el fin de establecer manejos por tipo de planta. Las plantas más abundantes establecidas por medio del valor de importancia en el agostadero de matorral sarcocauléscente fueron las especies de plantas menos utilizadas por las cabras.

El índice de similitud bajo fue indicativo de que las cabras utilizaron una cuantas especies de plantas para consumir durante las estaciones, en época de abundancia utilizaron menos especies, en épocas de escasez utilizaron más especies. Las cabras prefirieron unas cuantas especies por tipo de planta siendo utilizado como base alimenticia a los AANL y a los AAL. En épocas de abundancia las hierbas son preferidas, en épocas de escasez los pastos y cactáceas también son utilizados.

Las cabras en libre pastoreo seleccionaron y consumieron una dieta que fue variable en la composición de especies de plantas durante las estaciones, sin embargo el valor nutritivo de la dieta se mantuvo dentro de rangos suficientes para proporcionar los requerimientos de energía y proteína de caprinos castrados en crecimiento.

Dentro de las fracciones de carbohidratos de la dieta el porcentaje de FDN se mantuvo relativamente constante durante las estaciones, las cabras a pesar de que modificaban las especies de plantas consumidas en el transcurso de las estaciones el contenido de FDN en la dieta se mantuvo constante. Los carbohidratos no fibrosos (CNF) también fue una entidad que demostró que las cabras seleccionaron las plantas con los contenidos de CNF más elevados en la mayoría de las estaciones.

El contenido de lignina en la dieta de cabras fue una entidad que mantuvieron al mínimo nivel en la mayoría de las estaciones. La proteína cruda fue una de las entidades más variables en la dieta de cabras, se pudieron detectar dos estaciones en las cuales las cabras seleccionaron plantas con niveles bajos de proteína. La calidad de esta proteína medida por la proteína insoluble en detergente ácido en general, fue buena en la mayoría de las estaciones. La EM fue una entidad variable en la dieta de las cabras. La sincronización entre la energía y la proteína cruda en el rumen puede estar comprometida en algunas estaciones.

La degradabilidad efectiva de la materia orgánica, proteína cruda y FDN fue adecuada en la mayoría de las estaciones, solo en otoño las cabras colectaron una dieta de baja calidad.

El consumo de energía y proteína cruda se mantuvo dentro de rangos suficientes para proporcionar los requerimientos de caprinos de 37 kg para mantenimiento y un crecimiento de 25 g d⁻¹. El consumo de minerales fue adecuado para Ca, K, Fe, Mg, Mn. Y deficiente para Cu y Zn.

Dada lo poca utilización de la vegetación presente en el área de estudio se hacen necesarios más estudios para encontrar las formas en que se pueden utilizar

los recursos vegetales presentes. Por otro lado, fomentar el desarrollo de las plantas que son utilizadas por los rumiantes en el agostadero y controlar los individuos que no son utilizados puede ser una forma de mejorar el agostadero. En acciones a corto plazo la adición suplementaria de proteína en la estación deficiente y la adición suplementaria de energía en la estación deficiente deben de establecerse para mejorar la productividad del hato caprina. El suplementar de Cu y Zn en todas las estaciones en una recomendación necesaria para propiciar un mejoramiento en el comportamiento de producción, se recomienda realizar una mezcla de sales minerales encontradas como deficientes e incluir minerales que son siempre escasos como Na, Cl, P y K.

7. LITERATURA CITADA

- Abrams SM, Shenk JS, Harpster HW. 1988. Potential of near infrared reflectance spectroscopy for analysis of silage composition. *Journal Dairy Sci* 71:1955-1959.
- Adesogan AT, Givens DI, Owen E. 2000. Measuring chemical composition and nutritive value in forages. In: *Forage evaluation in ruminant nutrition*, Givens D. I., Owen E., Axford E.F.E., Omed H.M. (eds). CAB International: Oxon, UK, pp. 263-278.
- Aich AE, Assoulli NE, Fathe A, Morand-Fehr P, Bourbouze A. 2007. Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. *Small Rumin. Res.* 70:248-256.
- Aldezabal A, Garin I. 2000. Browsing preference of feral goats (*Capra hircus* L.) in Mediterranean mountain scrubland. *J. of Arid Enviroments-* 44:133-142.
- Allen MS. 2000. Effects of diets on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
- AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis* (14th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Bartoskewitz, ML, Hewitt G, Laurenz JC, Pitts JS, Bryant FC. 2007. Effect of dietary copper and zinc concentration on White-tailed deer antler growth, body size, and immune system function. *Small Rumin. Res.* 73: 77-86.

- Bath DL, Weir WC, Torell DT. 1956. The use of fistula esophageal for the determination of consumption and digestibility of pasture forage by sheep. *J. Animal Sci.* 15:1156-1174.
- Beck RF. 1975. Steer diets in southeastern Colorado. *J. Range Manage.* 28:45-81.
- Becker K, Lojrmann J. 1992. Feed selection by goats on tropical semi-humid rangeland. *Small Rumin. Res.* 8:285-298.
- Beever DE, Mould FL. 2000. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: *Forage Evaluation in Ruminants Nutrition*, Givens DJ, Owen E, Azford RFE, Omed HM (eds). CAB international. New York, USA. p. 63.
- Bryant FC, Kothmann MM, Merrill JB. 1980. Nutritive content of sheep, goat, and white tailed deer on excellent condition rangeland in Texas. *J. Range Manage.* 33:410-414.
- Cararh L. 1996. Trace mineral requirements of grazing cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59:61.
- Catan A, Degano CAM. 2007, Composición botánica de la dieta de caprinos en un bosque del Chaco semiárido (Argenyina). *Quebracho* 14:15-22.
- Cerrillo-Soto MA, López O, Nevárez CG, Ramírez RG, Juárez RAS. 2006. Nutrient content, intake and in Vitro gas production of diets by spanish goats browsing a thorn shrubland in north mexico. *Small Rumin. Res.* 66:79-84.
- Coates, D.B., and P. Penning. 2000. Measuring animal performance. In tMannetje L., and R.M. Jones (eds.) *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. CAB International, Wallingford, UK. pp. 353-402.

- Coleman SW, Hart SP, Sahlu T. 2003. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. *Small Rumin. Res.* 50:128-140.
- Delgadillo J. 1998. Florística y ecología del norte de Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, BC, pp .255-265.
- Ellis WC, Bailey EM, Taylor CA. 1984. A silicone esophageal cannula; its surgical installation and use in research with grazing cattle, sheep or goats. *J Animal Sci.* 59:204-209.
- Estell RE, Fredrickson EL, Anderson DM, Mueller, Remmenga MD. 1994. Comparison of sheep and goat preferences for leafy spurge. *J. Range Manage.* 47: 429-434.
- Forbes JM.1995. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. CAB, Internatonal. Pp209.
- Franco-López J, de la Cruz A, Cruz-Gómez A, Rocha-Ramírez A, Navarrete-Salgado, N, Flores Martínez G, Kato Miranda E, Sánchez Colon S, Abarca Arenas LG, Bedia Sánchez CM. 2001. Manual de Ecología. Trillas, México, DF.
- Free PC, Sims PL, Hansen RM. 1971. Methods of estimating dry weight composition in diets of herbivores. *J Anim. Sci.* 32:1003-1008.
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analyses (aparutus, reagents procedures and some applications). *Agric. Handbook No. 379.* ARS USDA, Washintong, DC.
- Grings EE, Haferkamp MR, Heitschmidt RK, Karls MG. 1996. Minerals dynamics in forages of forages of the Northern Great Plains. *J. Range Manage.* 49:234.
- Grünwaldt GE, Sosa R. 1986. Construction of an inexpensive liquid resin esophageal cannula for goats. *J. Range Manage.* 39:93-95.

- Haenlein, G.F.W. and Ramírez, R.G. 2007. Potential mineral deficiencies on arid rangelands from small ruminants with special reference to Mexico. *Small Rumin. Res.* 68: 35:41.
- Hanse RM, Reid D. 1975. Diet overlap of deer, elk, and cattle in southern Colorado.
- Hart RD. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Serie de materiales de enseñanza. No. 1: 160 p. C. A. T. I. E., Turrialba Costa Rica
- Heady HF, Van Dyne GM. 1965. Prediction of weight composition from point samples on clipped herbage. *J. Range Manage.* 18:144-149.
- Heady HF. 1996. Rangeland resource. In: *Rangeland wildlife*, Krausman P.A. (eds). Society for Range Management, Denver, Col.
- Holechek JL, Vavra M, Pieper RD. 1982a. Methods for determining the nutritive quality of range ruminants diets: a review. *J. Anim. Sci.* 54:363-376.
- Holechek JL, Vavra M, Pieper RD. 1982b. Botanical composition determination of range herbivore diets: Review. *J. Range Manage.* 35:309-315.
- Holechek, JL, Gross BD. 1982. Training needed for quantifying simulated diets from fragmented range plants. *J. Range Manage.* 35:644-647.
- INEGI. 1996. Estudio hidrológico del Estado de Baja California Sur. Instituto nacional de Estadística e Informática. Aguascalientes. México.
- Johnson MK. 1982. Frequency sampling for microscope analysis of botanical composition. *J. Range Manage.* 35:541-542.
- Juárez RAS, Montoya ER, Nevarez CG, Cerrillo SMA, Mould FL. 2004. *In situ* degradability of dry matter and neutral-detergent fiber of thorn scrubland forage consumed by goats in the semiarid-region of north México. *Anim. Sci.* 79: 505-511.

- Jung HG, Allen MS. 1995. Characteristic of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774-2790.
- Kronberg SL, Malechek JC. 1997. Relationships between nutrition and foraging behavior of free-ranging sheep and goats. *J. Animal Sci.* 75:1756-1763.
- Kruger SC. 1972. Evaluating animal forage preference. *J. Range Manage.* 25:471-475
- Laca EA, Lemaire G. 2000. Measuring sward structure. In: Field and laboratory methods for grassland and animal production research, Mannelje L't, Jones RM (eds). CAB International. New York, USA. Pp 103-122.
- Lachica M, Aguilera JF. 2003. Estimation of energy needs in the free-ranging goat with particular reference to the assessments of its energy expenditure by the ¹³C-bicarbonate method. *Small Ruminant Research.* 49: 303-318.
- Launchbaugh KL, Provenza Fd, Pfister JA. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. *J. Range Manage.* 54:431-440.
- León de la Luz J S, Coria R. 1992. Flora iconográfica de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C.
- López S, Dijkstra L, France J. 2000. Prediction of energy supply in ruminants, with emphasis on forages. In: Forage Evaluation in Ruminants Nutrition, Givens DJ, Owen E, Azford RFE, Omed HM (eds). CAB international. p. 63.
- López-Ceseña A. 2008. Composición nutritiva y digestión in situ de 13 especies preferidas por caprinos en un matorral sarcocauléscente. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- López-Trujillo R, Garcia-Elizondo R. 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. *Small Rumin. Res.* 16:37-47.

- Lu CD, Kawas JR, Mahgoub OG. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. *Small Rumin Res.* 60:45-52.
- Lusigi WJ, Nkurunziza ER, Masheti S. 1984. Forage preferences of livestock in the arid lands of northern Kenya. *J. Range Manage.* 37:542-548.
- MacPherson A. 2000. Trace-mineral status of Forages. In: Forage evaluation in ruminant nutrition. D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford, H. M. Omed (Ed.) CAB International, London. Pp. 345.
- Malechek JC, Leinweber CL. 1972. Chemical composition and in vitro digestibility of forage consumed by goats on lightly and heavily stocked ranges. *J animal Sci.* 35: 1014-1019.
- Mannetje LT, Jones RM. 2000. Grassland vegetation and its measurement. In: Field and laboratory methods for grassland and animal production research, Mannetje L't d Jones RM (eds). CAB International. New York, USA. Pp 1-13.
- McClaran MP. 1995. Desert grassland and desert. In: M. P. McClaran and T. R. van Devender (Ed.) *The Desert Grassland.* p 1. The University of Arizona Press, Tucson, TX.
- McDowell LR, Arthington JD. 2005. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. *Boletín.* Universidad de Florida. IFAS.
- McDowell LR, Conrad JH, Ellis GL. 1984. Problems and prospect. In Symposium on herbivore nutrition in subtropical and tropical. Gilchrist FCM, Mackie RI (eds). Pretoria, Sudafrica. P 67.
- McDowell LR, Valle G. 2000. Major minerals in forages. In: Forage evaluation in ruminant nutrition, Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM (eds). CAB International, London. Pp. 373.

- McDowell LR. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60:247.
- Mofareh MM, Beck RF, Schneberger AG. 1997. Comparing techniques for determining steer diets in northern Chihuahuan desert. *J Range Manage.* 50:27-32.
- Morand-Fehr P. 2003. Dietary choice of goats at the trough. *Small Ruminant Research* 49: 231-239.
- NRC, 1981. National Research Council. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical countries.* National Academy Press. Washington, DC.
- NRC, 2001. National Research Council. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle.* (7th Rev. Ed.) National Academy Press. Washinton, DC.
- NRC, 2007. National Research Council. *Nutrient Requirement of Small Ruminant. Sheep, goats, cervids, and new world camelids.* National Academy Press. Washinton, DC.
- Ørskov ER, McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J of Agriculture Sci. (Cambridge).* 92:499-504.
- Papachristou TG, Nastis N. 1993. Diets of goats grazing oak shrublands of varying cover in northern Grece. *J. Range Manage.* 46:220-226.
- Papacristou TG. 1997. Foraging behavior of goats and sheep on Mediterranean kermes oak shrublands. *Small Rumin. Res.* 24:85-93.
- Paterson JA, Belyea RL, Bowman JP, Kerley MS, Willians JE. 1994. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and

- performance. In Forage quality, evaluation and utilization, Fahey GC Jr (eds). ASA; CSSA;SSSA. Madison, Wisconsin, USA. P 59-63.
- Pelliza A, Willens P, Manacorda M. 2001. Dietary structural types of polygastric herbivores at different environments and seasons- *J. Range Manage.* 54:330-337.
- Peña NJM, Habid RdeP. 1980. La técnica microhistológica. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH. Serie Técnico-Científica Vol. I No 6.
- Pérez E C, Vázquez BR, García BC, García AC. 1998. Variation in nutritional quality and biomass production of semiarid grassland. *J. Range Manage.* 51:570-576.
- Pfister JA, Malechek C. 1986. The voluntary intake and nutrition of goats and sheep in the semi-arid tropic of northeastern Brazil. *J Animal Sci.* 63:1078-1086.
- Ramírez RG, Rodríguez A, Flores A, Carlos JL, García JG. 1990. Botanical Composition of Diets Selected by Range Goats in Northeastern Mexico. *Small Rum. Res.* 3:97-107.
- Ramírez RG, Loyo A, Mora R, Sanchez EM, Chaire A. 1991. Forage intake and nutrition of range goats in shrubland in northeastern Mexico. *J. Anim. Sci.* 69:879-885.
- Ramírez RG, Ríos E. Garza J. 1993. Nutritional profile and intake of forage grazed by Spanish goats in a semi-arid land. *J. Applied Animal Research*, 3:113-122.
- Ramírez RG, Neira-Morales RR, Ledezma-Torres RA, Garibaldi-González CA. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Rumin. Res.* 36:49-55.
- Ramírez-Lozano RG. 2008. Nutrición del Ganado caprino en pastoreo. Trillas. DF, México.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Gómez-Meza MV, Armenta-Quintana JA, Ramírez-Orduña JM, Cepeda-Palacios R, Ávila-Sandoval JM. 2003a. Seasonal Dynamics

- of Ruminant Crude Protein Digestion of Browse Species from Baja California Sur, Mexico. *Interciencia*. 28:408-414.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Gómez-Meza MV, Armenta-Quintana JA, Ramírez-Orduña JM, Cepeda-Palacios R, Ávila-Sandoval JM. 2003b. Seasonal dynamics of organic matter digestion in browse species from Baja California Sur, Mexico. *J. appl. Anim. Res.* 24:65-78.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, González-Rodríguez H, Haenlein W. 2005. Mineral content of browse species from Baja California Sur, Mexico. *Small Rumin. Res.* 57: 1-10.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Romero-Vadillo E, González-Rodríguez H, Armenta-Quintana JA, Avalos-Castro R. 2008. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Rumin. Res.* 76:166-176.
- Reed JD. 1986. Relationship among soluble phenolics, insoluble procyantonidins, soluble proantocyanidins and fiber in Este African. *J. Range Manage.* 39:5-7.
- Reid RL, Jung GA, Thayne WV. 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season and warm season forages: A retrospective study. *J. Anim. Sci.* 66:1275-1291.
- Reppert NJ. 1960. Forage Preference and grazing habits of cattle at the eastern Colorado Range Station. *J. Range Manage.* 16:58-62.
- Richman LM, Johnson DE. 1995. Diet selection by goats in the sagebrush steppe of eastern Oregon. *Small Rumin. Res.* 18:7-17.
- Rogosic J, Pfister JA, Provenza FD, Grbesa D. 2006. Sheep and Goat preference and nutritional value of Mediterranean maquis shrubs. *Small Rumin. Res.* 64:169-179.

- Rosa E, Haeney E. 1996. Seasonal variation in protein, mineral and glucosinolate composition of Portuguese cabbages and kale. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 57:111-117.
- Shannon CE. 1971. A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27:379-423.
- Silanikove N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin. Res.* 35:181-193.
- Slauson LA. 2002. Effects of fire on the reproductive biology of *Agave palmeri* (Agavaceae). *Madroño.* 49:1-11.
- Sousa JC. 1978. Interrelationships among mineral level in soil forage and animal tissue on ranches in Northern Mato Grosso, Brasil. Ph. D. Dissertation. University of Florida, EUA.
- Sparks DR, Malechek JC. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscope technique. *J. Range Manage.* 21:264-265.
- SPSS for Windows. Release 11.5.0. 2002. User's Manual.
- Squires VR. 1982. Dietary overlap between sheep, cattle, and goats when grazing in commun. *J. Range Manage.* 35: 116-119.
- Steel RGD, Torrie JH. 1989. *Bioestadística. Principios y procedimientos.* 2a. Edición. McGraw-Hill. D. F. México
- Taylor CA, Kothmann MM. 1990. Diet composition of angora in a short-duration grazing system. *J. Range Manage.* 46:123-126.
- Taylor CA, Merrill LB. 1986. Cattle, sheep, and goat production from fixed yearlong stocking rates. *Texas Agr. Exp. Sta. CPR-4416-4457.*

- Underwood EJ. 1999. The Mineral Nutrition of the Livestock. 2nd Ed. FAO-CAB. Aberdeen Scotland.
- Vallentine FJ. 2001. Grazing management. Academic Press. 2 Ed. London, UK.
- Van Dyne GM, Torrell DT. 1964. Development and use of the esophageal fistula. J. Range Manage. 17:7-19.
- Van Soest PJ, Robetson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583.
- Van Soest PJ. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Animal Sci. 26:119-128.
- Van Soest PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock – Cornell university Press.
- Vavra M, Holechek HC. 1980. Factors influencing microhistological analysis of herbivores diets. J. Range Manage. 33:371-374.
- Vavra RM, Rice W, Hansen RM. 1978. A comparison of esophageal fistula and fecal material to determine steer diets. J. Range Manage. 31:11-13.
- Waldo DR, Glenn BP. 1984. Comparison of new protein systems for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 67:1115
- Warren LE, Ueckert DN, Shalton M, Chamrad AD. 1984. Spanish goat diets on mixed-brush range-land in the south Texas plains. J. Range Manage. 37:340-342.
- Wegge P, Shrestha Ak, Moe SR. 2006. Dry season diets of sympatric ungulates in lowland Nepal: competitive and facilitation in alluvial tall grasslands. Ecol Res. 21:698-706.
- Weiss WP. 1993. Predicting energy values of feeds. J. Dairy Sci. 76: 1801-1811.

- Weiss WP. 1994. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In Forage quality, evaluation and utilization, Fahey GC Jr (eds). ASA; CSSA;SSSA. Madison, Wisconsin, USA. P. 644-681.
- Wenbin J, Zhihai J, Wei Z, Runlian W, Shiwei Z, Xiaoping Zhu. 2008. Effects of dietary zinc on performance, nutrient digestibility and plasma zinc status in Cashmere goats. *Small Rumin. Res.* 80:33-38.
- Whalley RDB, Hardy MB. 2000. Measuring botanical composition of grassland. In: Field and laboratory methods for grassland and animal production research. L. t. Mannelje
- Xu BC, Gichuki P, Shan L, Li FM. 2006. Aboveground biomass production and soil water dynamics of four leguminous forages in semiarid region, Norwest China. *South African J. of Botany.* 72:507-516.
- York D. 1997. A fire ecology study of Sierra Nevada foothill basaltic mesa grassland. *Madroño.* 44: 374-383.
- Zorrilla J. 1979. Determinación del consumo voluntario en condiciones de libre pastoreo. En: Manual de técnicas de investigación en nutrición de rumiantes. INIP-SARH.

RESUMEN CURRICULAR

José Ángel Armenta Quintanas

Candidato para el Grado de

Doctor en Ciencias con Especialidad en Alimentos

**Tesis: COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y QUÍMICA DE LA
DIETA DE CAPRINOS EN UN MATORRAL
SARCOCAULESCENTE EN BAJA CALIFORNIA SUR,
MÉXICO**

Fecha de nacimiento: 13 de diciembre de 1966.

Domicilio actual: Félix Ortega y Miguel Hidalgo # 1070, Col Centro, La Paz,

Baja California Sur, México, Teléfono 612 128 4769

Registro Federal de Causantes: AEQA121366BH2

CURP: AEQA121366BHSRNN09

Cédula profesional estatal: 107

Cédula profesional federal: 4029723

Formación académica

- | | |
|-----------|--|
| 1973-1980 | Escuela Primaria Federal "Gral. Venustiano Carranza", La Paz,
BCS |
| 1980-1983 | Escuela Secundaria Técnica No. 1. "Concepción Casillas
Seguame", La Paz, BCS. |
| 1982-1987 | Instituto Tecnológico de la Paz, La Paz, BCS |
| 1987-1992 | Estudios de Ingeniero Zootecnista en la Universidad Autónoma
de Baja California Sur, La Paz, BCS. |
| 1991-1992 | Servicio Social en la Posta Zootécnica del Departamento de
Zootecnia |

1999-2004 Maestría en Ciencias Zootécnicas en la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Experiencia profesional

1992-1993 Programa de sanidad animal dependiente de esta subdelegación de ganadería de la SAGARPA como inspector zoosanitario

1994-1996 Ayudante Académico en las materias de Nutrición Animal y Fisiología, en el Departamento de Zootecnia, UABCS

1997-2002 Encargado del Laboratorio de Nutrición Animal adscrito al departamento de Zootecnia en la UABCS

1997-2009 Profesor de asignatura de 10 horas en la Universidad Autónoma de Baja California Sur en el Área de Ciencias Agropecuarias dentro del Departamento de Zootecnia

Publicaciones referentes a la disertación

-Armenta-Quintana JA, Ramírez, RG, Ramírez-Orduña, R. 2009. Organic matter degradability of diets by range goats. *Journal of Animal Veterinary Advances* 8 (5): 825-828.

-Armenta-Quintana JA, Ramírez-Orduña, RG, Ramírez, R. 2009. Similarity indices of a saccaulescent scrubland and browsing goat diets in northwest Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (En Prensa)

Organic Matter Degradability of Diets by Range Goats

^{1,2}J.A. Armenta-Quintana, ²R.G. Ramirez and ¹R. Ramirez-Orduna

¹Department of Animal Science, Autonomous University of Baja California Sur,
La Paz, Baja California Sur, Mexico

²Department of Food, Faculty of Biological Sciences,
Autonomous University of Nuevo Leon, San Nicolas De Los Garza, Nuevo Leon, Mexico

Abstract: The rate and extent of organic matter digestion of range goat diets was seasonally estimated from August 2006 to May 2008 in a shrubland from Baja California, Sur, Mexico. Five esophageal cannulated adult female range goats (40 kg of BW) were used to collect extrusa samples. Nylon bags (5×10 cm and 50 µm of pore size) containing 5 g of each extrusa sample were incubated at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 h in the ventral part of the rumen of four ruminal fistulated goats that were browsing in the range with the herd. The soluble fraction of OM, the rumen degradable fraction, the rate constant and Effective Degradability of Organic Matter (EDOM) were significantly different among seasons; however, year effect and seasons x year interaction were not significant ($p>0.05$). It appeared that rainfall influenced positively EDOM because during summer and autumn (wet seasons), in both years, goats digested more dietary OM than in other seasons (dry months). Moreover, as dietary cell wall fractions increased (winter and spring), EDOM decreased. Results indicate that degradability of OM depicted a lower nutrient availability by range goats during the dry seasons.

Key words: Organic matter degradability, range goat diets, Northwest Mexico

INTRODUCTION

The *in situ* technique is an alternative method that closely simulates the rumen environment for a given feeding regimen. This method may provide information concerning the effective degradability of the chemical constituents of the feedstuff in the rumen (i.e., the estimated proportion of feed nutrients that can be degraded in the rumen). And may also, be a useful method to estimate energy digestibility of feedstuffs in the rumen (Gosselink *et al.*, 2004). Moreover, the nutritive value of forage is closely related to the rate of disappearance of material from the rumen (Dove and McCormack, 2008).

Baja California Sur, Mexico is considered as an extremely arid zone, 92% of its flora is composed by shrubs and 23% of these, are endemic species. Livestock production systems, in these areas, are based mainly on range goats and beef cattle and most farmers are traditional-smallholder; however, there is an extreme lack of information on the value of organic matter digestibility of diets by range goats. Consequently, the aim of this study, was to determine and compare seasonally the OM degradability characteristics of range goat diets during 2 consecutive years in scrubland from northwestern Mexico.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the ranch Palmar de Abajo (800 ha) located in La Paz, Baja California Sur, Mexico situated at 23°38' 40 north latitude and 110° 18 07 west longitude. It is 200 m over sea level. Vegetation is composed mainly by shrubs from 1-3 m and trees from four to 10 m of height. The climate of the region is arid with annual mean temperature of 21.2°C. The annual precipitation is about 182 mm, generally (80%) recorded from July through September. Rainfall and temperatures pattern from 1977-2002 are shown in Fig. 1. The main soils are of the type alkaline, regosol, eutric and calcareous, which are very permeable. The state of Baja California Sur is located in a subtropical zone, which is characterized by a very dry and warm weather BWhw, with rains during summer and early autumn; however, rainfall may occur winter (Ramirez-Orduna *et al.*, 2003).

From August 2006 to May 2008, 5 esophageal cannulated adult female range goats (40 kg of BW) were used to collect extrusa samples. Collections were carried out in summer (9-13 August) and autumn (29 November to 3 December) of 2006, winter (20-24 February), spring (29 April to 5 May), summer (10-15 September), autumn (4-8 December) of 2007 and in winter (20-25 February) and

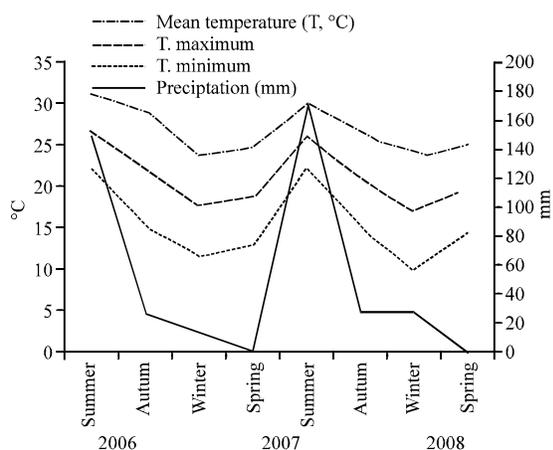


Fig. 1: Means of seasonal precipitation (mm), mean, maximum and minimum air temperature (°C) from 1977-2002 at Todos Santos meteorological station, Baja California Sur, Mexico

spring (9-13 May) of 2008. In each collection period, animals were sampled during six consecutive days; first 3 days at 08:00 and the rest at 17:00 h. Goats were fitted with canvas collection bags with screen wire bottoms and allowed to graze freely during 45 min. After collection, animals were allowed to browse freely with the herd and at the end of the day were confined in corral overnight for fasting. Goats remained with the herd the rest of the year and were treated the same way. Fistula extrusa samples were mixed thoroughly by hand, placed in plastic bags and frozen (-4°C). Subsequently, samples were thawed and pooled across the 6 days collection period for each animal. Later, samples were partially dried in a forced-air oven at 55°C for 72 h, ground to pass a 1 mm screen in a Wiley mill to reduce all plant fragments to a uniform size, Two subsamples were taken and stored in plastic containers for *in situ* digestibility analyses.

The rate and extent of digestion of organic matter was estimated by incubating nylon bags (5×10 cm of size with a pore size of 50 µm; ANKOM Technology, Macedon NY, USA), containing 5 g of each extrusa sample. Bags were incubated at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 h in the ventral part of the rumen of 4 ruminal fistulated goats that were browsing in the range with the herd. During each incubation period, the bags were placed into the rumen at once. After withdrawal, bags were placed in polyethylene bags and washed several times until the rinsing water was clear. The bags were dried in a convection oven during 24 h at 55°C and stored in plastic containers until ash analyses were performed. The OM bag losses were estimated by weight change of nylon bags before and after washing and disappearance of OM for each incubation time was calculated by:

$$\text{OM disappearance (\%)} = \frac{\text{Initial OM} - \text{final OM}}{\text{Initial OM}} \times 100$$

Digestion characteristics of OM were obtained by fitting data to the equation (Orskov and Shand, 1997):

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

where:

- a = Represents the immediately soluble fraction
- b = The insoluble but slowly rumen degradable fraction
- a+b = The potential degradation
- c = The rate constant of degradation of b
- t = The time of incubation

Effective Degradability of OM (EDOM) was calculated by the following equation:

$$\text{EDOM} = (a+b)c / (c+k) (e^{-ct})^{LT}$$

assuming a rumen out flow rate of 5% hG¹. Data were statistically analyzed using a factorial design of A × B where A were years (2) and B seasons (4). Mean differences were separated using Tukey's test. Simple linear correlation coefficients were performed between chemical composition of diet selected by goats reported by Armenta-Quintana (2008), rainfall, air temperature and *in situ* digestibility parameters and EDOM (Cody and Smith, 1997).

RESULTS AND DISCUSSION

The soluble fraction of OM, the rumen degradable fraction, the rate constant and EDOM were significantly different among seasons; however, year effect and seasons x year interaction were not significant (p>0.05; Table 1).

It appears that rainfall influenced positively EDOM (Table 2) because during summer and autumn (wet seasons), in both years, goats digested more OM than in other seasons (Table 1).

Similarly, Ramirez-Orduna *et al.* (2008) reported that OM digestibility of goat diets was also, higher during wet seasons and diets were composed mainly by browse plants. In addition, higher degradability of nutrients during wet seasons was reported by Juarez *et al.* (2004) and Cerrillo *et al.* (2006) in diets selected by range goats in shrublands of north Mexico.

However, Ramirez-Orduna *et al.* (2003) reported a lower EDOM during spring and summer in individual

Table 1: *In situ* digestibility parameters a, b, c and effective degradability of organic matter by range goat diets in a shrubland of Baja California, Sur, Mexico

Years	Seasons	a (%)	b (%)	c (hG ¹)	EDOM ¹
1	Summer	23.4±2.1 ^{bc}	48.4±2.1 ^d	0.13±0.01 ^b	58.2±3.2 ^d
	Autumn	17.2±0.8 ^a	40.1±1.1 ^{bc}	0.12±0.01 ^{ab}	45.2±1.0 ^{bc}
	Winter	18.8±0.7 ^a	38.8±2.2 ^{bc}	0.08±0.01 ^{ab}	45.6±1.8 ^{bc}
	Spring	20.7±0.4 ^{ab}	31.0±1.4 ^a	0.10±0.01 ^{ab}	41.0±1.2 ^{ab}
	Mean	20.1±0.6	39.0±1.3	0.12±0.01	47.1±1.4
2	Summer	25.4±0.7 ^c	47.9±0.9 ^d	0.11±0.02 ^{ab}	51.5±0.8 ^{cd}
	Autumn	20.2±1.1 ^{ab}	45.8±1.0 ^{cd}	0.11±0.01 ^{ab}	48.6±1.4 ^c
	Winter	20.0±0.7 ^{ab}	33.8±2.1 ^{ab}	0.07±0.01 ^a	37.7±1.4 ^a
	Spring	18.7±0.7 ^a	35.3±1.3 ^{ab}	0.10±0.02 ^{ab}	46.2±1.6 ^{bc}
	Mean	21.2±0.5	40.4±1.1	0.09±0.02	46.0±0.9
Total mean		20.8±0.4	39.9±0.8	0.10±0.02	46.4±0.8
Effects					
Year (A)		ns	ns	ns	ns
Season (B)		***	***	***	***
A × B		ns	ns	ns	ns

^{a,b,c,d}Means and standard deviations in a column with different letter superscripts are different (p<0.05). ¹EDOM = effective degradability of organic matter assuming a rumen out flow rate of 5% hG¹, ***(p<0.001); ns = not significant

Table 2: Simple linear correlation coefficients between chemical composition of goat diets and *in situ* digestibility parameters and Effective Degradability of Organic Matter (EDOM) and precipitation and temperature

Concept	a	b	c	EDOM
Neutral detergent fiber	-0.37**	-0.66***	-0.30*	-0.79***
Acid detergent fiber	-0.37**	-0.68***	-0.35**	-0.87***
Hemicellulose	0.06	0.06	0.11	0.19
Lignin	-0.28*	-0.43**	-0.25	-0.57***
Cellulose	-0.22	-0.50***	-0.22	-0.62***
Crude protein	0.19	0.21	-0.07	0.19
Metabolizable energy	0.26	0.30*	0.32*	0.53***
Precipitation	0.51***	0.11	0.27	0.55***
Temperature	0.21	0.22	0.11	0.23

* (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001)

forage species collected by hand clipping on a similar rangeland from Baja California, Sur enhancing the opportunistic selective grazing behavior of range goats (Ramirez-Orduna *et al.*, 2008).

In this study, as dietary cell wall fractions (NDF, ADF, Lignin and cellulose) increased, EDOM decreased (Table 2).

Negative correlations between cell wall constituents and ruminal digestion parameters may indicate the detrimental effect such compounds exert on OM digestion of goats.

Similarly, Ramirez-Orduna *et al.* (2003) reported that EDOM and non structural carbohydrates content decreased when cell wall components were increasing at the time of crop maturity; moreover, lignin content appear to be the most important component limiting EDOM. Cerrillo *et al.* (2006) also found negative correlation between fiber fractions and digestibility of diets of goats browsing on a shrubland of north Mexico.

Moreover, Papachristou and Nastis (1993) reported that the poorly digestible compounds of diets selected by goats such as NDF and lignin negatively affect digestibility.

Results obtained in this study also, indicate that degradability of OM depicted a lower nutrient availability during the dry seasons; thus, OM at this point may be used to identify differences among forages consumed by grazing goats throughout the year. Conversely, high EDOM during the summer months, in both years, may indicate that goats had a good nutrient intake to maintain productivity (Ramirez *et al.*, 2000).

CONCLUSION

The data suggests that OM degradability may be used to identify differences in seasonal diets consumed by browsing goats throughout the year. Due to the fact that goats were managed under a traditional extensive system where land is of communal use and shared with other range animals and that grazing areas with highest forage availability were always selected by the shepherd, results from the present study cannot be directly extrapolated to different practical conditions.

REFERENCES

- Armenta-Quintana, J.A., 2008. Botanical Composition and Nutritive Value of Diets by Range Goats in a Shrubland at Baja California Sur, Mexico. Ph.D. Thesis. Biological Science Department, Autonomous University of Nuevo Leon, San Nicolas, N.L., Mexico. pp: 56-59.
- Cerrillo, M.A., O.O. Lopez, C.G. Nevarez, R.G. Ramirez and R.A.S. Juarez, 2006. Nutrient content, intake and *in vitro* gas production of diets by Spanish goats browsing a thorn shrubland in North Mexico. Small Rumin. Res., 66: 76-84. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.025. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC5-4H87GGJ-2.
- Cody, R.P. and J. Smith, 1997. Applied Statistics and the SAS Programming Language. 4th Edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey USA, pp: 445. ISBN: 978-0-13-146532-9. <http://ftp.sas.com/samples/A55984>.
- Dove, H. and H.A. McCormack, 2008. Estimation of the ruminal degradation of forage rape after incubation in nylon bags in the rumen of sheep. Grass and For. Sci., 41: 129-136. DOI: 10.1111/j.1365-2494.1986.tb01797.x. <http://www3.interscience.wiley.com/journal/120026553/abstract>.

- Gosselink, J.M., J.P. Dulphy, C. Poncet, M. Jailler, S. Tamminga and J.W. Cone, 2004. Prediction of forage digestibility in ruminants using *in situ* and *in vitro* techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 115: 227-246. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2004.01.008. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T42-4C09K8P-2.
- Juarez, R.A.S., E.R. Montoya, C.G. Nevarez, S.M.A. Cerrillo and F.L. Mould, 2004. *In situ* degradability of dry matter and neutral-detergent fibre of thorn scrublands forage consumed by goats in the semi-arid region of north Mexico. *Anim. Sci.*, 79: 505-511. http://www.bsas.org.uk/Publications/Animal_Science/2004/Volume_79_Part_3/505/.
- Orskov, E.R. and W.J. Shand, 1997. Use of the nylon bag technique for protein and energy evaluation and for rumen environment studies in ruminants. *Livest. Res. Rural Dev.*, 9: 1-10. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/1/orskov.htm>.
- Papachristou, T.G. and A.S. Nassis, 1993. Nutritive value of diet selected by goats grazing on kermes oak scrublands with different shrub and herbage cover in northern Greece. *Small Rumin. Res.*, 12: 35-44. DOI: 10.1016/0921-4488(93)90036-H. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC5-49NY1JC-53.
- Ramirez, R.G., R.R. Neira-Morales, R.A. Ledezma-Torres and C.A. Garibaldi-Gonzalez, 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Rumin. Res.*, 36: 49-55. DOI: 10.1016/S0921-4488(99)00113-3. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC5-3YJ9X7W-7.
- Ramirez-Orduna, R., R.G. Ramirez, E. Romero-Vadillo, H. Gonzalez-Rodriguez, J.A. Armenta-Quintana and R. Avalos-Castro, 2008. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulous shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Rumin. Res.*, 76: 166-176. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2007.12.020. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC5-4RRXJ9M-1.
- Ramirez-Orduna, R., R.G. Ramirez, M.V. Gomez-Meza, J.A. Armenta-Quintana, J.M. Ramirez-Orduna, R. Cepeda-Palacios and J.M. Avila-Sandoval, 2003. Seasonal dynamics of organic matter digestion in browse species from Baja California Sur, Mexico. *J. Applied Anim. Res.*, 24: 65-78. <http://www.angelfire.com/journal2/jaar/september2003.htm#Seasonal%20Dynamics>.



9th International Conference on Goats
www.igamexico.com
XXIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura



ACCEPTANCE LETTER

Ref. IGA08ENV-07

Dear Author,

We are pleased to inform you that your abstract entitled

Similarity indices of a sarcocaullescente scrubland and browsing goat diets in northwest Mexico.

Has been selected for an oral presentation.

Please take into account that your talk can last 15 minutes (3 minutes discussion included).

The exact presentation date is Thursday 4th of September 2008. The exact time will be announced in the website and in the final program which will be delivered to you at the information desk.

May we also ask you to have a close look at the guidelines for audio-visual presentations that will be available shortly in the website. You are also invited to submit a short communication of your work for a special issue of the Tropical and Subtropical Agroecosystems Journal. Author's guidelines are those of The Small Ruminant Research Journal:

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/503317/authorinstructions

Please inform us as soon as possible who will give the presentation during the Conference. We do need the registration form of the presenter before Jun 15, 2008. If not, the abstract will not be included into the abstract book.

May we please ask you, in case you send us an e-mail, to use the reference (see above) of this letter in order to facilitate the processing.

Yours sincerely,

Felipe Torres Acosta
Scientific Committee

Registration & Payment: <https://www.ssturycon.com.mx/IGA2008/>

Hotel reservation: <http://www.turycon.com.mx/congresos/iga2008/index.php>

1 **Ref. IGA08ENV-07**

2 **Similarity indices of a sarcocaulis scrubland and browsing goats diet in**
3 **northwest Mexico**

4 Armenta-Quintana, J. A.^{1,2}, Ramírez-Orduña, R.¹, Ramírez, R.G.², Hernández C.H.E.¹,

5 Ramírez-Orduña J. M.¹, Cepeda-Palacios, R.¹

6 ¹Departamento de zootecnia, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Apartado

7 Postal 676, La Paz Baja California Sur. 2300, México. E-mail: jarmenta@uabcs.mx

8 ²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal

9 142, Sucursal F, San Nicolás de los Garzas, N. L. 66450, México. E-mail:

10 roqramir@gmail.com

11 Correspondence autor: E-mail: jarmenta@uabcs.mx

12 **Abstract**

13 The extent of vegetation used by free browsing goats on a rangeland is a practical measure

14 to determine rangeland productivity and may be measured by the similarity indices between

15 the botanical composition of diet and the rangeland. The aims of this study were to evaluate

16 and compare, seasonally the similarity indices of forage species and goats diets under the

17 Sonoran desert conditions. Samplings were carried out in summer and autumn of 2006,

18 and winter 2007 in a 200-ha rangeland with an animal density of 0.13 to 0.36

19 individuals/ha. Twenty two fixed transects (30 m long) distributed randomly were used to

20 measure the botanical composition and importance value (IV) for plant types by the line-

21 intercept method. Identified species were classified as non legumes trees and shrubs

22 (NLTS), legumes trees and shrubs (LTS), cacti, forbs, agaves and grasses. Five castrated

1 Creole-Nubio goats (29 kg of BW) provided with esophageal fistula were used to obtain
2 diet samples and determine botanical composition of diets by microhistological analyses.
3 Botanical composition of diet (A) and IV values (B) were used to calculate the similarity
4 indices (SI) according to $S = 2(W)(100)/A+B$, being W the lower value between A and B.
5 Sixty plant species were founded in the study area, but only 23 species were in diet of
6 goats. Similarity indices indicated that NLTS were more utilized in all seasons than other
7 plant types. The SI between seasons indicated a gradient of forage utilization in the
8 following order ($P<.05$): In summer; forbs (87.3) > NLTS (70.2) > LTS (39.1) > cactus
9 (0.0) = grasses (0.0), in autumn; cactus (85.9) > NLTS (85.6) > forbs (77.1) > LTS (73.3) >
10 grasses (6.9) and in winter LNTS (88.8) > LTS (88.0) > grasses (87.4) > forbs (70.8) >
11 cactus (53.3). Goats utilized only 30% of the vegetation on rangeland in all seasons and
12 showed light change in their forage utilization pattern because of the opportunistic feeding
13 behavior of these animals; however they maintain a high utilization on shrubs and trees.

14

15 **Keywords:** Range goats; forage utilization, similarity indices, sarcocauliscent; northwest
16 Mexico

17

18 **1. Introduction**

19 The need to study range ecological association on a quantitative basis has long been
20 recognized (Bonham, 1982). The diet of livestock is a result from the complex interaction
21 between available forage and animal species (Ramírez, 1999). However, in some parts of
22 the world, grazing is applied in most regions without established principles of proper

1 utilization (Papachristou *et al.*, 2005). Baja California Sur, Mexico is part of the Sonoran
2 Desert, considered as an extremely arid zone (FAO, 1987), about 92% of its flora is
3 composed of shrubs and 23% of these are endemic species (Wiggins, 1980). The vegetation
4 is characterized by trees with trunks of exaggerated diameter, including *Bursera* and
5 *Jatropha* genera, although these striking tree are, in their abundance, distinctive of the area,
6 they are actually outnumbered by *Olneya*, *Cercidium*, *Fouquieria* and *Prosopis* genera and
7 by small-leaved shrubs Most of the farmers of the region are traditional smallholder. This
8 system is characterized by a very low animal density (0.13-0.39 individual/ha), severe and
9 prolonged drought period, continuing low per-animal performance and uneconomical
10 production. Farmers are unlikely to build fences for handling livestock or to buy
11 supplementary feed to increase animal production, they have traditionally used shrub and
12 tree fodders to feed their animals on the basis experience and convenience as a practical
13 means of rearing animals (Monroy *et al.*, 2003). However, information of species utilized
14 by range ruminants on these sarcocaulous scrublands throughout the year is sparse. The
15 objective of this study was to determine and compare seasonally the use of plant species
16 and plant types by range goats.

17

18 **2. Materials and methods**

19 The study was conducted on the ranch "Palmar de en Medio" (200 ha) located in La
20 Paz, Baja California Sur, Mexico at 23°38'03" north and 110°17'07" west longitude
21 (DGETENAL, 1980), 146 m over sea level. Vegetation is composed mainly of shrubs from
22 1 to 3 m, and trees from 4 to 10 m of height (León de Luz y Coria, 1992). The climate of

1 the region (BWhw) is extremely arid with annual mean temperature of 21.6°C. Annual
2 precipitation is about 168.6 mm, occurring mainly from July through October. Rainfall and
3 temperature patterns were taken from the Todos Santos meteorological station from 1961-
4 2003 (INIFAP, 2006). The main soils are of the type alkaline, regosol, eutric and calcareous
5 which are very permeable (Flores, 1998).

6 Vegetation measurements were carried out on a rangeland of 200 ha in summer and
7 autumn of 2006, and in winter of 2007, Twenty two fixed transects (30 m long)
8 permanently established and distributed randomly were used to measure the botanical
9 composition of the study area by the line-intercept method (Whalley and Hardy, 2000;
10 Franco-Lopez et al., 2001). With a line transects individuals and species touching the tape
11 or string were recorded and the lengths of the intercept occupied by individuals touching
12 the line were recorded (Whalley and Hardy, 2000; Franco-Lopez *et al.*, 2001). Individuals
13 of each species were identified and measured to classify them as non legumes trees and
14 shrubs (NLTS), legumes trees and shrubs (LTS), cacti, forbs and grasses. Relative
15 frequencies of occurrence, relative density, relative canopy cover were determined. The
16 mean of these three values were considered as the importance value (IV) for each plant type
17 in the area study (Whalley and Hardy, 2000; Franco-Lopez *et al.*, 2001). Proportional IV
18 (percent of each species from the total IV) for each specie was computed to be used in the
19 determination of the similarity indices.

20 Five castrated creole-nubio goat (29 kg of BW) provided with esophageal cannulae
21 were used to obtain esophageal extrusa samples and determine botanical composition of
22 diet by microhistological analyses (Sparks and Malechek, 1968). As a separate data

1 collections, leaves and fruit of all plants encountered within a 20 m perpendicular to
2 transects but not on the transect were collected and slides prepared as a reference for plant
3 identification in esophageal samples. Calculated relative frequency for each species was
4 converted to relative density using the formulae $F = 1 - e^{-x}$ where F is frequency and x is
5 the density, solving for x the percent for each species in the diet was calculated (Johnson,
6 1982), then plant were classified as one of the five types considered for the determination
7 of the IV in the study area.

8 Botanical composition of diet (A) and proportional IV values (B) were used to
9 calculate the similarity indices (SI) according to Kulczknski's similarity index (Mannetje,
10 2000), using the formula $SI = 2(W)(100) / A + B$, being W the lower value between A and
11 B. Low SI indicate complete lack of similarity (there are no common species or values) and
12 this may be due to a high preference or reject of a specie or plant type, whereas a high SI
13 indicate complete similarity (all species or values are common) and that a plant type or
14 specie is used according to their availability (Ratliff, 1993). To determine the effect of
15 season on botanical composition of diet and similarity indices, an analysis of variance was
16 performed. All test were performed with alfa = 0.05.

17

18

19 **3. Results and discussion**

20 Similarity indices between the botanical composition of the area and diet were
21 different ($P < 0.05$) among seasons being higher in winter than in other seasons (Table 1). In
22 all seasons NLTS were constantly and represented the most important plant type in the area

1 across seasons (Table 1). Moreover, NLTS were in a higher proportion of diet than other
2 plant type in all seasons; their proportion in diet was higher in summer and their similarity
3 indices were lower in this season because animals selected this plant type in a higher
4 proportion than their availability (Table 1).

5 The LTS and cacti had a constant IV throughout the seasons. During winter LTS
6 increased their proportion in diet of goats, and their SI was increased. Similarly cacti were
7 included in a higher proportion in autumn and the SI was higher in this season, both plant
8 types increased their SI because their consumption was closer to their availability (Table 1).
9 Ramírez-Orduña *et al.* (2008) also reported that during autumn and winter cacti were
10 utilized in lower proportions; whereas, Ramírez *et al.* (1993) reported that cacti were not
11 utilized by goats on a rangeland at northeastern Mexico.

12 In autumn grasses had a higher IV and were not included in the diet of goats in
13 summer, but in autumn and winter were in a constant proportion of diet; however, their SI
14 was low in autumn because of a high availability but low utilization; whereas, in winter the
15 SI was of high availability and decrease without a significant variation in consumption
16 (Table 1). Ramírez-Orduña *et al.* (2008) on a similar sarcocaulous scrubland found that
17 grasses were not preferred by goats. Ramírez *et al.* (1993) founded that only 5 species of
18 grasses were used of a total of 12.

19 Forbs had a higher IV and SI in summer and decreased by winter even when they
20 were in a higher proportion in diet during autumn, indicating that animals selected this
21 plant type in proportion of their availability. Ramírez-Orduña *et al.* (2008) and Ramírez *et*

1 *al.* (1993) reported that during summer, autumn and winter forbs were the second plant type
2 utilized by goats on rangelands of northwestern and northeastern Mexico, respectively.

3 Thirty three plant species were identified in goat diets: 13 NLTS (out of 34), seven
4 forbs (out of 16), seven LTS (out of 13), five grasses (out of 10) and only one cacti (out of
5 6); however, LTS, grasses and cacti were included in goat diets only in autumn and winter;
6 whereas, NLTS and forbs were included in all seasons (Tabla 2). The NLTS species:
7 *Adelia virgata* and *Ambrosia magdalena* and the forb *Amaranthus palmeri* represented at
8 least 50 % of the diet in all seasons. The LTS: *Prosopis sp.*, the grass: *Aristida californica*
9 and the cacti: *Opuntia cholla* were in higher proportion within their plant type and together
10 represented at least 15% of the diet in autumn and winter. These results are in agreement
11 with those reported by Ramírez-Orduña *et al.* (2008) and Ramírez *et al.* (1993), who found
12 than only a small group of species was highly preferred throughout the seasons and this
13 preference was more dependent on the specific species than the plant type. Consistently
14 with Silanikove (2000) NLTS and LTS represented more than 50% of the diet selected by
15 goats as a mean of preserve their acclimatization to a tannin rich food.

16

17

18 **4. Conclusion**

19 Results showed a change in selectivity by goats and the opportunistic feeding
20 behavior of these animals. Only a small group of species was highly preferred but this
21 preference was more dependent on specific species than plant type.

22

1 **References**

- 2 Bonham, C.D. 1982. A dissimilarity coefficient and its use. *J. Range Manage.* 38: 90-92.
- 3 DGETENAL. 1980. Dirección General del Territorio Nacional. Carta geográfica El
4 Rosario. 1:50 000 F12B33.
- 5 FAO, 1987. Committee on Agriculture (Ninth Session). Improving Productivity of Dryland
6 areas. FAO, Rome, pp. 353-375.
- 7 Flores, E.Z. 1998. Geosudcalifornia, Geografía, agua y ciclones. Universidad Autónoma de
8 Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México, pp. 126-135.
- 9 Franco-López, J. de la Cruz, A., Cruz-Gómez, A., Rocha-Ramírez A., Navarrete-Salgado,
10 N., Flores Martínez, G., Kato Miranda, E., Sánchez Colon, S., Abarca Arenas, L.G.,
11 Bedia Sánchez, C.M. 2001. Manual de Ecología. Trillas, México, DF.
- 12 INIFAP, 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Baja California Sur
13 (periodo 1961-2003). Centro de investigación regional del Noroeste. Libro técnico
14 No. 2. P, 220-221.
- 15 Johnson, M. K. 1982. Frequency sampling for microscope analysis of botanical
16 composition. *J. Range Manage.* 35:541-542.
- 17 León de la Luz, J. S. y R. Coria. 1992. Flora iconográfica de Baja California Sur. Centro de
18 Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C.
- 19 Mannetje, L. 2000. Measuring biomass of grassland vegetation. In: L.´t Mannetje and
20 Jones, R.M. (eds.) *Field Laboratory Methods for Grassland and animal Production*
21 *Research.* CABI Publishing. pp. 151-177.

- 1 Monroy, C.A. Armenta, Q.J.A., Armenta Q.E., Monroy, C.M.A, Cisneros, D.A.M., Anaya,
2 S.G., Rodriguez, R.S.A. 2003. Current situation of goat production in Baja
3 California Sur. II. Production aspects and organization. XVIII Reunion Nacional de
4 Caprinocultura, Puebla, Pue. México.
- 5 Papachristou, T.G., Luthando. E. D., Provenza, F.D. 2005. Foraging ecology of goats and
6 sheep on wooded rangeland. *Small Rumin. Res.* 59:141-156.
- 7 Ramírez, R.G. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under
8 extensive management conditions. *Small Rumin. Res.* 34:215-230.
- 9 Ramírez, R.G., J.G. Saucedo, J.A. Narro, J. Aranda. 1993. Preference Indices for Forage
10 Species Grazed by Spanish Goats on a Semiarid Shrubland in Mexico. *J. Appl.*
11 *Anim. Res.* 3:55-66.
- 12 Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, E. Romero-Vadillo, H. González-Rodríguez, J.A.
13 Armenta-Quintana, R. Avalos-Castro. 2008. Diet and nutrition of range goats on a
14 sarcacaulescent shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Rumin Res.*
15 76:166-176.
- 16 Ratliff, R.D. 1993. Viewpoint: Trend assessment by similarity-a demonstration. *J. Range*
17 *Manage.* 46:139-141.
- 18 Silanikove, N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments.
19 *Small Rumin. Res.* 35, 181–193.
- 20 Sparks, D. R. and J.C. Malechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a
21 microscope technique. *J. Range Manage.* 21:264-265.

- 1 Whalley, R.D.B., Hardy, M.B. 2000. Measurement botanical composition of grassland. In:
 2 Mannetje L. 't., Jones, R. M. (Eds.), Field and laboratory methods for grassland and
 3 animal production research, CAB International. Wallingford, Oxon, OX108DE, UK.
 4 Wiggins, I.L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press, CA, EUA.

5

6 Table 1

7 Importance value, botanical composition and similarity indices of plant type on a sarcocauliscent shrubland

8

Item	2006		2007
	Summer	Autumn	Winter
Importance Value			
Non legume trees and shrubs	31.7	26.7	30.4
Forbs	23.4	18.3	16.2
Legume trees and shrubs	17.5	16.3	17.7
Cacti	15.9	14.2	15.6
Grasses	10.7	23.8	19.2
Botanical composition			
Non legume trees and shrubs	84.2 ± 1.0 ^b	51.4 ± 1.0 ^{a,y}	58.4 ± 1.5 ^{a,y}
Forbs	13.9 ± 1.0 ^{da}	26.4 ± 1.0 ^{a,xy}	11.3 ± 1.2 ^{a,x}
Legume trees and shrubs	3.9 ± 0.3 ^a	6.9 ± 0.8 ^{ab,x}	17.0 ± 1.0 ^{b,x}
Cacti		13.0 ± 1.1 ^x	4.5 ± 1.4 ^x
Grasses		8.8 ± 1.4 ^x	9.8 ± 1.2 ^x
Similarity Indices			
General	62.6 ± 1.6 ^a	74.3 ± 0.9 ^a	83.5 ± 1.1 ^a
Non legume trees and shrubs	70.2 ± 1.1 ^{a,y}	85.6 ± 0.8 ^{b,y}	88.8 ± 1.8 ^{b,x}
Forbs	87.3 ± 1.2 ^{a,y}	77.1 ± 1.9 ^{a,y}	70.8 ± 1.4 ^{a,x}
Legume trees and shrubs	39.1 ± 1.9 ^{a,x}	73.3 ± 0.9 ^{ab,y}	88.0 ± 1.3 ^{b,x}
Cacti		85.9 ± 1.2 ^{b,y}	53.3 ± 1.0 ^{a,x}
Grasses		6.9 ± 1.1 ^{a,x}	87.4 ± 1.2 ^{b,x}

9

10 ^{a,b}Means and standard deviation within rows for each variable with different letters differ by season (P <0.05)11 ^{x,y}Means and standard deviation within columns for each variable with different letters differ by type plant (P

12 <0.05)

13

1 Table 2
 2 Botanical composition of goat diets by species and plant type on a sarcocaulis scrubland
 3

Specie	2006		2007
	Summer	Autumn	Winter
Non legume trees and shrubs			
<i>Adelia virgata</i>	48.1 ± 1.4 ^b	5.8 ± 1.5 ^a	12.4 ± 1.1 ^a
<i>Ambrosia magdalena</i>	25.7 ± 1.1 ^a	36.2 ± 1.6 ^a	31.5 ± 1.4 ^a
<i>Ruellia peninsularis</i>	8.2 ± 1.9	5.6 ± 0.9	na
<i>Lysium torreyi</i>	3.6 ± 1.3 ^a	2 ± 1.0 ^a	1.8 ± 1.3 ^a
<i>Hymenoclea monogyra</i>	1.3 ± 0.03	1.5 ± 0.0	na
<i>Colubrina glabra</i>	1.3 ± 0.0	1.5 ± 1.0	na
<i>Lippa palmeri</i>	1.3 ± 0.0	na	na
<i>Melochia tomentosa</i>	na	2.5 ± 0.7	na
<i>Erythea brandegeei</i>	na	0.4 ± 0.0	na
<i>Sapium biloculare</i>	na	0.7 ± 0.0	na
<i>Manguijera indica</i>	na	na	12.7 ± 1.5
<i>Bourreria sonora</i>	na	na	9.5 ± 0.0
<i>Fouquieria diguetii</i>	na	na	3.2 ± 0.2
Forbs			
<i>Amaranthus palmeri</i>	11.4 ± 0.2 ^a	14.8 ± 0.7 ^a	6.9 ± 1.5 ^a
<i>Solanum hindsianum</i>	4.8 ± 0.9	7.3 ± 1.0	na
<i>Antigonon leptopus</i>	na	3.6 ± 0.7	na
<i>Ambrosia psilostachya</i>	na	2.0	na
<i>Porophyllum gracile</i>	na	0.7	na
<i>Chenopodium murale</i>	na	na	2.7
<i>Euphorbia polycarpa</i>	na	na	1.7
Legume trees and shrubs			
<i>Prosopis articulata</i>	3.9 ± 0.6 ^a	2.5 ± 0.9 ^a	4.7 ± 1.3 ^a
<i>Pithecellobium confine</i>	na	1.4 ± 0.6	7.5 ± 0.6
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	na	1.4 ± 0.7	1.3 ± 1.1
<i>Acacia farnesiana</i>	na	1.0 ± 0.4	2.8 ± 1.8
<i>Cercidium floridum</i>	na	0.7 ± 0.02	2.3 ± 1.0
<i>Mimosa xantii</i>	na	1.1 ± 0.0	0.0
<i>Acacia peninsularis</i>	na	0	1.7 ± 0.4
Grasses			
<i>Aristida californica</i>	na	7.6 ± 1.4	6.5 ± 1.8
<i>Eragrostis pilosa</i>	na	5.9 ± 0.0	na
<i>Chloris gayana</i>	na	1.2 ± 0.4	1.6 ± 0.1
<i>Cenchrus palmeri</i>	na	1.5 ± 1.0	2.6 ± 0.4
<i>Sporobolus airoides</i>	na	na	1.1 ± 0.5
Cacti			
<i>Opuntia cholla</i>	na	12.9 ± 0.5	4.4 ± 0.7

4
 5 ^{a,b} Means and standard error in rows for each variable with different letters differ by season (P <0.05)
 6