

01673



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

9  
2er.

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE  
*Atriplex canescens* SOBRE LA CINETICA RUMINAL  
Y DIGESTIBILIDAD EN BORREGOS.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN PRODUCCION ANIMAL:

**NUTRICION**

P R E S E N T A :

**LEONOR SANGINES GARCIA**

ASESORES: DR. FERNANDO PEREZ-GIL ROMO  
M.C. ARACELI AGUILERA BARREYRO

MEXICO, D. F.,

1998

263287

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Pude realizar y concluir este trabajo, y continuar con mi superación profesional gracias a que otros hicieron, lo que a mí me tocaba hacer en determinados momentos.

A Andrés por todo su amor y paciencia, por ser mi compañero y que junto con Cecilia, Guadalupe y Emma Sofía, son mi sentido más profundo de vida y compromiso, por que me han soportado y amado.

A mi madre, quién me ha mostrado el camino; por su fortaleza, de ella he aprendido a enfrentar la vida aún con sus sufrimientos.

A mis hermanos, amigos y a todos los que me han acompañando en este caminar de la búsqueda por dejar un mundo más humano, más justo y más fraterno.

A la memoria de dos hombres que supieron dejarme su espíritu de lucha: Agustín y Andrés.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi agradecimiento al Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" en especial al Dr. Héctor Bourges Rodríguez, Subdirector General de Nutrición por el apoyo brindado para la realización de este trabajo. Así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por haber patrocinado la realización de mis estudios de maestría y la elaboración parcial de la tesis mediante el proyecto: Aprovechamiento de Plantas Halófitas del Género *Atriplex* en Zonas Áridas y Semiáridas de México, en la Alimentación Animal (CONACyT N9204-1278). Así mismo al Programa Universitario de Alimentos de la UNAM por el apoyo brindado. A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por las facilidades prestadas para el muestreo.

A mis asesores Araceli Aguilera B. y Fernando Pérez-Gil Romo por su apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos conmigo, por su paciencia y amistad. Gracias.

A mis compañeros de trabajo por todos los momentos que hemos compartido juntos y por el apoyo brindado en las diferentes etapas de la realización de este trabajo, en particular a Daniel Grande, Felipe Ramos, Rosa Ma. Castillo, Ma. Eugenia Juárez, Lourdes Solano, Héctor Ledesma, Martha Castañeda, Patricia Torres, Salvador Bermejo, Antonio Roldán y muy especialmente a Jesús Carmona, de quienes sin su participación hubiera sido mucho más difícil el camino recorrido. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a Luis Martínez y Delfino Martínez por su apoyo desinteresado y a todos (as) que de alguna manera contribuyeron en la elaboración del presente trabajo.

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL .....	i
INDICE DE CUADROS .....	ii
INDICE DE FIGURAS .....	iii
1. RESUMEN .....	iv
2. INTRODUCCION.....	1
3. REVISION DE LITERATURA .....	3
3.1. Zonas Aridas y semiáridas .....	3
3.2. Desertificación .....	9
3.3. Salinización .....	11
3.4. Importancia de los rumiantes .....	13
3.5. La ganadería en México .....	15
3.6. La producción de ovinos en zonas áridas y semiáridas.....	17
3.7. Las halófitas: alternativa en la alimentación animal .....	19
3.8. Pruebas de digestibilidad .....	24
3.9. Cinética ruminal.....	32
4. OBJETIVOS.....	42
5. HIPOTESIS .....	43
6. MATERIAL Y METODOS .....	44
7. RESULTADOS Y DISCUSION .....	49
7.1. Análisis químicos .....	49
7.2. Consumo y digestibilidad .....	54
7.3. Balance de nitrógeno .....	61
7.4. Fermentación ruminal .....	63
7.5. Cinética de sólidos y líquidos .....	73
8. CONCLUSIONES.....	78
9. LITERATURA CITADA .....	80
10.GLOSARIO .....	88

## INDICE DE CUADROS

1. APLICACIONES EXPERIMENTALES DEL CULTIVO CONTINUO.....	36
2. COMPARACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS DEL QUIMIOSTATO Y EL RUMEN .....	37
3. COMPOSICION QUIMICA DE LOS INGREDIENTES.....	50
4. FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES PARA BORREGOS .....	51
5. COMPOSICION QUIMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES .....	52
6. CONSUMO DE ALIMENTO Y DIGESTIBILIDAD IN VIVO EN BORREGOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. canescens</i> .....	55
7. DIGESTIBILIDAD <i>in vivo</i> , <i>in vitro</i> E <i>in situ</i> DE LA MATERIA SECA .....	55
8. TIEMPO MEDIO DE DESAPARICION <i>IN SITU</i> (Horas) .....	59
9. BALANCE DE NITROGENO EN BORREGOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>ATRIPLEX</i> EN LA DIETA.....	63
10. PARAMETROS DE FERMENTACION RUMINAL DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. canescens</i> .....	68
11. CINETICA DE pH RUMINAL EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>Atriplex canescens</i> .....	70
12. CINETICA DE AMONIACO (N-NH <sub>3</sub> ) RUMINAL EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>Atriplex canescens</i> .....	72
13. CINETICA DE SOLIDOS Y LIQUIDOS EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES .....	75

## INDICE DE FIGURAS

1. PRINCIPALES IMPACTOS ECOLOGICOS DE LA PRODUCCION AGROPECUARIA Y FORESTAL EN MEXICO .....	7
2. <i>Atriplex canescens</i> SIN FLORACION.....	21
3. <i>Atriplex canescens</i> AL INICIO DE LA FLORACION .....	21
4. <i>Atriplex canescens</i> EN FLORACION.....	22
5. MODELO DE DIGESTIBILIDAD DE UN COMPARTIMENTO.....	33
6. RELACION DE LAS FRACCIONES DE FIBRA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES .....	53
7. CINETICA DE DESAPARICION <i>in situ</i> (DIETA TESTIGO).....	57
8. CINETICA DE DESAPARICION <i>in situ</i> DIETA 1 (10% <i>A. canescens</i> ).....	57
9. CINETICA DE DESAPARICION <i>in situ</i> DIETA 2 (20% <i>A. canescens</i> ).....	58
10. CINETICA DE DESAPARICION <i>in situ</i> DIETA 3 (30% <i>A. canescens</i> ).....	58
11. TIEMPO MEDIO DE DESAPARICION <i>IN SITU</i> .....	59
12. CINETICA DE DESAPARICION <i>IN SITU</i> DE MATERIA SECA .....	60
13. CINETICA DE DESAPARICION <i>IN SITU</i> DE NITROGENO.....	60
14. CINETICA DE PRODUCCION DE AGV's TOTALES EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. Canescens</i> .....	65
15. CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO ACETICO EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. canescens</i> .....	66
16. CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO PROPIONICO EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. Canescens</i> .....	66
17. CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO BUTIRICO EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. canescens</i> .....	67
18. PRODUCCION DE AGV'S EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>A. canescens</i> .....	68
19. CINETICA DE pH RUMINAL EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>Atriplex canescens</i> .....	70
20. CINETICA DE PRODUCCION DE N-NH <sub>3</sub> EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE <i>Atriplex canescens</i> .....	72

## 1. RESUMEN:

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la digestibilidad y el patrón de fermentación ruminal de ovinos alimentados con dietas basadas en alfalfa y avena forrajera, que incluían niveles crecientes de hojas de *Atriplex canescens* (0, 10, 20, 30%). El material vegetativo fue colectado en forma manual de un matorral natural al sur del Municipio de Concepción del Oro, Zac., secado a temperatura ambiente y deshojado manualmente. Las dietas fueron probadas en 4 borregos machos, criollos de 54 Kg. de peso promedio, con fístula ruminal permanente. Los animales permanecieron en jaulas metabólicas individuales y se determinó balance de nitrógeno, digestibilidad *in vitro*, *in vivo* y las cinéticas de digestibilidad *in situ* ruminal (de líquidos y sólidos) de acuerdo a un modelo de cinética de primer orden de un solo compartimento. Se calcularon el volumen, flujo tasa de dilución, tiempo de retención y tiempo medio de retención, pH, amoníaco y ácidos grasos volátiles (AGV's): acético, propiónico y butírico. En este estudio los resultados se analizaron mediante el paquete estadístico S.A.S., para un análisis de varianza con un diseño seudoaleatorio con estructura de cuadrado latino 4 X 4, la diferencia entre medias se analizó empleando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. El aporte promedio de proteína cruda y energía fue de 10% y 3.64 Mcal/Kg respectivamente. No se encontraron diferencias en el consumo de alimento y los animales presentaron balance positivo de nitrógeno. Con la dieta de 30% se logró sustituir el 97%, de la alfalfa obteniendo una ración a base fundamentalmente de avena y hojas de *A. Canescens*; sin embargo, con ésta se observó una disminución ( $p < 0.05$ ) en la digestibilidad *in vivo* de MS, energía y PC; con un porcentaje menor de retención de nitrógeno (13.8% del consumido) con relación a otras dietas. No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos para digestibilidad *in vitro* (68.41%), desaparición *in situ* de la MS a las 24 horas (46%) y a las 48 horas (56.84%) y el tiempo medio de desaparición (44.61 horas promedio para las diferentes dietas). Con respecto a los parámetros de fermentación ruminal es importante resaltar que el ácido acético fue el predominante en este estudio, encontrando un rango promedio entre los diferentes AGV's de 65:23:11, respectivamente, y un total de 108.75, 127.97, 109.87 y 119.99 mM/l para la dieta testigo, 1, 2 y 3, respectivamente. Un pH ruminal promedio de 6.22 a 6.53. La mayor concentración de amoníaco en rumen en todas las dietas se presentó entre las 3 y 6 horas. La dieta 3 presentó una menor producción y desaparición de N-NH<sub>3</sub> ruminal, lo que indica una menor degradación de proteínas en el rumen, lo cual puede estar relacionado con la menor digestibilidad de la proteína. El volumen influyó en el flujo y tasa de dilución. El tiempo de retención de sólidos fue mayor en la dieta testigo (55.17 h) y de líquidos menor (29.52 h). La presencia de *A. canescens* en la dieta condujo a un menor tiempo de retención ruminal. De lo anterior, se puede concluir que alimentar a los borregos con niveles de hasta 30% de *A. canescens* no afecta el consumo de alimento, pero si se afecta la digestibilidad de la MS, PC y energía, debido a su elevada solubilidad.

**PALABRAS CLAVES:** *Atriplex canescens*, digestibilidad, cinética ruminal, fermentación ruminal, balance de nitrógeno.



## 2. INTRODUCCIÓN

Es conocido que las tierras áridas o semiáridas cubren aproximadamente más de una tercera parte de la superficie del globo terráqueo y que alrededor de 630 millones de personas habitan en ellas. En México existen un total de 84.04 millones de Has. que reúnen tales características, representando aproximadamente el 42.7% de la superficie total del país, distribuida en 381 municipios de 19 estados, principalmente de la porción central y norte del país<sup>1</sup>.

La ganadería en México ocupa la mayor parte de la zona árida y semiárida, contenedora de una vegetación de matorrales y selvas espinosas que son utilizadas como agostaderos.

Las plantas del género *Atriplex* han sido estudiadas con el objetivo de evaluarlas y posteriormente recomendarlas como especies forrajeras resistentes a las sequías en zonas áridas<sup>2,3,4,5 y 6</sup>, en virtud de su capacidad para desarrollarse con sólo 150-200 mm de precipitación pluvial anual<sup>7 y 6</sup>. Se ha mencionado que *Atriplex canescens*, también conocida como chamizo o costilla de vaca, y considerada como nativa de México<sup>8</sup>, cubre cerca de 15 millones de has. en el país, distribuidas principalmente en los estados de Coahuila, Baja California Norte y Baja California Sur, San Luis Potosí, Durango, Hidalgo, Nuevo León y Zacatecas<sup>9,10</sup>, con un rendimiento de 6.2 toneladas de forraje disponible por ha en base seca<sup>11</sup>.

Existen trabajos donde se informa sobre el consumo de *A. canescens* y *A. nummularia* por el ganado, ovejas y cabras sobre todo en invierno cuando otros forrajes escasean<sup>7,10 y 6</sup>. Mellado y col.<sup>12</sup> en un estudio que realizaron en Zacatecas, informan que el 80% de la dieta de cabras en pastoreo estuvo constituida por *Parthenium incanum*, *Agave lechuguilla*, *Buddleja scordioides* y *Atriplex canescens*. Por otra parte, en evaluaciones de campo hechas por Soltero y Fierro<sup>13</sup> en México, se ha corroborado que durante la época de seca, el chamizo llega a constituir hasta el 84% de la dieta de bovinos en pastoreo; asimismo, se menciona que *A. canescens* es una planta muy apreciada por los ganaderos debido a que permanece verde durante el invierno y períodos críticos de sequía, cuando otros forrajes escasean<sup>10</sup>.

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado en primera instancia por el análisis químico proximal, pero el valor real del mismo para el animal sólo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo<sup>14</sup>, por lo que realizar pruebas de digestibilidad en los animales es importante.

La digestión en los rumiantes es un proceso complejo que involucra interacciones dinámicas entre la dieta, la población microbiana y el animal y los conceptos como digestibilidad o eficiencia de conversión son coeficientes generalmente estáticos e independientes del tiempo; sin embargo, ambos procesos van a depender del tiempo de retención y de la velocidad de reacción, por lo que la cinética de digestión cobra importancia, ya que ésta determina la porción de nutrimentos consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal. Por otro lado no solo describe la digestión, sino que caracteriza las propiedades intrínsecas de los alimentos que limitan su disponibilidad para los animales a partir de modelos desarrollados en base a principios biológicos, clasificando a los alimentos en fácilmente digestibles, de digestión lenta o bien en indigeribles<sup>15</sup>.

Los factores más importantes en la determinación de la eficiencia con la cual el animal utiliza una cantidad dada de alimento son: la tasa de dilución de la digesta ruminal, el grado de degradación de la digesta, la naturaleza de los productos finales de la degradación y los requerimientos nutricionales del animal<sup>16</sup>.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Es conocido que las tierras áridas o semiáridas cubren aproximadamente más de una tercera parte de la superficie del globo terráqueo y que alrededor de 630 millones de personas habitan en ellas. En México existen un total de 84.04 millones de ha que reúnen tales características, representando aproximadamente el 42.7% de la superficie total del país. Tal superficie se distribuye en 381 municipios de 19 estados, principalmente de la porción central y norte del país y albergaba en 1980 un total de 18 millones de habitantes (correspondiente al 25.7% de la población total)<sup>1</sup>.

La zona árida y semiárida de México puede quedar definida por la cantidad de precipitación pluvial anual, por el número de meses secos, por los índices de evapotranspiración potencial de las plantas, o bien, por la distribución geográfica de la flora y de la vegetación<sup>1</sup>. En el primero y segundo casos, los niveles de aridez o sequía medidos por la cantidad de lluvia anual permiten separar estas zonas. En las tierras áridas existe una precipitación anual entre 100 y 300 mm y en las semiáridas entre 300 y 500 mm<sup>17</sup>, lo cual coincide a groso modo con los climas Bs y Bw de Köppen. En las primeras, generalmente las opciones son limitadas, y se caracterizan por tener pastos naturales con producción de ganadería extensiva. En las segundas, existen un poco más de opciones que en las zonas áridas, ya que puede haber producción de cultivos alimenticios y forrajes en áreas específicas, existiendo principalmente pastos naturales y producción ganadera<sup>17</sup>.

Rzedowski<sup>18</sup> menciona que el Trópico de Cáncer, además de ser una línea significativa desde el punto de vista térmico, constituye la franja de transición entre los climas áridos y semiáridos y los climas húmedos y subhúmedos.

Las zonas áridas y semiáridas agrupadas en los denominados desiertos Sonorense y Chihuahuense, se han originado principalmente por la ubicación de los macizos

montañosos, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental, los cuales forman una barrera que cierra el paso a los vientos húmedos y provoca la ausencia de lluvias a las tierras del interior; cuando estos vientos descienden sobre la vertiente de sotavento, se transforman en vientos secos que absorben rápidamente la poca humedad de esas áreas, formando condiciones de aridez evidente.

El desierto de Baja California es un desierto costero, denominado "de neblinas", que se forma por la circulación de los vientos provenientes del poniente, enfriados por las corrientes oceánicas que bañan sus litorales.

En estas regiones las temperaturas medias anuales varían desde los 15°C hasta los 25°C, con grandes oscilaciones entre los valores medios mensuales, así como entre los máximos y mínimos diarios; Asimismo, se presentan temperaturas máximas absolutas del orden de los 38°C a los 46°C, mientras que las mínimas absolutas fluctúan desde 0°C hasta 16°C.

De acuerdo con la Carta de Precipitación Pluvial del Atlas Nacional de México (UNAM, 1990), la lluvia se distribuye de la siguiente manera: hasta 125mm anuales en el extremo noreste del estado de Sonora, sur y noreste de Baja California y en el extremo noreste de Baja California Sur; de 125 a 400mm (excluyendo los lugares anteriores), tanto en la península de Baja California, norte, centro y suroeste del estado de Sonora, Chihuahua, Coahuila y parte de Nuevo León, franja costera de Sinaloa, norte y centro de San Luis Potosí y de 400 a 600 mm anuales en parte de Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Nuevo León, Tamaulipas y noreste de Coahuila; se incluyen además, pequeñas porciones de los estados de Tlaxcala, Puebla, Oaxaca y Yucatán. En Sonora, Chihuahua, Durango y Zacatecas quedan excluidas las áreas localizadas en la Sierra Madre Occidental por presentar lluvias hasta de 1,000 mm anuales. En las regiones antes mencionadas, generalmente se presentan sequías severas.

Según Florescano <sup>19</sup> de 1930 a 1977 la sequía disminuyó en frecuencia, pero aumentó en intensidad, ya que 20 de las sequías registradas fueron severas, y seis extremadamente severas; estas últimas impactaron fuertemente a la producción. Los

daños a la ganadería por lo general suelen ser de considerable magnitud, tanto por el agotamiento de las fuentes de agua para abreviar el ganado, como por el deterioro de los pastos.

Salvo algunos casos excepcionales, en los paisajes de esta zona ecológica se incluyen tres tipos característicos de vegetación: matorrales desérticos o xerofíticos, de los cuales existe una enorme variedad de combinaciones y clases; pastizales, que según Rzedowski<sup>18</sup>, se extienden sobre una superficie de entre 20 y 24 millones de hectáreas, es decir, la mitad de la superficie de esta zona ecológica y por vegetación halófila, propia de suelos con alto contenido de sales solubles (salinos)<sup>1</sup>. No obstante las condiciones de precipitación, existen una gran diversidad biológica, encontrándose alrededor de 2705 especies en Baja California<sup>20</sup>, 1142 en el desierto chihuahuense<sup>21</sup>, y 4500 en el desierto sonorense<sup>22</sup>.

En términos generales, la finalidad productiva de la zona árida y semiárida de México, se divide en cuatro aspectos diferentes:

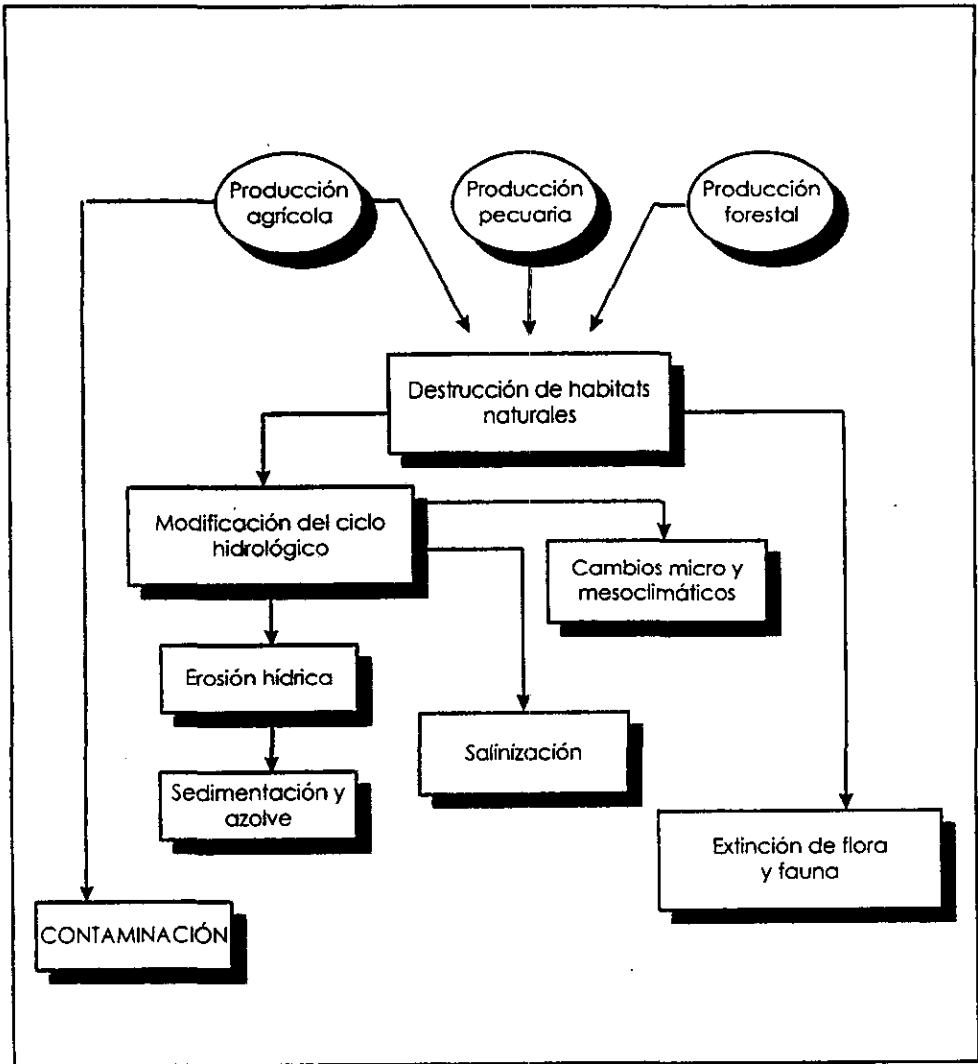
- 1) agricultura de riego de corte moderno, en donde las condiciones topográficas e hidrológicas lo permiten,
- 2) agricultura de temporal de mucho riesgo dada la incertidumbre climática que prevalece en estas zonas,
- 3) aprovechamiento de especies vegetales, forestales, industriales, medicinales y ornamentales de importancia (candelilla, lechuguilla, guayule, jojoba, palma samandoca, etc.) y
- 4) fundamentalmente para una ganadería extensiva, especializada y dirigida a la exportación<sup>23</sup>.

La primera consecuencia desde el punto de vista ecológico que generan las actividades agrícolas y forestales, son por supuesto la transformación de los paisajes o *habitats naturales*, acarreado al menos tres problemas asociados. Uno es la pérdida de flora y fauna naturales, es decir, el patrimonio biológico del país, ya sea por

erradicación física o directa, o por la modificación del hábitat, que impide la reproducción de especies asociadas entre sí. Otro, es el de los cambios en el ciclo hidrológico, sea por la captación y retención artificial de agua en presas, por la explotación de los mantos acuíferos o por la pérdida de cubierta vegetal, que altera la humedad relativa del ambiente, incrementando el escurrimiento de agua y disminuyendo la infiltración y, finalmente el tercero, el de los cambios micro y meso climáticos derivados de la combinación de los dos factores antes mencionados.

Mientras que la agricultura supone la remoción obligatoria de la cubierta de vegetación, la ganadería y la forestería conforman prácticas que no necesariamente implican el desplazamiento de la totalidad de las masas de vegetación originales. En México, es éste el caso de las ganaderías pastoriles sobre matorrales y pastizales naturales (fundamentalmente en las zonas áridas y semiáridas).

En la actualidad, la ganadería ocupa ya la mayor parte de la zona árida y semiárida, *contenedora de una vegetación de matorrales y selvas espinosas que son utilizadas como agostaderos*. Toledo y col<sup>1</sup> esquematizan los principales impactos ecológicos de la producción agropecuaria y forestal en México (figura 1), mencionando que uno de los impactos de la producción agrícola es la contaminación; es importante tomar en consideración que si no se controlan todos los aspectos involucrados en la producción pecuaria, ésta también corre el riesgo de contaminar el medio ambiente a corto y mediano plazo.



**FIGURA 1 PRINCIPALES IMPACTOS ECOLOGICOS DE LA PRODUCCION AGROPECUARIA Y FORESTAL EN MEXICO.**

De acuerdo con la CONAZA, la mayoría de los habitantes de las áreas rurales de estas zonas están organizados como ejidatarios y pequeños propietarios, predominando el minifundismo y existiendo un número considerable de jornaleros sin tierra; en ambos casos, la actividad productiva más común es la agropecuaria. La agricultura en que se ocupa el grueso de los campesinos es de temporal, aunque

existen pequeñas zonas de riego. La agricultura temporalera sólo permite la subsistencia muy precaria por los bajos rendimientos y las técnicas tradicionales de cultivo que se utilizan, produciéndose principalmente maíz y frijol de autoconsumo. La actividad secundaria de estos campesinos, es fundamentalmente la ganadería caprina, ovina y bovina<sup>19</sup>. Los ganaderos se enfrentan a problemas de sobrepastoreo y falta de forrajes en épocas de sequías principalmente, mala calidad del ganado, así como carencia o insuficiencia de infraestructura y de créditos. Además, existen importantes grupos que se dedican a la recolección de cierta vegetación espontánea, como se mencionó anteriormente; también se puede encontrar un cierto número de pequeños y medianos mineros.

\* Los efectos sociales de la crisis económica que sufrió México en la década de los ochenta propiciaron, por una parte, la concentración del ingreso, y por la otra, una mayor marginación social. Esto también es válido para las regiones áridas y semiáridas. Si bien es cierto que buena parte de los estados con tierras áridas presentan índices de marginación, que van de muy baja a media, es necesario aclarar que la marginación rural se matiza con los datos globales de cada estado<sup>19</sup>.

De acuerdo con el XI Censo General de Población y Vivienda 1990, existen en el país 13,187 localidades rurales con población entre 500 y 2,500 habitantes, donde viven casi 13 millones de individuos<sup>24</sup>. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Alimentación y Nutrición en el Medio Rural 1996<sup>24</sup>, se ha establecido que en las comunidades no indígenas, la prevalencia de desnutrición en la población menor de 5 años es de 38.5%, en las comunidades con presencia indígena es de 45.2%, y se eleva hasta el 58.3% en las comunidades indígenas. La prevalencia de desnutrición moderada y severa es de 14.1, 17.3 y 28.2%, respectivamente. De acuerdo con el indicador de talla para la edad, la desnutrición afecta al 50.9% de los niños de las comunidades no indígenas, al 59.5% en las comunidades con presencia indígena y al 73.6% de los niños de las comunidades indígenas.

Por otra parte, se menciona que el 65% de las familias cría animales para la alimentación. De estas familias, alrededor del 70% los destina para autoconsumo, cerca del 12% para la venta y el resto, para ambos propósitos. En Campeche,



Chiapas y Guerrero más del 90% de las familias cría animales en traspatio, en tanto que en Aguascalientes, Baja California, Coahuila y Zacatecas lo hacen menos de la mitad. Con respecto al consumo de productos de origen animal, en la encuesta se señala que la fuente principal de obtención de proteínas en esta población es a través del huevo. Se menciona que entre el 36.2 y 25.7% de las familias lo consumen de tres a cinco y de seis a siete días por semana, respectivamente, siendo su consumo per capita de 43 g. En orden de frecuencia, el alimento más consumido de este grupo después del huevo es la leche, que más de un tercio de las familias reportaron consumir diariamente con una ingesta per cápita de 125 ml, 36.5% (con una variación muy amplia dependiendo de la zona). Con respecto al consumo de carne (res y cerdo) y pollo se reporta un consumo de 28 a 35g a la semana respectivamente, por individuo, en el 60% de las familias.

### **3.2 DESERTIFICACIÓN**

Existe en la actualidad una tendencia muy grande a la erosión y desertificación (también llamado avance de los desiertos o formación de desiertos). Este último término, viene del francés y significa "hacer desiertos". Este fenómeno responde fundamentalmente a dos causas: una, a cambios climáticos (en el sentido geológico) de largo plazo y otra, como consecuencia de las actividades destructivas del hombre. Sin embargo, no es fácil definir la desertificación, ya que es un proceso de degradación con variantes en porcentajes, síntomas, manifestaciones, patrones y grados o etapas diversas. Huss<sup>17</sup> la define como "la degradación de los organismos originada por las intervenciones y abusos del hombre, tanto en organismos vivos como no-vivos, existentes en el medio ambiente de un ecosistema". El proceso está marcado por micro-aridez y erosión crecientes y productividad decreciente. El producto final es un estado desértico en que la fotosíntesis total es de poca utilidad para el hombre y el ganado.

Se menciona que una desertificación moderada produce una caída del 10 al 25% en la productividad agrícola, mientras que una desertificación severa provoca una

disminución de entre 25 y 50% o más y por lo general, da como resultado la formación de grandes badenes y dunas o montículos, siendo esto un problema cada vez más intenso en muchas partes del mundo<sup>25</sup>.

El Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) estima que a nivel mundial, el 63% de las llanuras, 60% de las tierras de cultivo de temporal y 30% de las tierras de cultivo irrigadas están amenazadas por la pérdida de productividad a causa de la desertificación y que de continuar la tendencia actual, la desertificación podría poner en peligro los medios de subsistencia de 1,200 millones de personas en todo el mundo para el año 2,000<sup>25</sup>.

La desertificación ocurre generalmente en forma paulatina, en pequeñas áreas, extendiéndose posteriormente. Una desertificación moderada puede pasar inadvertida y sus causas pueden ser variadas. Se menciona que el 13% de las causas que originan la desertificación se debe a factores y elementos climáticos y el 87% puede ser adjudicado al manejo equivocado que el hombre hace de los recursos. Entre las fuentes antropogénicas que desencadenan un proceso de desertificación, se pueden mencionar las que están relacionadas con la pobreza y el subdesarrollo, como el cultivo en suelos frágiles, la reducción del tiempo de descanso de la tierra, la falta de prácticas de fertilización química y/u orgánica, el sobrepastoreo y la explotación inmoderada de los recursos, incluyendo la leña y el uso de fuego en pastizales, principalmente. Otro tipo de causas son el resultado de tecnologías modernas para la producción agropecuaria, impulsadas por la búsqueda de altas tasas de rentabilidad en el corto plazo, como son los cultivos comerciales, que constituyen fuertes extractores de nutrientes del suelo, el mal manejo del riego que provoca salinización y el uso excesivo de maquinaria agrícola, entre otros<sup>19,25</sup>.

En las dos situaciones mencionadas anteriormente, el desconocimiento de las consecuencias de prácticas inadecuadas en el uso del suelo, es el punto de origen del proceso de degradación. Además se identifican otros factores que inciden, como son la sobrepoblación, las presiones socioeconómicas y políticas, así como las tradiciones culturales. Sin embargo, la vinculación entre pobreza y medio ambiente no debe analizarse sólo como el resultado de procesos demográficos aislados, sino vincularse

con fenómenos sociales, económicos y políticos. La incertidumbre de la producción y, por tanto, del ingreso es muy alta, lo que ocasiona no sólo sobre-explotación de los recursos, sino también una nula incorporación de mejoras tecnológicas en las áreas deterioradas.

Para el control de este problema y la rehabilitación de las tierras de pastoreo de la región es esencial la reversibilidad o la renovación natural. La mayor parte de las etapas de la degradación del proceso de desertificación son reversibles<sup>17</sup>, y de no tomar las medidas necesarias, puede haber consecuencias importantes en la intensificación de hambrunas y sequías, declinación del nivel de vida y migraciones de personas debido a que la tierra ya no les proporciona su subsistencia<sup>25</sup>.

Desde el punto de vista ecológico, la desertificación se divide en procesos primarios y secundarios. Dentro de los primeros se encuentra la degradación de la cubierta vegetal, la erosión hídrica, la erosión eólica, la salinización y sodificación. Dentro de los procesos secundarios se pueden mencionar, la degradación física (compactación, encostramiento y afloramiento de horizontes sub-superficiales), la degradación biológica (disminución y pérdida de la materia orgánica del suelo) y la degradación química (pérdida de nutrimentos y concentración de sustancias tóxicas para los seres vivos).

### **3.3 SALINIZACIÓN**

La salinización se refiere al deterioro de los suelos por el incremento en el nivel de sales solubles que reduce su capacidad productiva. Dentro de este proceso se ubica también a la sodificación y la concentración de sustancias en niveles tóxicos en la capa superficial del suelo. En nuestro país, existen naturalmente extensas áreas de suelos salinos, que provienen de substratos geológicos salinos, o bien, se encuentran en las cuencas endorreicas de las zonas áridas, donde se concentran los escurrimientos y, por lo tanto, las sales solubles. En estas regiones, la escasa precipitación pluvial y la elevada transpiración provocan un desbalance hídrico y salino que favorece la concentración de sales; a esto se añade la ausencia de una lixiviación

efectiva de las sales. Los suelos salinos también pueden encontrarse en áreas próximas a la costa, en las cuales existe influencia marina.

La salinización puede deberse a la aplicación excesiva de agua de riego sin drenaje adecuado, al riego con agua de mala calidad, a la mala nivelación del terreno y a la extracción desmedida de los acuíferos, esto incrementa la concentración de las sales o eleva aguas subterráneas salitrosas. La extracción de los acuíferos puede conducir a la intrusión del agua del mar a éstos.

En el país la superficie total con problemas graves de ensalitramiento en los distritos de riego asciende a más de medio millón de hectáreas, lo que representa casi el 10% de la superficie total de riego. El 68% de esa superficie se encuentra en la zona noroeste del país, dentro de la cual destacan los distritos de Río Colorado en Baja California Norte y el Río Fuerte y el de Culiacán y Huamaya, ambos en Sinaloa. El deterioro del agua y del suelo, además de las consecuencias sobre la agricultura, puede representar un peligro para la salud humana, como es el caso de la región Lagunera, en donde la disminución del acuífero ha ocasionado una alta concentración de arsénico en el agua de consumo humano<sup>19,1</sup>.

La sodificación, también conocida como alcalinización, consiste en el aumento de la proporción de sodio intercambiable del suelo en valores superiores al 15%, desarrollándose a partir de materiales geológicos sódicos como el basalto, la aplicación de riego con aguas sódicas o cuando las aguas subterráneas tienen un contenido elevado de carbonatos de sodio y son pobres en calcio. La sodificación produce la defloculación de las partículas y reduce la infiltración del agua; al igual que la salinización, disminuye la fertilidad y productividad de los suelos. La Comisión Nacional de Zonas Áridas<sup>19</sup> menciona que en México el 20% de la superficie se encuentra afectada por salinización en algún grado. Los estados con mayor incidencia de este proceso son Tamaulipas, Sonora, Baja California, Chihuahua, Coahuila y Colima, con índices superiores al 2% de su superficie. Goodin<sup>26</sup> menciona que *Atriplex* podría cultivarse en suelos marginales para la agricultura con muy buenos resultados y ser más rentable con relación a cultivos tradicionales, lo cual puede ser una oportunidad importante ante los problemas de sobrepoblación y demanda de

alimentos actuales; sin embargo, esto debe de ir acompañado con el desarrollo y avance tecnológico, tanto de las técnicas de cultivo y obtención de híbridos más productivos, como en herramientas para su cosecha.

### 3.4 IMPORTANCIA DE LOS ANIMALES RUMIANTES

En los últimos años se ha culpado a los animales domésticos, especialmente a los rumiantes, de toda clase de desastres, que van desde la declinación de la civilización hasta la hambruna, la pestilencia, la destrucción y la muerte; sin embargo, los rumiantes domésticos y el hombre han estado asociados el uno con el otro desde hace siglos. El hombre ha dependido y aún depende de ellos para obtener alimento, sub-productos y servicios; al mismo tiempo, los rumiantes necesitan del hombre para su bienestar. La eliminación de gran cantidad de basura, como son los sub-productos agropecuarios, constituye un grave problema ambiental y sin duda sería más grave sin la intervención de estas especies animales, ya que son capaces de reciclarlos y convertirlos en alimentos de alta calidad para el ser humano. Una revisión sobre el tema en los últimos años señalaría el reporte de diversos estudios<sup>a</sup> sobre recursos potenciales para la alimentación animal, entre los que destacarían los siguientes:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Recursos Naturales                    | (Flora y fauna nativa)   |
| 2. Productos de Actividades Primarias    | (Cultivos o especies subexplotados)  |
| 3. Proteína unicelular                   | (Diversos microorganismos unicelulares)  |
| 4. Subproductos de Actividades Primarias | (Sobrantes de actividades Agroforestales, pecuarias y pesqueras)                 |
| 5. Subproductos Agroindustriales         | (Sobrantes del beneficio o procesamiento de productos agropecuarios o pesqueros) |
| 6. Subproductos de Consumo Humano        | (Sobrantes del consumo humano)   |
| 7. Derivados del Saneamiento             | (Lodos, efluentes y otros relacionados al saneamiento ambiental)                 |

---

<sup>a</sup> Grande y col (sin publicar)

Por otra parte, existe la posibilidad de que haya una tendencia irreversible al calentamiento del planeta Tierra, debido a un efecto invernadero que va en aumento a causa de una elevación artificial de gases atmosféricos como el dióxido de carbono, óxido nitroso y metano. La liberación de una cantidad adicional de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se debe a la utilización portentosa que hace el hombre de los combustibles fósiles. Algunos afirman que se debe fundamentalmente a la energía que requieren los sistemas de producción ganadera, especialmente la de carne de ganado bovino. Byers<sup>27</sup> calculó que la agricultura utiliza menos del 3% de la energía fósil empleada en los Estados Unidos de Norteamérica, y la producción de ganado de carne usa solamente el 5% de este 3%. Si bien es cierto que los rumiantes generan metano, no todos los rumiantes han sido domesticados. Existen millones de cabezas de rumiantes silvestres y, en el pasado, en algunas situaciones, su cantidad era aún mayor que la cantidad actual de rumiantes domésticos, por lo que las aseveraciones de que esta especie animal domesticada hace un aporte significativo a la producción global de metano es altamente dudosa. Es claro que cualquier tendencia al calentamiento se debe más bien al hombre que a los animales, ya que éste ha causado y continúa causando la desertificación.

Mundialmente se culpa en forma categórica al sobre-pastoreo como causa de la desertificación, pero como se mencionó, ésta es sólo una de ellas, y finalmente es una causa antropogénica, ya que es el ser humano el que ha provocado un uso inadecuado de los pastizales. Los ecosistemas de las tierras de pastoreo son un fenómeno complejo, que abarca múltiples funciones interrelacionadas, cada una de las cuales tiene influencia sobre las otras. Los componentes más importantes del sistema son: los productores, los convertidores, los suelos, los descomponedores y micro-consumidores, el microclima y los manipuladores. El manejo adecuado de pastizales tiene como objetivo el obtener una producción ganadera máxima, sostenida y económica, así como conservar y/o mejorar el recurso natural<sup>17</sup>.

### 3.5 LA GANADERIA EN MEXICO

El sector pecuario constituye una fracción muy reducida (y decreciente) del producto interno bruto (PIB). En el último decenio la participación fue inferior al 3% del total, mientras que el PIB del sector agropecuario se eleva aproximadamente a la tercera parte. Los sistemas pastoriles continúan constituyendo el eje de la estructura pecuaria de México a través de la ganadería de bovinos, que, aunque progresivamente diferenciada, mantiene una estrecha interrelación a través de los sistemas de doble propósito.

Para entender el marco jurídico de la ganadería en México, se citan algunos de los cambios a las reformas jurídico-Constitucionales de la estructura agraria, que han sido referidas al Artículo 27 de la Constitución, su reglamentación en la Ley Agraria (1991-1992), así como la Ley Nacional de Aguas, ya que las polémicas que se han desatado parecen coincidir en que estas reformas constituyen un verdadero parteaguas en la historia económico-social del agro mexicano y, como tales, es previsible una instrumentación compleja que requerirá de un largo período. Entre las principales modificaciones que involucran directamente a la ganadería pastoril, pueden señalarse las siguientes:

- Se da por concluido el reparto agrario, al derogarse las fracciones X a XIV del Artículo 27, que consagraban el derecho de los campesinos a reclamar parcelas ejidales o división de propiedades latifundiarias. Continuar con el reparto, según las argumentaciones a favor de la nueva ley, sólo extendía el margen de incertidumbre frente a la tenencia de la tierra y era uno de los factores determinantes que detenían los flujos de inversión hacia el campo. Este punto fue uno de los más candentes y debatidos de la nueva legislación; no eran tan claras las razones que fundamentaban el diagnóstico ni los escenarios que se preveían con las reformas.
- Se mantienen las características de la pequeña propiedad ganadera y su tamaño regulado a partir de la capacidad de carga animal, o sea 500 cabezas de ganado

mayor o su equivalente en ganado menor.

- Se sigue considerando pequeña propiedad ganadera las obras de riego, drenaje u otros que mejorasen la calidad de las tierras y las dotaciones animales correspondientes (fracción XV).
- Se autorizan usos agrícolas a dichas tierras sin que por ello pierdan su calidad de pequeña propiedad ganadera, permitiendo inclusive la comercialización de sus productos (Artículo 122, Ley Agraria).
- Las tierras ganaderas pueden transformarse a usos forestales sin que pierdan su calidad de pequeña propiedad, aunque rebasen el máximo de las 80 has. constitucionales (Artículo 123, Ley Agraria)
- Se estimula la constitución de distintos tipos de sociedades y asociaciones (Asociaciones Rurales de Interés Colectivo), sociedades mercantiles y/o civiles (Artículo 127 y siguientes) autorizándose la integración de ejidos, comunidades, sociedades o uniones de producción rural (Artículos 50 y 110). Se les otorga amplios objetivos: producir bienes primarios, comercializar, establecer industrias (Artículos 110 y siguientes), y se establece una gran flexibilidad en el uso de las tierras ejidales, incluyendo la enajenación de las parcelas.

Es importante mencionar que desde el punto de vista ambiental, las reformas legales quedaron muy atrás de lo que se requeriría para enfrentar la crisis ecológica de la producción agrícola y pecuaria asociada a estos problemas, por lo que se puede pensar que el uso no sustentable de los recursos no va a encontrar una limitante en la nueva legislación, ya que las modificaciones aprobadas no tocan ni directa ni indirectamente el corazón de las prácticas depredadoras<sup>28</sup>.

Ahora bien, hasta la expansión de los trópicos en los últimos veinte años, la ganadería del Norte constituyó, históricamente, la ganadería de carne más importante del país. Sus condiciones agroecológicas se caracterizan por climas áridos y semiáridos como ya se mencionó. La extensión ocupada se estima en torno a los 60 millones de hectáreas, que representa entre dos tercios y tres cuartos de la superficie ganadera



del país. El inventario bovino regional asciende a los 10 millones de cabezas, habiendo una carga animal por hectárea que por supuesto refleja las condiciones de los agostaderos, siendo el promedio de la región de 6 ha/unidad animal (UA), con importantes zonas (en Sonora, Coahuila y Chihuahua) donde es marcadamente superior (hasta 15 y 35 ha/UA).

A diferencia de los bovinos, las ganaderías de ovinos y caprinos pastoriles constituyen dos sistemas de poca magnitud económica a nivel macro sectorial, pero adquieren importancia social en algunos estados, ya que involucran a productores de bajos recursos y que reciben escasa o nula asistencia técnica. Con excepciones, son producciones desarrolladas de manera extensiva, complementarias de otras actividades, con utilización de mano de obra familiar y que están localizadas en regiones aisladas de estados del centro y norte árido (San Luis Potosí, Zacatecas, Puebla y Coahuila).

### **3.6 LA PRODUCCION DE OVINOS EN ZONAS ARIDAS y SEMIARIDAS**

El objetivo de los sistemas de producción ovina es la producción de carne, para efectos de satisfacer una demanda interna muy específica (barbacoa). Dada la extrema rusticidad de la especie, la cría y engorda del ganado se efectúa utilizando forrajes naturales en las tierras de peores agostaderos. Los principales inventarios se ubican en los estados de Zacatecas, Coahuila y San Luis Potosí. La producción anual es modesta, habiendo alcanzado 25,500 toneladas en canal entre los años 1990 y 1992. Esta producción abastece aproximadamente la mitad del consumo, importándose el resto en pie o en canal<sup>29</sup>.

Los ovinos junto, con los caprinos y equinos, son de las especies más atrasadas de la ganadería nacional; no obstante, habría que señalar que su importancia es más bien de tipo social, por el papel que desempeñan en las unidades de producción campesina, al complementar el ingreso de productores situados generalmente en zonas de escasos recursos naturales. La producción de carne de ovinos en el país se localiza principalmente en los estados de: México, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí,

Zacatecas, Oaxaca, Guanajuato, Chiapas y Coahuila. Mientras que la producción de lana se desarrolla principalmente en: Edo. de México, Hidalgo, Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí, Coahuila y Zacatecas<sup>30</sup>.

En el Continente Americano la producción de carne y lana lavada por oveja es de 3.5 y 1.6 Kg, respectivamente. Las prácticas de producción y crianza de ovejas varían. En muchos países se encuentran fundamentalmente a nivel de subsistencia. Las ovejas se mantienen en pequeñas manadas y son llevadas a pastar durante el día, principalmente por mujeres y niños, o las dejan atadas. No es común la práctica de la esquila sistemática. Los pequeños productores y sus familias obtienen la lana durante todo el año y la hilan y tejen para producir telas.

Las empresas ovejeras comerciales para la producción de lana y carne existen principalmente en Argentina, el sur de Brasil, Chile, Uruguay y México que poseen el 75% de la población ovina de América. La baja eficiencia reproductiva y una alta mortalidad perinatal de corderos debida a la mala nutrición y a las condiciones climáticas adversas constituyen limitaciones importantes a la producción en esta zona<sup>17</sup>.

A continuación se detallarán algunas características principales del sistema de producción de ovinos y caprinos en México:

- El nivel tecnológico es bajo, con predominio de la forma extensiva de explotación, caracterizada por el libre pastoreo en áreas con pastos naturales, arbustivas y algunos árboles de mediana altura. En algunas zonas se aprovechan esquilmos o subproductos agrícolas.
- Cuando estas especies se localizan en las zonas áridas y semiárida del país, la alimentación del ganado depende de una escasa cubierta vegetal, la cual la mayoría de las veces apenas sirve para el mantenimiento de los animales. Asimismo, habría que recordar que dadas las características de producción, especialmente de los caprinos, han contribuido al deterioro ecológico de algunas de estas áreas, debido al uso irracional del recurso, lo que ha provocado la invasión de

especies vegetales no deseables y la erosión de las tierras.

- Existen bajos índices de productividad en general.
- Los niveles de inversión en estos sistemas de producción son mínimos y poseen una deficiente infraestructura. La mayoría de los productores optan por aumentar el número de animales en vez de mejorar sus instalaciones y el manejo del hato.
- Por tratarse de un sistema marginal, que no representa un área de interés para el capital privado, el Estado mantiene su participación en algunas fases de apoyo a la rama y canaliza algunos recursos, desde luego insuficientes, para cubrir las necesidades crediticias de la mayoría de los productores con eventuales apoyos en campañas sanitarias; principalmente para controlar y prevenir la brucelosis en el ganado caprino. A pesar de predominar las características antes mencionadas, existen también un número importante de rebaños que se manejan bajo el sistema semiestabulado, con instalaciones para alojar al ganado. En este caso se combina el pastoreo con la complementación de pequeñas cantidades de concentrado y forrajes, realizando prácticas sanitarias y de manejo más adecuadas, lo cual redundará en un aumento de la productividad y producción del hato<sup>31</sup>.

### 3.7 LAS HALOFITAS: ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Las halófitas son plantas nativas de costas, estuarios, pantanos salados (manglares) y desiertos; son tolerantes a diferentes rangos de temperatura<sup>32</sup>, crecen y completan su ciclo de vida en hábitats con alto contenido de sal. Sus mecanismos fisiológicos les permiten almacenar o excretar las sales y sobrevivir a salinidades mayores a las del mar (30-40,000 ppm) y varían desde pequeños pastos hasta grandes árboles<sup>33,34 y 35</sup>.

En las últimas tres décadas se ha investigado sobre halófitas de la familia Quenopodiaceae. Se menciona que esta familia está formada por 200 especies aproximadamente<sup>34</sup>, aunque se refiere que puede haber hasta 400<sup>36</sup>. Plantas del género *Atriplex* han sido estudiadas con el objeto de establecerlas como especies

forrajeras resistentes a las sequías en zonas áridas<sup>2,3,4,5 y 6</sup>, en virtud de su capacidad para desarrollarse con sólo 150-200 mm de precipitación pluvial anual<sup>7,6</sup>. En diversas regiones del planeta se ha puesto atención en *Atriplex nummularia*, *A. semibaccata*, *A. canescens*, *A. undulata*, *A. vesicaria*, *A. lentiformis*, *A. halimus* y *A. acanthocarpa* entre otras; aunque hasta el momento, buena parte de las investigaciones sobre ellas han sido enfocadas a sus características, diseminación, crecimiento, domesticación<sup>9,37</sup> y<sup>5</sup> y defoliación<sup>38,39</sup>.

Para la República Mexicana, el estudio de estas plantas tiene un interés especial, ya que, como se mencionó anteriormente, más del 40% del territorio nacional presenta características áridas y semiáridas<sup>37</sup>, la superficie total con graves problemas de ensaltramiento (en los distritos de riego) asciende a más de medio millón de hectáreas, lo que representa casi el 10% de la superficie total de riego del país<sup>19,1</sup>.

Se ha indicado que *Atriplex canescens*, también conocida como chamizo o costilla de vaca y considerada como nativa de México<sup>8</sup>, cubre cerca de 15 millones de ha en el país, distribuidas principalmente en los estados de Coahuila, Baja California Norte y Sur, San Luis Potosí, Durango, Hidalgo, Nuevo León y Zacatecas<sup>9,10</sup>, presenta un rendimiento promedio de 6.2 toneladas de forraje disponible por ha, en base seca<sup>11</sup>. En las figuras 2, 3 y 4, se puede observar la imagen de *A. canescens* en diferentes etapas: sin floración, al inicio de la floración y en floración.



FIGURA 2. *Atriplex canescens* sin floración



FIGURA 3. *Atriplex canescens* al inicio de la floración

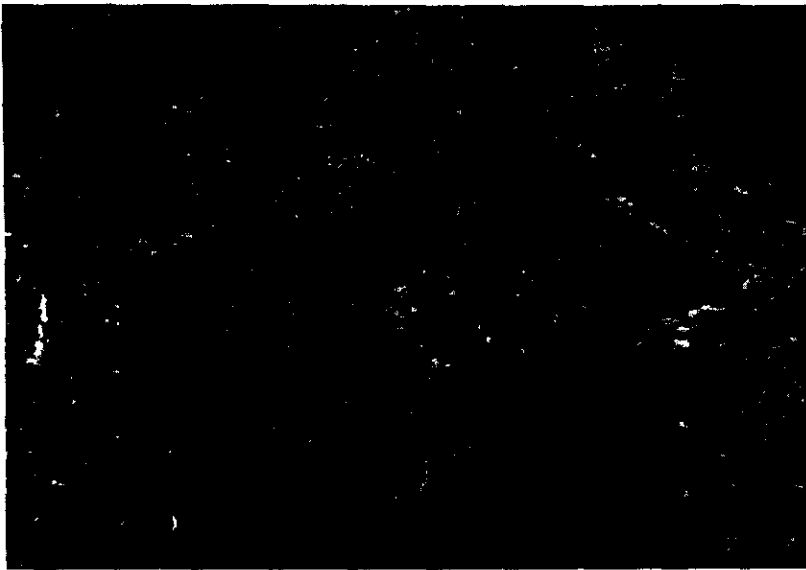


FIGURA 4. *Atriplex canescens* en floración

En el estado de Zacatecas, registraron una producción de 813 Kg/ha de hojas y 1,884 Kg/ha de tallos, la variación estacional en la disponibilidad de *A. canescens* fue de 547 Kg/ha de hoja y 1,207 Kg/ha de tallos en primavera; 378 y 8,630 Kg/ha en verano; 271 y 857 Kg/ha en otoño y de 322 y 148 Kg/ha respectivamente en invierno. Como se puede deducir, la disponibilidad de materia seca es mayor durante los meses de marzo a julio, debido probablemente a que durante las épocas de otoño e invierno el follaje se encuentra en pleno desarrollo después de haberse presentado la temporada de lluvias (julio-septiembre), y es probable que durante este periodo existan más especies apetecibles para el ganado, lo que provoca un menor consumo de *Atriplex* por parte de los animales<sup>10</sup>. Por su parte, Goodin<sup>26</sup> presenta valores de producción promedio de 5,903 Kg/ha, si la planta es regada con agua normal y de 5,780 Kg/ha, si es regada con agua salina. Asimismo, se comparó la producción de alfalfa en las mismas condiciones que la costilla de vaca, reportando una producción promedio de 5,753 y 5,892 Kg/ha respectivamente, por lo que la producción de *Atriplex* es recomendable y se ve como un cultivo promisorio. Sin embargo, es importante considerar que la productividad va a depender fundamentalmente de factores

genéticos y ambientales. En EUA, se ha visto que los genotipos diploides de *Atriplex* son más productivos que los tetraploides, llegando a producir de 7,590 a 10,169 Kg/ha de forraje, con un promedio de 9,811 Kg/ha, con un alta diferencia dependiendo de los ecotipos<sup>40</sup>. Actualmente, el problema al que se enfrentarían los productores sería en el momento de la cosecha, ya que el equipo mecánico para tal objetivo no ha sido desarrollado.

En otros estudios, existen resultados en los que se informa sobre el consumo de *A. canescens* y *A. nummularia* por el ganado, ovejas y cabras sobre todo en invierno cuando otros forrajes escasean<sup>7,10,6</sup>.

Por otra parte, en evaluaciones de campo hechas por Soltero y Fierro<sup>13</sup> en México, se ha corroborado que durante la época de seca dicha especie llega a constituir hasta el 84% de la dieta de bovinos en pastoreo. Por su parte Soltero y Fierro<sup>41</sup>, mencionan que *A. nummularia* posee un alto valor proteico (15%) y energético que permite satisfacer los requerimientos mínimos para vacas gestantes en el último tercio de la gestación y para vacas lactantes en los primeros 3 a 4 meses de lactancia durante la sequía, siempre y cuando se llenen los requerimientos de materia seca.

Mellado y col.<sup>12</sup> en un estudio realizado en Zacatecas, observaron que la dieta de las cabras consistía en un 80% por *Parthenium incanum*, *Agave lechuguilla*, *Buddleja scordioides* y *Atriplex canescens*, teniendo preferencia por las dos últimas, estimando que las cabras no pueden obtener la cantidad de proteína recomendada para gestación y lactancia; sin embargo, comentan que la vegetación natural de la zona aporta los nutrimentos necesarios para cabritos en crecimiento durante el primer año de vida. Por su parte Welch y Monsen<sup>42</sup>, señalaron una producción media de 664 gramos/planta, con una digestibilidad promedio de 38.3%, lo cual está por abajo del requerimiento de venados en un 50%, por lo que se recomienda mezclarla con plantas con mayor digestibilidad. En cuanto a proteína cruda, se encontraron valores de 6.0 a 14.2 con una media de 9.6%, por lo que se podrían cubrir los requerimientos de proteína cruda para ovinos y animales salvajes ( 8.9%) en épocas de invierno.

*A. canescens* es una planta muy apreciada por los ganaderos debido a que permanece verde durante el invierno y períodos críticos de sequía cuando otros forrajes escasean<sup>10,12</sup>. Por su parte Ostyina y col.<sup>43</sup>, reportaron que dos terceras partes del total de la biomasa consumida por borregos pastando fueron de *Atriplex*.

De los diferentes trabajos revisados, se puede resumir que la composición química del género *Atriplex* va a depender de la variedad de que se trate, de la época del año, etapa fenológica de la planta, localidad geográfica (la cual esta relacionada con las características del suelo y precipitación pluvial), o bien, por la calidad y tipo de riego que se le haya proporcionado al cultivo, por lo que se pueden encontrar valores para *A. canescens* y *A. nummularia* (que han sido las mas estudiadas), que van de 6 a 24% y 17 a 25% respectivamente de proteína cruda y de 60 a 70% y 74 a 79%, respectivamente, de digestibilidad *in vitro*.

Por otra parte, algunos autores han cuestionado la gustosidad de este género, debido a los altos niveles de sal presentes en las hojas, sobre todo cuando la planta crece en suelos salinos, considerando esto como la principal limitante para su consumo<sup>7,32,6</sup>, sin embargo, es un aspecto en controversia, ya que hay, quienes reportan altos niveles de gustosidad y otros por el contrario. Se puede mencionar que existen variedades o plantas que no son consumidas por los bovinos, pero que sí lo son por los ovinos y viceversa; por lo que Goodin<sup>26</sup> recomendó seguir investigando sobre los ecotipos a seleccionar. Milthorpe<sup>44</sup> ha propuesto que la poca gustosidad de *A. canescens* puede deberse a la fácil degradación de las proteínas a amoníaco en el rumen, el cual al ser absorbido causa malestar en los animales; sin embargo, no se han realizado estudios de este tipo hasta la fecha.

### 3.8 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado, en primera instancia, por el análisis químico proximal, pero el valor real del mismo para el animal sólo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo<sup>14</sup>. Esto obedece a que después de



consumir un alimento, hay residuos indigeridos que son excretados en las heces, los cuales significan una merma en términos de la utilización del mismo, por lo que la primera pérdida impuesta al alimento está representada por la parte que no es digerida ni absorbida en el animal.

El análisis de la digestibilidad de un alimento es muy importante, ya que existen diferentes moléculas en éste, unas de fácil digestión y absorción y otras que son resistentes a la degradación bacteriana y enzimática y, por ende, excretadas en las heces; y es precisamente este tipo de análisis lo que marca la diferencia entre la alimentación cuantitativa y la cualitativa<sup>14</sup>.

Con las pruebas de digestibilidad o de balance se cuantifican los nutrimentos que se ingieren y absorben en el tracto digestivo y las cantidades que se eliminan en las heces. Para esto es necesario conocer tanto la cantidad del alimento ingerido como excretado, siendo la diferencia entre ambas cantidades la parte que se supone fue digerida y absorbida por el animal, que al ser expresada como porcentaje resulta ser el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca o de cada uno de los componentes de los alimentos<sup>45,46,47</sup>.

En general, los valores de la digestibilidad obtenidos son aparentes, ya que normalmente no se hacen las mediciones, ni correcciones de los aportes metabólicos y endógenos (de origen corporal), tales como enzimas, hormonas, metabolitos y células de descamación, entre otros, que se producen como consecuencia del proceso digestivo y que aparecen en las heces sin que necesariamente sean un residuo alimentario. En el caso de que se obtengan dichos valores y se haga la corrección, se obtiene la digestibilidad verdadera, que refleja en forma más precisa la absorción de los nutrimentos aportados por el alimento<sup>46,47</sup>.

Los métodos para la medición de la digestibilidad que implican el empleo de animales vivos (*in vivo*), resultan costosos en cuanto al tiempo, la mano de obra calificada, las

grandes cantidades de alimento y el número de análisis químicos, pero poseen menos posibilidades de error con relación a los métodos alternativos<sup>46,47</sup>.

En una prueba de digestibilidad *in vivo* se alimenta a un animal con cantidades predeterminadas de una dieta de composición conocida, para medir cuidadosamente la ingestión de los diferentes nutrimentos por parte del animal durante un período de tiempo determinado, el cual se acompaña de la recolección total de las heces. Se requiere que la recolección cuantitativa de las heces esté libre de contaminación urinaria y que éstas representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento ingerido previamente medido. Posteriormente, se analizan tanto el alimento como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en ambas muestras<sup>45,46</sup>.

Al animal se le suministra la dieta a probarse durante un período preliminar para eliminar residuos provenientes de alimento consumido antes de iniciar el estudio, además de permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después de este período se inicia la recolección de heces; posteriormente, se hace un análisis de las mismas, ya que los componentes que se pierden en éstas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos, en virtud de que una vez que un alimento sufre los procesos de degradación gastrointestinal se expulsa el remanente en las heces<sup>45,46</sup>.

Como se mencionó, el término digestibilidad va a expresar el porcentaje de todo el alimento o de un componente de éste en particular, el cual no es excretado por el animal, suponiendo que es aprovechado y absorbido en el tracto gastrointestinal y comúnmente es expresado en función de materia seca y como porcentaje de *coeficiente de digestibilidad*. La *digestibilidad aparente de la materia seca* se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ DMS} = \frac{C - E}{C}$$

en donde:

C = Consumo de materia seca, E = heces en base seca

Para un estudio de digestibilidad *in vivo* se recomienda utilizar jaulas metabólicas, las cuales son modificaciones de las utilizadas en un principio para animales de laboratorio. Una característica esencial de estas jaulas es que el animal debe tener libertad de movimiento, en particular para recostarse y para levantarse, y que se puedan separar las heces y la orina. En las jaulas que ahora se emplean en forma común el animal se encuentra confinado de tal manera que no puede darse la vuelta y el largo de ésta se ajusta al tamaño del animal, de tal manera que las heces caen en forma directa a un recipiente colocado *ex-profeso*. El comedero se encuentra al frente, construido y colocado de tal modo que evita desparramar el alimento<sup>46</sup>.

Existen diferentes factores que afectan la digestibilidad de un alimento, como por ejemplo la composición y preparación del mismo; el tiempo de tránsito a través del tracto gastrointestinal y factores del animal *per se*, como son la especie, edad y etapa productiva. Por otra parte, se podría dar el caso en donde la digestibilidad pudiera ser sobrestimada, especialmente cuando la última comida del periodo experimental es larga y el incremento de la salida fecal se retrasa hasta después del final de la colección fecal.

Asimismo, en los animales existen variaciones en cuanto a la digestibilidad de un alimento se refiere. Se sabe que dentro de una misma especie animal hay diferencias más o menos grandes en el aprovechamiento de los alimentos y dependen, sobre todo, de la raza, etapas productivas (edad) y estado de salud, que en conjunto muestran hábitos y requerimientos alimentarios diferentes. Por lo tanto, la digestibilidad del mismo alimento puede variar aun dentro de la misma raza debido a que existen requerimientos nutricionales diferentes de un animal a otro<sup>47</sup>.

Por otro lado, existe una influencia del nivel de nutrición en la digestibilidad de los alimentos en diversas especies animales. Cuando se reduce la ingestión de alimento por debajo del nivel de mantenimiento en animales que poseen completos e intactos todos los órganos del aparato gastrointestinal, éstos tienden a ser más eficientes en la digestión de alimentos y en el aprovechamiento de los nutrimentos<sup>46</sup>.

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de algunos forrajes o raciones en rumiantes destacan:

- a) La cantidad de alimento consumido, ya que al aumentar éste, se reduce la digestibilidad en virtud de que el pasaje de la digesta se incrementa.
- b) Cantidad de fibra y/o lignina en el alimento: Como regla general, la digestibilidad de los forrajes disminuye conforme el porcentaje de fibra ácido detergente aumenta.
- c) Diferencia entre las especies: Los bovinos digieren los forrajes mejor que los ovinos, que a su vez digieren mejor los concentrados que los primeros; inclusive entre animales de la misma especie existen diferencias: se ha visto que el ganado cebú tiene mayores tasas de fermentación que el ganado europeo.
- d) Deficiencias nutricionales: Numerosos experimentos indican que la relativa o absoluta deficiencia de proteína resulta en una reducción de la energía digerible; también es notorio que la deficiencia de algunos micro y macro minerales (Mg, P, S, Fe, Co, Mn, Zn) disminuye la digestión ruminal.
- e) Factores que afectan el apetito: Cualquier factor que afecte el apetito tiene efecto en la digestibilidad; éstos incluyen tanto la naturaleza física de la ración como la ausencia o presencia de algún nutrimento o factor que influya en el apetito.
- f) Frecuencia en la alimentación, ya que al aumentarse ésta, se tiende a incrementar la digestibilidad.

- g) Preparación del alimento: Al rolar los granos, se aumenta la digestibilidad; en este rubro pueden incluirse los tratamientos que reciben los esquilmos y pajas (físicos, químicos o biológicos).
- h) Efecto asociativo del alimento: Se ha observado que una combinación de pellet de alfalfa y ensilado de maíz tiene mayor digestibilidad que estando estos separados.
- i) Adaptación a cambios de ración: Los microorganismos ruminales requieren como mínimo 10 días de adaptación; de no ser así la digestibilidad disminuirá.

Existen diferentes métodos para determinar la digestibilidad de un forraje o ración en los animales rumiantes; entre ellos se encuentran: la digestibilidad *in vivo*, *in vitro* e *in situ*, las cuales se describirán a continuación.

**Digestibilidad *in vitro*:** Los estudios *in vitro* o en rumen artificial se han desarrollado con base en que las técnicas *in vivo* requieren de bastante tiempo y son muy costosas; se requiere de grandes cantidades de alimento, además de no poder diferenciar entre los cambios a nivel de rumen y la digestión post-ruminal; por lo que se intenta simular los procesos digestivos en el rumen, bajo condiciones de laboratorio. Aquí se lleva a cabo una fermentación anaerobia, utilizándose un sustrato en una solución amortiguadora similar a la composición de la saliva y en el líquido ruminal filtrado, saturando todo el medio de CO<sub>2</sub>, ya que los microorganismos ruminales requieren de condiciones anaeróbicas. Los productos finales de la fermentación son principalmente bióxido de carbono, metano y ácidos grasos volátiles (AGV's) y masa microbiana. La producción de gases o de AGV's puede inhibir el proceso de fermentación; por lo tanto, debe de mantenerse una temperatura constante (39-40°C) y agitación de vez en cuando de las muestras<sup>48</sup>. El método más usado es el desarrollado por Tilley & Terry el cual involucra 48 horas de fermentación con fluido ruminal, seguido de una digestión con pepsina por 48 horas, modificado por Minson y McLeod<sup>49</sup>.

**Digestibilidad *in situ*:** La técnica de la bolsa de fibra artificial, ha sido utilizada durante varios años para proporcionar valores estimados de la tasa de desaparición de los constituyentes alimenticios en el rumen<sup>50</sup>. Esta técnica tiene la ventaja de dar una

estimación rápida de la tasa y el grado de degradación de los alimentos en el rumen, sin necesidad de ningún procedimiento complicado más que simplemente pesar. Por otra parte, se ha observado que los valores encontrados después de 48 horas de degradación, se pueden comparar con los encontrados en la digestibilidad *in vivo* cuando se utilizan bolsas con poros extremadamente pequeños<sup>51</sup>. Otra ventaja consiste en que el material alimenticio se encuentra suspendido en el rumen, estando éste en íntimo contacto con el ambiente ruminal (temperatura, pH, sustrato, buffer, enzimas, etc.), cosa que no sucede en la técnica de digestibilidad *in vitro*. Orskov y col.<sup>50</sup> mencionan tres limitantes en esta técnica:

- a) Al ser la muestra confinada dentro de la bolsa, no está expuesta a ninguna reducción debido a la masticación y rumia.
- b) El alimento normalmente podría salir del rumen, una vez que tuviera el tamaño adecuado.
- c) Debe recordarse que lo que es cuantificado es la reducción del material a un tamaño suficientemente pequeño para salir de la bolsa y no necesariamente una degradación completa a componentes químicos sencillos. Por lo tanto, los resultados deben ser tratados con el debido cuidado y, en general ser usados como indicadores cualitativos de los principios generales.

Asimismo, se han mencionado diferentes fuentes de variación en esta técnica que son importantes considerar, entre las que se encuentran: el tipo de material con el que están elaboradas las bolsas, la porosidad de las mismas, la preparación de la muestra, el tamaño de la partícula, la cantidad de muestra, la dieta del animal, el tiempo de incubación y el número de bolsas incubadas. El procedimiento de lavado después de la incubación también es importante, ya que se ha observado en diferentes investigaciones que es muy variable dependiendo de la duración, así como el efecto animal. Este último se ha dividido en tres posibilidades: comparación entre especies, entre animales y dentro del mismo animal. Con respecto a este último, es preciso mencionar que se han encontrado variaciones en un mismo animal en los duplicados y entre días consecutivos<sup>51</sup>.

**Digestibilidad *in vivo*:** Aunque ya fue explicada, es menester mencionar que este tipo de estudios se ha apoyado en el empleo de marcadores, mismos que se remontan a principios de siglo. Los marcadores han sido definidos como sustancias inertes, sin efectos tóxicos, que no deben absorberse, ni metabolizarse, tienen que ser ingeridos y excretados en su totalidad, así como mezclarse íntimamente con el alimento. Por otra parte, al ser utilizados no deben de afectar el tracto digestivo y deben poderse medir y analizarse fácilmente en el laboratorio.

Se consideran marcadores internos aquéllos que forman parte natural de la dieta, como sería la lignina, mientras que un marcador externo es aquel que se adiciona a la ración y se consume por vía oral, como por ejemplo el óxido de cromo, que puede suministrarse con diferentes vehículos como son la pulpa de papel, alimento peletizado, cápsulas de gelatina y el alimento amordantado. Otra forma de clasificarlos es como marcadores absorbibles y no absorbibles o marcadores fecales. Los primeros son aquéllos que se absorben completamente junto con el alimento y son recuperados en la orina, mientras que los no absorbibles son sustancias que no se absorben en el tracto digestivo y se recuperan en las heces.

Para elegir un marcador es necesario que éste cumpla con las siguientes características<sup>52,53</sup> :

- a) Inerte, para evitar efectos tóxicos fisiológicos,
- b) indigerible, no metabolizable ni absorbido y completamente excretado,
- c) no ser muy voluminoso,
- d) no tener influencia sobre la secreción alimenticia, digestión, absorción, motilidad normal y excreción.
- e) mezclarse íntimamente con el alimento y permanecer uniformemente distribuido en la digesta.
- f) no afectar, ni ser afectado por la flora microbiana y
- g) ser fácilmente analizado a nivel de laboratorio.

Sin embargo, es preciso mencionar que, hasta la fecha, ningún marcador disponible satisface todos estos requisitos.

Por otra parte, las técnicas de marcadores deben ser consideradas con relación al método de administración del marcador y al método de muestreo.

El marcador puede administrarse continuamente a una tasa constante, o bien, en una sola dosis, ya sea por medio del alimento o por infusión ruminal. En el muestreo se deben tomar pequeñas muestras de la digesta en tiempos sucesivos<sup>16</sup>.

Existen marcadores solubles en líquidos y en sólidos<sup>16</sup>. Entre los principales marcadores relacionados con la fase líquida se encuentra el polietilenglicol<sup>16,54</sup>, ya que cuando es utilizado el  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  para medir flujos, éstos pueden ser sobrestimado en un 4 a 6%<sup>16</sup>. Para la fase sólida se pueden mencionar como los más importantes a los complejos de Ru, Ce<sup>55</sup> y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ <sup>16,55,56</sup>. Al emplear  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  impregnado en papel y suministrado 2 veces al día, al muestrear periódicamente, se obtuvieron recuperaciones del 99.3 y 98% respectivamente<sup>16</sup>. En el estudio realizado por Wilkinson y Prescott<sup>56</sup> se citan recuperaciones de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  en heces del 85 al 91%. Por otro lado, Hungate<sup>57</sup> menciona haber obtenido hasta un 82% de recuperación. Los bajos porcentajes pueden estar asociados con el método de suministro del marcador y del muestreo<sup>54,56</sup>. Sin embargo, se ha observado una variación diurna en la excreción del  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , teniéndose una concentración más baja durante la noche<sup>56</sup>, lo cual altera los resultados de recuperación. Independientemente del vehículo empleado, se obtendrán irregularidades en el muestreo de heces y digesta ruminal, probablemente debido a variaciones en la secreción salival o al consumo de agua.

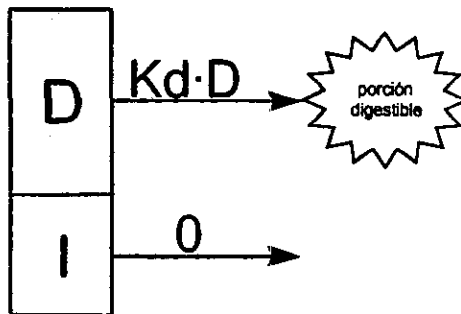
### 3.9 CINETICA RUMINAL

La digestión en los rumiantes es un proceso complejo que involucra interacciones dinámicas entre la dieta, la población microbiana y el animal. Conceptos como digestibilidad o eficiencia de conversión son coeficientes generalmente estáticos e independientes del tiempo; sin embargo, ambos procesos van a depender del tiempo de retención y de la velocidad de reacción. La cinética de digestión es importante porque con ella se determina la proporción de nutrimentos consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, además de no describir sólo la digestión, sino



que caracteriza las propiedades intrínsecas de los alimentos que limitan su disponibilidad para los animales a partir de modelos desarrollados con base en principios biológicos, clasificando a los alimentos en fácilmente digestibles, de digestión lenta o en indigeribles<sup>15</sup>.

El concepto de que todos los componentes del alimento no son potencialmente digestibles no sólo simplificó la descripción de la digestión matemática, sino que clarificó la estructura o esqueleto biológico para explicar la digestión. Es intuitivo que la velocidad de digestión es válida únicamente para los componentes potencialmente digestibles, es decir, los componentes indigeribles no pueden tener velocidad de digestión. Por lo tanto, el problema al describir la cinética de digestión son los residuos remanentes después de la digestión, los cuales son una mezcla de materia indigestible y no digerida. El modelo propuesto por Waldo en 1970<sup>15</sup> se ilustra en la figura 5.



**FIGURA 5 MODELO DE DIGESTIBILIDAD DE UN COMPARTIMENTO**

Ahí se supone que los residuos indigeribles no desaparecen, mientras que los residuos potencialmente digestibles desaparecen a una tasa que es proporcional a su masa en cualquier tiempo. La ecuación para ese modelo es:

$$dD/dt = -k_d \cdot D$$

$$dI/dt = 0$$

Donde  $t$  = tiempo,  $I$  = residuo indigestible,  $D$  = residuo potencialmente digestible y  $k_d$  = constante de velocidad de digestión.

En general, se miden cantidades o concentraciones en un sistema a un tiempo específico. De tal manera que al describir los datos colectados a través del tiempo se deriva la siguiente ecuación:

$$D(t) = D_i \cdot \exp^{-k_d \cdot t}$$

Esta ecuación puede ser transformada a una función lineal, readaptándola y sustituyendo:

$$\ln [D(t)] = \ln [D_i] - k_d \cdot t$$

El intercepto se puede utilizar para estimar  $D_i$  y la pendiente del coeficiente de regresión estima la velocidad o tasa constante de digestión ( $k_d$ )<sup>15</sup>.

Por otra parte, el tracto gastrointestinal de los rumiantes puede ser dividido en tres entidades anatómicas con propiedades digestivas y de pasaje únicas: el rumen-retículo, el intestino grueso y el intestino delgado. En el rumen e intestino grueso se lleva a cabo una digestión basada fundamentalmente en la fermentación microbiana, mientras que en el intestino delgado la degradación es de tipo enzimática. Para comprender mejor el proceso de fermentación ruminal se puede estudiar desde el punto de vista anatómico y fisiológico. El rumen funciona como una mezcladora imperfecta, así como un reactor de flujo continuo.

Desde el punto de vista nutricional, el tiempo de tránsito es un factor importante que determina la eficiencia de utilización de una cantidad dada de alimento. En la literatura se pueden encontrar diversos términos que se utilizan para describir el paso de material ingerido a través del tracto digestivo, como son: flujo, tiempo medio de retención, tiempo de recambio, tiempo de tránsito y tiempo promedio de retención.

Estos términos en ocasiones son intercambiados, por lo que frecuentemente causan confusión al momento de la interpretación. Por lo tanto, a continuación se presenta la definición que se le dará a cada uno de ellos en el presente trabajo:

- 1) Flujo: Cantidad de material que es transferido de un compartimento a otro por unidad de tiempo.
- 2) Tiempo medio de retención: Es el tiempo en que se retiene la mitad de la digesta en la primera porción del tracto-gastrointestinal, o bien el tiempo que tarda en salir el 50% del marcador<sup>58</sup>.
- 3) Tiempo de recambio: Tiempo requerido para cambiar una cantidad de digesta igual a la presentada en la porción superior del tracto digestivo, es decir cuando se recupera el 63% del marcador<sup>57</sup>.
- 4) Tiempo de tránsito: Es el tiempo que tarda la digesta de un alimento en pasar a través del tracto digestivo o por algún segmento de éste. La forma de calcular el tiempo de tránsito es considerando la primera aparición del marcador en las heces<sup>53</sup>.
- 5) Tiempo de retención o tiempo promedio de retención: es el tiempo requerido para cambiar una cantidad de digesta igual a la presentada en el rumen<sup>57</sup>, o bien, es el tiempo promedio que permanecen las partículas en el rumen<sup>59,57</sup>. Es la relación de volumen/flujo ( $V/F$ )<sup>60</sup>. Es importante mencionar que Mertens<sup>15</sup> a esto lo define como tiempo de recambio.
- 6) Digesta: alimento y material ingerido sujeto a digestión dentro del tracto digestivo; técnicamente también incluye secreciones y excreciones de los órganos digestivos<sup>53</sup>.

El sistema de cultivo continuo conocido como "quimiostato" (reactor), ha sido empleado por los nutriólogos para el estudio de los aspectos básicos de la

fermentación ruminal. Este sistema de cultivo controla el crecimiento celular por medio de la tasa de adición de sustrato y de la tasa de dilución en un volumen fijo<sup>61</sup>.

Un quimiostato es un sistema abierto, homogéneo y de una sola etapa. En el Cuadro 1 se presenta el arreglo experimental necesario para llevar a cabo el cultivo continuo y se utiliza para estudiar levaduras y bacterias.

**Cuadro 1      Aplicaciones experimentales del cultivo continuo**

Variables independientes	Variables dependientes
Tiempo	Tasas metabólicas
Velocidad de crecimiento	Concentración celular
Concentración del sustrato	Composición celular
Sustrato limitante	Excreción celular
Concentración del producto	Morfología celular
Cultivo mixto	Velocidades de mutación
pH	Patrones metabólicos
Temperatura	Selección de microorganismos con $\mu$ alta
Aeración-agitación	Tiempo de expresión del mutante
Inhibidores	Virulencia
Inductores de enzimas	
Agentes mutagénicos	

Quintero, 1993.

Para entender mejor este concepto, a continuación se explica la teoría del quimiostato. Este es un cultivo en el que se introduce continuamente medio fresco a una velocidad uniforme; el volumen del cultivo se mantiene constante por extracción también uniforme de ese cultivo. Idealmente, el mezclado debe ser perfecto, es decir, que cuando una gota del medio entre al reactor, instantáneamente deberá quedar uniformemente distribuida en el cultivo. Esto significa en la práctica que el tiempo requerido para mezclar un pequeño volumen del medio con el cultivo será también pequeño comparado con el tiempo de retención ( $t_r$ ), dado por  $V/F$ , donde  $V$  es el volumen y  $F$  la velocidad de flujo volumétrico del medio<sup>60</sup>.

Obviamente, el rumen no es una réplica exacta de este modelo; sin embargo, su similitud en algunos puntos es suficiente para aplicar la teoría de alimentación continua<sup>57</sup>, pues ambos siguen cinéticas de primer orden<sup>61</sup>. En el Cuadro 2 se mencionan las diferencias entre un quimiostato y el rumen.

**Cuadro 2 COMPARACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL QUIMIOSTATO Y EL RUMEN**

FACTOR	QUIMIOSTATO	RUMEN
ESTADO CONSTANTE O ESTABLE	SI	No (Depende del nivel y tipo de alimentación)
CONCENTRACION BACTERIANA	CONSTANTE	Variable con base al tipo de alimentación
CONCENTRACION DEL SUSTRATO	CONSTANTE	Variable con base al ciclo de alimentación
TASA DE DILUCION	CONSTANTE	Variable con base al ciclo y tipo de alimentación
RENDIMIENTO CELULAR	CONSTANTE	Variable con base al tipo de alimentación
CULTIVO CONTINUO	SI	SI, cuando la alimentación se basa en granos. No, cuando la alimentación se basa en forrajes con alto contenido de fibra.
MEZCLADO	PERFECTAMENTE LIQUIDO	Existe fase líquida y sólida.

Bergen, W.G. (1979).

La fermentación ruminal tiene características tanto de un sistema "batch" o de flujo pistón, como uno continuo. En un sistema continuo la masa fermentada, el flujo y los residuos alimenticios salen en cantidad equivalente a los que entran. El rumen varía del modelo de fermentación continua porque el alimento consumido por el animal, el volumen, la tasa de secreción y la velocidad con que sale el material del rumen no son constantes<sup>57</sup>. Así, se tiene que a bajas tasas de dilución ruminal (principalmente con alimentación con alto contenido de fibra), la fermentación ruminal generalmente se asemeja a un cultivo "Batch" y la eficiencia de rendimiento celular ( $Y_{ATP}$ ) es relativamente baja y constante.

Por otro lado, en condiciones dietarias que presentan altas tasas de dilución (principalmente granos), la fermentación ruminal se asemeja a un cultivo continuo, con altas tasas de eficiencia energética para la síntesis de proteína microbiana<sup>18,61</sup>. Un sistema de fermentación continuo está descrito por la tasa de dilución o de recambio (D), el volumen (V), la tasa de flujo (F) y el tiempo de retención (tr).

La tasa de dilución es la cantidad de digesta (como peso o proporción del volumen ruminal) que sale del rumen en un tiempo dado y se expresa en  $h^{-1}$  o  $\% h^{-1}$  <sup>54,53,62</sup>. En otras palabras, la tasa de dilución representa la tasa de flujo (F) por unidad de volumen (V)<sup>60</sup>. La relación V/F se denomina tiempo de retención.

Teóricamente, las tasas de dilución muy altas pueden causar ineficiencias a través de la pérdida de sustrato no fermentado, lo cual conduce a una reducción en la digestibilidad y a una competencia entre la dilución y el tiempo de generación celular<sup>63</sup>.

En los rumiantes, la eficiencia del crecimiento bacteriano está directamente relacionada con la tasa de dilución de las bacterias y/o del contenido ruminal, pero debido a que las bacterias en el rumen están parcialmente asociadas con los sólidos y con la pared ruminal, la tasa de crecimiento bacteriano puede ser o no necesariamente paralela a la tasa del líquido<sup>16</sup>, lo cual se explica porque solamente en cultivos continuos de estado estable, la tasa de crecimiento específico ( $\mu$ ) de los microorganismos es igual a la tasa de dilución (D) del cultivo<sup>61</sup>.

Los factores más importantes en la determinación de la eficiencia con la cual el animal utiliza una cantidad dada de alimento son: la tasa de dilución de la digesta ruminal, el grado de degradación de la digesta, la naturaleza de los productos finales de la degradación y los requerimientos nutricionales del animal<sup>16</sup>.

Para determinar el volumen, se asume que la cantidad de agua en el rumen permanece constante y la tasa de flujo de agua hacia dentro y hacia fuera del rumen es continua y permanece constante durante el experimento. En esta técnica, una cantidad conocida de marcador se administra directamente dentro del rumen y se toman muestras del contenido ruminal a diferentes intervalos de tiempo. Suponiendo una condición de equilibrio y una rápida homogeneización del marcador, se tiene una relación exponencial <sup>55,58</sup> entre la concentración del marcador y el tiempo, que puede expresarse en escala de logaritmo natural y graficarse como una línea recta<sup>53,58</sup>. Cuando esta línea se extrapola hacia el tiempo cero, se puede estimar la concentración del marcador al tiempo de la dosificación <sup>53</sup>.

Teniendo la ecuación de la recta:

$$Y = kX + b$$

Donde:

k = pendiente de la recta

b = intersección con el eje Y

Y = concentración del marcador

X = tiempo de muestreo

y de acuerdo con la teoría de las reacciones de primer orden<sup>57,64,65</sup>, al integrar se tiene el siguiente modelo:

$$y(t) = y(0) \cdot \exp(-kt)$$

Donde:

y (t) = concentración del marcador presente al tiempo t

y (0) = concentración del marcador al tiempo cero

k = constante de desaparición (pendiente de la recta)

t = tiempo

Con el uso de marcadores se pueden calcular una serie de parámetros de suma importancia en el sistema de cultivo continuo, como volumen ruminal y tiempo medio.

Siguiendo las fórmulas de Faichney<sup>52</sup> se tiene:

1) Volumen ruminal (V):

$$V \text{ (g o ml)} = \frac{\text{g de marcador infundido}}{\text{antilogaritmo natural } b}$$

Donde:

b = intercepto de la recta con el eje y

2) Tiempo medio ( $t_{1/2}$ ):

$$t_{1/2} (h) = \frac{\ln 2}{k}$$

Donde:

$\ln 2$  = logaritmo natural de 2 (.693)

$k$  = constante de desaparición (pendiente de la recta)

$$t_{1/2} (h) = \frac{\sum_{i=1}^n C_i t_i}{\sum_{i=1}^n C_i}$$

Donde:

$C$  = concentración del marcador al tiempo  $i$

$t$  = tiempo

Y con base en la ecuación de Ellis<sup>54</sup>):  $A = A_0 e^{-kt}$

Donde:

$A$  = concentración del marcador a un tiempo determinado ( $t$ )

$A_0$  = concentración del marcador al tiempo cero

$k$  = pendiente de la recta

3) Flujo ruminal ( $F$ ):

$$F (g \text{ o } ml/h) = \frac{\text{Volumen ruminal (g o ml)}}{2 (t_{1/2})}$$

4) Tasa de dilución ( $D$ ):

$$D (h^{-1} \text{ ó } \% h^{-1}) = \frac{\text{Flujo ruminal (g o ml/h)}}{\text{Volumen ruminal (g o ml/h)}} \quad 46,66,56$$



$$D \text{ (h}^{-1} \text{ ó \% h}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Volumen de digesta ruminal}} \quad 54$$

Es importante considerar que existe una gran variedad en cuanto al efecto del animal sobre los resultados cinéticos, aún con la misma dieta<sup>67</sup>.

Los datos de cinética pueden ser obtenidos a través de métodos *in vivo* o *in vitro*. Los métodos *in situ* se usan para estimar la cinética de digestión de proteína o de la materia seca. Algunos investigadores utilizan éste último por ser más apropiado para medir cinéticas de digestión, ya que se pueden medir efectos combinados del alimento y del animal y el objetivo fundamental es medir la tasa intrínseca o inherente y el grado de digestión del alimento, en donde la digestibilidad es proporcional a la concentración de sustrato<sup>66</sup>.

$$dS/dt = -K_s S$$

Donde:

$dS/dt$  = Velocidad a la que disminuye la concentración de sustrato (S)

$K_s$  = Constante de velocidad de la desaparición de sustrato.

Mertens<sup>15</sup> sugiere que los modelos comúnmente descritos de digestión de los alimentos en el rumen consisten de tres fases:

1. La fase inicial, conocida como fase lag
2. Un período de degradación rápida y
3. Una digestión lenta como la proporción del incremento de la fracción, y con el intervalo entre las observaciones se podría hacer una estimación precisa para cada variable.

La fase lag de digestión se define como el período de fermentación inicial, cuando la digestión es constante o se presentan tasas muy reducidas. El efecto lag se muestra

como una característica no lineal<sup>66,64</sup> y se debe a la adherencia o asociación de los microorganismos al sustrato antes de la digestión enzimática<sup>64</sup>. Por lo que medir la hora cero es necesario para distinguir la solubilidad de la digestión y estimar el efecto lag.

#### 4. OBJETIVOS

##### GENERAL:

Estudiar la digestibilidad y el patrón de fermentación ruminal de ovinos alimentados con niveles crecientes de hojas de *Atriplex canescens* (0, 10, 20, 30%).

##### ESPECIFICOS:

- a) Estudiar la composición química de las hojas de *A. canescens*.
- b) Evaluar la desaparición *in situ* y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MS), y la digestibilidad *in vivo* de la MS, nitrógeno (N) y energía en ovinos alimentados con las diferentes dietas.
- c) Determinar la cinética de desaparición *in situ* de la MS, N y fracciones de fibra.
- d) Determinar el balance de nitrógeno de los ovinos alimentados con las distintas dietas.
- e) Determinar los parámetros de fermentación ruminal (pH, NH<sub>3</sub>, ácidos grasos volátiles (AGV's): acético, propiónico, butírico y la cinética de líquidos y sólidos en el rumen de ovinos alimentados con diferentes niveles de *A. canescens*.

## 5. HIPOTESIS

1. La inclusión de niveles crecientes de hojas de *A. canescens* en la dieta de ovinos no modificará los parámetros normales de fermentación ruminal.
2. Los niveles crecientes de hojas de *A. canescens* en la dieta de ovinos modificará la cinética ruminal, incrementando la tasa de recambio.
3. La sustitución de hojas *A. canescens* en la dieta de ovinos no introducirá cambios en la desaparición *in situ* ni en la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, nitrógeno o energía.
4. Los ovinos alimentados con dietas con niveles de inclusión de hasta el 30% de hojas de *A. canescens* presentarán un balance positivo de nitrógeno.
5. El follaje de *A. canescens* podrá sustituir a la alfalfa de la dieta de borregos en forma satisfactoria.

## 6. MATERIAL Y METODOS:

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Subdirección de Nutrición del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán".

El material vegetativo fue recolectado en forma manual de un matorral natural al sur del Municipio de Concepción del Oro, Zac., entre los 24° 21' latitud norte y 101° 24' latitud oeste; la altura del área de estudio es de 1850 m.s.n.m. El clima corresponde, de acuerdo a la clasificación de Köppen, al tipo de "BS<sub>0</sub>HW" (BS<sub>0</sub> = clima seco, considerándose de los más secos, con un coeficiente de precipitación/temperatura de 22.9; H = Semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22°C; W = Principal temporada de lluvias en verano, presentando una lluvia invernal entre 5 y 10.2% del total anual<sup>b</sup>. Luna y col.<sup>68</sup> reportan una temperatura media anual de 12°C con una evaporación anual media de 2 100 mm y una precipitación media anual de 351 mm. Aproximadamente, el 70% de la precipitación anual ocurre durante la estación de crecimiento, es decir en el verano.

La planta de *A. canescens* fue secada a temperatura ambiente y deshojada manualmente. La evaluación química de las hojas de *Atriplex* se hizo mediante el análisis químico proximal de acuerdo con los métodos propuestos por la A.O.A.C.<sup>69</sup>, fracciones de fibra según la metodología de Van Soest<sup>70,71</sup> y Goering<sup>72</sup>, energía bruta por bomba calorimétrica y sodio por espectrofotometría de absorción atómica<sup>69</sup>.

Se elaboraron una dieta testigo con heno de avena y alfalfa y tres dietas para tratamientos, en las que se incluyeron 10, 20 y 30% de hojas de *A. canescens* en sustitución del forraje. Las dietas fueron isocalóricas e isoproteicas y se formularon con base a las recomendaciones del NRC<sup>73</sup> para borregos. Se les realizó el análisis químico proximal, fracciones de fibra y energía bruta.

Se realizaron pruebas metabólicas *in vivo*, para las cuales se emplearon 4 borregos machos, criollos, de 54 Kg de peso promedio, los cuales fueron fistulizados

---

<sup>b</sup> Mellado (comunicación personal)

ruminalmente mediante la técnica propuesta por Hecker<sup>74</sup>, utilizando cánulas fijas (Bar-Diamond), y desparasitados tanto interna como externamente. Los animales permanecieron en jaulas metabólicas durante todo el estudio y fueron distribuidos al azar en 4 unidades experimentales de un animal cada una. La distribución de las dietas a los animales también se realizó al azar, siguiendo un diseño pseudoaleatorio con estructura de cuadrado latino 4 X 4 previo periodo de adaptación para evitar efectos residuales de la dieta anterior<sup>75</sup>.

Cada uno de los periodos tuvo una duración de 26 días, de los cuales 14 fueron de adaptación a las dietas y 12 de recolección de muestras biológicas (heces, orina y contenido ruminal). Las dietas se intercambiaron después de cada periodo, de tal forma que todos los animales recibieron las cuatro dietas.

En el periodo de adaptación, las dietas se ofrecieron *ad libitum*, registrándose diariamente el consumo voluntario, el cual se redujo posteriormente en un 10% durante el periodo de recolección de muestras biológicas, con el fin de asegurar su consumo total.

Se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca por el método de Tilley y Terry<sup>48</sup>, modificado por Minson y McLeod<sup>49</sup>, por quintuplicado para cada uno de los periodos por animal, el líquido fue obtenido de animales adaptados previamente a la dieta por analizar.

Para determinar la digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca, proteína cruda, y energía, se determinó el porcentaje de humedad y proteína cruda por los métodos del A.O.A.C.<sup>69</sup> y energía bruta por bomba calorimétrica (tanto de las heces como del alimento). Antes de la alimentación, se recolectaron y pesaron las heces totales de cada animal durante siete días consecutivos<sup>76</sup>, tomándose una alícuota del 10% para análisis posteriores; después se juntaron las 7 muestras recolectadas durante la semana y de éstas se tomó una alícuota representativa para los análisis tanto en fresco (nitrógeno) como en seco; asimismo, se recolectó orina por 24 horas (para evitar la volatilización del amoníaco, al frasco colector se le adicionó 10 ml de HCl concentrado). Por otra parte, se analizó el alimento y se llevó un registro del consumo

para poder analizar el balance de materia seca, nitrógeno y energía. En los dos días siguientes a la recolección de heces, se llevó a cabo la prueba de desaparición *in situ*<sup>77</sup> por duplicado con períodos de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 36 y 48 horas después de ofrecido el alimento. Después de ser sacadas las bolsas de nylon del rumen, se lavaron hasta obtener un líquido de enjuague claro y transparente, se secaron a 60°C y se guardó el residuo alimenticio para determinar nitrógeno, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y materia seca, con la finalidad de determinar la cinética de desaparición *in situ*. Las bolsas utilizadas fueron de 12 X 8 cm con bordes redondeados y una porosidad promedio de 1200 a 1600 orificios/cm<sup>2</sup>.

La forma de calcular la cinética de desaparición *in situ* de la materia seca fue graficando el logaritmo natural del residuo y obteniendo la pendiente de la ecuación de la recta, para determinar el tiempo medio de degradación de acuerdo a la fórmula de Faichney<sup>52</sup>:

$$t_{1/2} (h) = \frac{\ln 2}{k}$$

Donde:

$t_{1/2}$  = tiempo medio

$\ln 2$  = logaritmo natural de 2 (.693)

$k$  = constante de desaparición (pendiente de la recta)

Para la cinética de degradación de las fracciones de fibra y nitrógeno, se consideró la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de desaparición} = \frac{\% \text{ de PC en la dieta} - \text{fracción de PC del residuo (\% residuo en la DISMS)}}{\% \text{ PC de la dieta}} \times 100$$

El porcentaje de desaparición se resta de 100 y posteriormente se saca el logaritmo natural, el cual es graficado contra el tiempo, para obtener la pendiente y el tiempo medio de degradación.

Se determinó la cinética ruminal de líquidos y sólidos mediante marcadores (polietilenglicol y óxido de cromo, respectivamente) y se tomaron muestras a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36 y 48 horas, siguiendo las fórmulas de Faichney<sup>52</sup>, de acuerdo con un modelo de cinética de primer orden de un solo compartimento.

A las muestras de contenido ruminal al momento de ser recolectadas se les determinó el pH por potenciometría<sup>78</sup> y se les centrifugó a 3,000 r.p.m. durante 15 min. para separar la fase líquida de la sólida. La fase sólida se secó a 60°C y posteriormente se molió y guardó para determinar Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mediante el método propuesto por Czarnocki y col<sup>79</sup>.

La fase líquida se dividió en tres partes para determinar:

- a) Amoníaco por potenciometría.
- b) ácidos grasos volátiles (AGV's): acético, propiónico y butírico, a las 0, 3, 6, 9 y 12 horas por cromatografía de gases, según el método propuesto por Erwin y col.<sup>80</sup>
- c) polietilenglicol, según metodología de Malawer y Powell<sup>81</sup>.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este estudio los resultados se analizaron mediante el paquete estadístico S.A.S., para un análisis de varianza con un diseño seudoaleatorio con estructura de cuadrado latino 4 X 4<sup>75,82</sup>. La diferencia entre medias se analizó empleando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05

El modelo para el diseño referido es:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \gamma_j + \tau_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  es igual a las diferentes variables de respuesta: digestibilidad *in vivo* de M.S., proteína cruda, FAD y energía, digestibilidad *in vitro* de la M.S., balance de nitrógeno, tasa de dilución, volumen, flujo y tiempo de retención y tiempo de recambio.

- $\mu$  es el efecto de la media general.
- $\rho_i$  es el efecto de la i-ésima hilera (animal).
- $\gamma_j$  es el efecto de la j-ésima columna (periodo).
- $\tau_r$  efecto del tratamiento que aparece en la j-ésima hilera/columna.
- $E_{ij}$  es el error aleatorio asociados con la unidad experimental en la hilera/columna (ij)

Asimismo, se hizo un análisis de medidas repetidas<sup>83</sup> para las variables de pH y amoníaco por medio del paquete estadístico S.A.S<sup>84</sup>.

$$Y_{ijr} = \mu + \tau_r + E_{ijr}$$

$Y_{ijr}$  = pH en el j-ésimo animal en el i-ésimo tratamiento

$\mu$  = media general

$\tau$  = efecto del tratamiento

i= i-ésimo tratamiento (i=1,...,4)

j= j-ésima observación

r= r-ésimo período de observación

$E_{ijr}$  = error aleatorio asociado con la unidad en el i-ésimo tratamiento



## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 ANALISIS QUIMICOS

Los resultados del análisis químico de las materias primas empleadas en este estudio se reportan en el Cuadro 3. Se puede observar que los valores de alfalfa y avena forrajera se encuentran dentro de los rangos referidos por la literatura. Asimismo, la composición química de *A. canescens* se parece a los rangos reportados por otros autores<sup>85,98</sup>. Por otra parte, El Hyatemy y col.<sup>87</sup> encontraron valores de proteína cruda (P.C.) de 13.6%; Garza y Fulbright<sup>88</sup> de 11.6 a 23.7%; Hassan y Abdel-Aziz<sup>89</sup> 10.42-13.26% en toda la planta y de 14.79-16.56% en hojas; Welch<sup>42</sup> de 6-14.2% y Sanginés y col.<sup>90</sup> de 7.6% en toda la planta. Toda esta variación en cuanto al contenido nutricional se puede deber a diferentes factores, entre los que se encuentran aspectos de tipo genético, época del año, etapa fenológica y localidad geográfica la cual está relacionada con el tipo de suelo y precipitación pluvial, entre otros: Por otra parte, también es muy importante la parte de la planta analizada, ya que no es lo mismo la composición química de las hojas, que la de toda la planta, como es el caso de los datos reportados por Sanginés y col.<sup>90</sup>. En cuanto a la cantidad de lignina y paredes celulares, Pichard y col.<sup>91</sup> reportaron 3.7% y 31.8%, mientras que en este estudio los valores fueron de 7.49% y 38.7%, respectivamente; esto va a depender de la madurez de la planta. Es importante mencionar que la *A. canescens* empleada en este trabajo se encontraba en un tercio de floración. Como se mencionó en la revisión de literatura, *A. canescens* es una planta halófila, por lo que puede contener altos niveles de sodio, dependiendo del suelo o bien del agua con la que fue irrigada. El Hyatemy y col.<sup>87</sup> y Garza<sup>88</sup> reportan un promedio de 2.2 a 2.7% de Na, lo que representa valores superiores a los encontrados en este estudio; inclusive se han reportado valores de cloruro de sodio en *A. nummularia* hasta de 14.46% en plantas regadas con agua salina<sup>90</sup>. Algunos de los efectos que altos niveles de sodio pueden ocasionar en el animal, van desde la intoxicación hasta la disminución en el consumo de materia seca afectando la digestibilidad de la materia orgánica<sup>92</sup>, asimismo, se habla de efectos adversos sobre los microorganismos ruminales<sup>93</sup>, disminuyendo la actividad hidrolítica de la microflora

ruminal sobre los hidratos de carbono<sup>94</sup>. Por otra parte también se menciona un incremento en la tasa de recambio de los sólidos a nivel ruminal<sup>95</sup> y un mayor escape de la proteína dietaria a la degradación en el rumen<sup>94</sup>, incrementándose el nitrógeno cecal<sup>96</sup> y urinario, disminuyendo la retención de nitrógeno<sup>93</sup>.

Por otra parte, se puede observar que la composición química de las hojas de *A. canescens* analizadas en este estudio, puede cubrir los requerimientos de mantenimiento de un animal adulto (Cuadro 4), lo cual coincide con lo reportado por Soltero y Fierro<sup>13</sup>.

**CUADRO 3 COMPOSICION QUIMICA DE LOS INGREDIENTES (g/100 g)**

Composición química	<i>Atriplex canescens</i> (hojas)	Alfalfa	Avena forrajera
Proteína cruda (PC)	12.89	18.00	7.50
Extracto etéreo (EE)	2.14	n.d.	n.d.
Fibra cruda (FC)	12.24	n.d.	n.d.
Cenizas	20.36	n.d.	n.d.
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	52.37	n.d.	n.d.
Fibra neutro detergente	38.70	31.74	65.63
Fibra ácido detergente	19.33	25.66	43.58
Hemicelulosa	19.37	6.08	22.05
Celulosa	10.92	21.93	21.93
Lignina	7.49	6.37	6.37
Total de nutrimentos digestibles (TND)	58.61*	58.00 <sup>a</sup>	53.00 <sup>a</sup>
Energía Bruta (Mcal/Kg)	3.15	3.47	3.25
Energía Digestible (Mcal/Kg) (ED)	2.58**	2.55 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>
Sodio	1.39	0.14 <sup>a</sup>	0.18 <sup>a</sup>

\*  $PC(.75)+EE(.9)(2.25)+FC(.5)+ELN(.75)$

\*\*1 Kg TND = 4,409 Kcal Energía Digestible (ED)

n.d no se determinó

<sup>a</sup> Tablas del NRC<sup>73</sup>

En el Cuadro 4 se mencionan las recomendaciones de mantenimiento para borregos adultos<sup>73</sup>, así como la formulación de las dietas experimentales (0, 10, 20 y 30% de *A. canescens*)

Es importante hacer notar que con la inclusión de 30% de *Atriplex*, se logró sustituir el 97% de la alfalfa en la dieta, obteniendo una ración con base, fundamentalmente, en avena forrajera y hojas de costilla de vaca o chamizo.

#### CUADRO 4 FORMULACION DE DIETAS EXPERIMENTALES PARA BORREGOS.

##### REQUERIMIENTOS:

	g	%
M.S	1200	100
P.C	113	9,42
TND	660	55
ED	2,9 Mcal	2,41 Mcal/Kg
Sodio (Na)	1,08 - 2,16	,09 - ,16

##### DIETA TESTIGO:

FORRAJE	% inclusión	% P.C.	% TND	ED Mcal/Kg	EB	g DE CONSUMO	g PC.	g TND	ED Mcal/día
Alfalfa	18,28	3,29	10,6	0,466	0,635	219	39,42	127	0,558
Avena	81,71	6,13	43,3	1,9	2,659	960	73,5	519	2,283
TOTAL	99,99	9,42	53,9	2,366	3,294	1199	112,93	646	2,841

##### DIETA 1 (10% *Atriplex* c.)

FORRAJE	% inclusión	% P.C.	% TND	ED Mcal/Kg	EB	g DE CONSUMO	g PC.	g TND	ED Mcal/día
Alfalfa	13,11	2,36	7,60	0,334	4,55	157	28,26	91	0,4003
Avena	76,88	5,76	40,746	1,791	2,502	922	69,15	488	2,1482
<i>Atriplex</i>	10,00	1,29	5,861	0,258	0,315	120	15,47	70	0,3096
TOTAL	99,99	9,41	54,207	2,383	3,272	1199	112,88	649	2,8581

##### DIETA 2 (20% *Atriplex* c.)

FORRAJE	% inclusión	% P.C.	% TND	ED Mcal/Kg	EB	g DE CONSUMO	g PC.	g TND	ED Mcal/día
Alfalfa	8	1,44	4,64	0,204	0,278	96	17,28	55	0,2448
Avena	72	5,40	38,18	1,677	2,343	864	64,80	458	2,013
<i>Atriplex</i>	20	2,58	11,72	0,516	0,630	240	30,93	14	0,619
TOTAL	100	9,42	54,52	2,397	3,251	1200	113,01	653	2,876

##### DIETA 3 (30% *Atriplex* c.)

FORRAJE	% inclusión	% P.C.	% TND	ED Mcal/Kg	EB	g DE CONSUMO	g PC.	g TND	ED Mcal/día
Alfalfa	2,86	0,514	0,166	0,073	0,099	34	6,12	19	0,086
Avena	67,13	5,034	35,578	1,564	2,185	805	60,37	426	1,875
<i>Atriplex</i>	30,00	3,867	11,72	0,774	0,945	360	46,40	211	0,929
TOTAL	99,99	9,41	53,32	2,411	3,229	1199	112,89	656	2,89

MS = materia seca; PC = proteína cruda; TND = total de nutrimentos digestibles; ED = energía digestible; EB = energía bruta

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del análisis químico de las dietas experimentales. En él se puede observar que el porcentaje de proteína cruda, se

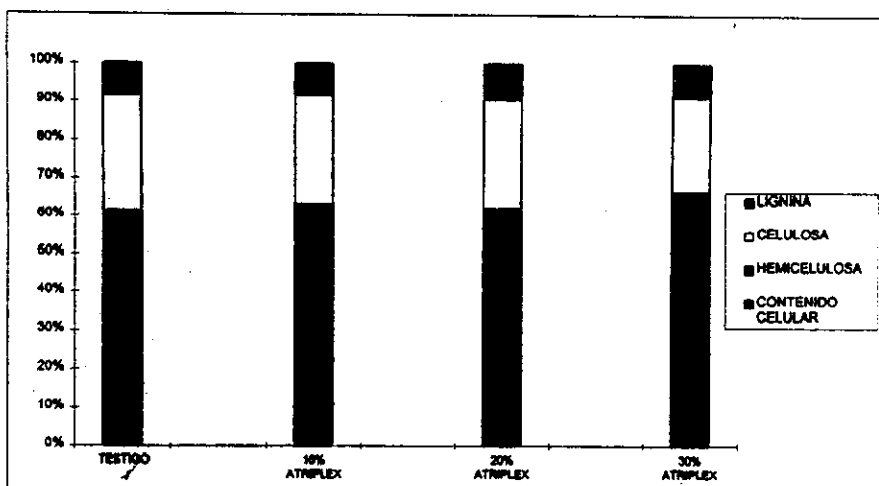
encuentra entre 9.65 y 10.67%, mayor a lo calculado que fue de 9.4%, y de energía bruta, entre 3.62 y 3.66 Mcal/Kg, en virtud de esto, se procedió a realizar un análisis de varianaza entre las dietas, sin encontrarse diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las mismas. Todas las dietas mantuvieron una relación adecuada de energía-proteína.

**CUADRO 5 COMPOSICION QUIMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (g/100g)**

	PC	EB Mcal/Kg	Na	FRACCIONES DE FIBRA					
				FND	CC	FAD	HEMICELULOSA	CELULOSA	LIGNINA
DIETA TESTIGO	9,95	3,645	0,172	56,17	43,83	40,45	15,72	29,35	8,07
DIETA 1: 10% ATRIPLEX	10,16	3,645	0,295	54,65	45,35	37,65	17	28,29	8,19
DIETA 2: 20% ATRIPLEX	10,67	3,62	0,419	54,58	45,42	38,62	15,96	28,24	9,33
DIETA 3: 30% ATRIPLEX	10,14	3,668	0,543	54,38	45,62	36,12	18,26	24,04	8,48

PC= proteína cruda; EB = energía bruta; Na = sodio; FND = fibra neutro detergente; CC = contenido celular; FAD = fibra ácido detergente

El Cuadro 5 y la Figura 6 muestran la relación de las fracciones de fibra en las dietas experimentales, donde se puede observar que el contenido celular va de 43.8 a 45.6% y la diferencia a 100% corresponde a las paredes celulares, encontrándose en mayor proporción la celulosa, seguida de la hemicelulosa; asimismo, reflejan la composición de las dietas, conformadas por ingredientes forrajeros.



**FIGURA 6 RELACIONES DE LAS FRACCIONES DE FIBRA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES**

La presencia de sodio en las dietas se calculó de acuerdo al contenido en *A. canescens*, y a los valores de las tablas del NRC de borregos para alfalfa y avena, siendo de 172, 295, 419 y 543 mg/100gr para las dietas con 0, 10, 20 y 30% respectivamente; las recomendaciones para animales adultos del NRC<sup>73</sup> son de 90-180 mg/100gr, por lo que las dietas experimentales excedieron dicha recomendación. Puls<sup>82</sup> menciona que niveles de sodio menores de 0.04% son deficientes, 0.16% marginales y de 0.4 a 0.7% son adecuados, y valores mayores al 3% en la dieta, causan una disminución en el consumo de materia seca y materia orgánica y afecta la digestibilidad. Davis y col. citados por Botouba<sup>85</sup> mencionan que las cabras en libre pastoreo, no se intoxicaron cuando consumieron hasta el 85% de arbustos en su dieta. Los niveles de *A. canescens* en este trabajo fueron mucho menores, ya que se incluyó hasta el 30%.

## 7.2 CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD

Se puede mencionar que los animales no mostraron rechazo por ninguna de las dietas, lo cual coincide con Rasool y col.<sup>97</sup>, quienes no encontraron diferencias en el consumo entre 250 y 450 g de *A. canescens*/día; asimismo, tampoco se observaron signos clínicos o subclínicos de intoxicación por sal. En este trabajo no se encontró evidencia de diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en cuanto al consumo (Cuadro 6). Es importante hacer notar que la digestibilidad *in vivo* fue menor en la dieta que contenía 30% de chamizo y esta diferencia se manifestó tanto en la digestibilidad de la proteína cruda como de la energía (de 14 y 9%, respectivamente en relación a la dieta testigo) (Cuadro 6). Sin embargo, a nivel de digestibilidad *in vitro* e *in situ* no se encontraron diferencias significativas  $P > 0.05$  (Cuadro 7), lo cual indica que hubo una interacción a nivel de absorción de los nutrimentos entre factores del animal y la dieta, lo cual será discutido mas adelante. En ese mismo cuadro se puede observar que a las 24 horas desapareció de la bolsa entre el 42 y 51% del material digestible en las dietas que contenían *A. canescens*, lo cual coincide con el tiempo medio de desaparición (45% promedio en las dietas). La desaparición *in situ* a las 48 horas fue de 55.3 a 58%, encontrándose una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las 24 y 48 horas de desaparición *in situ*, es decir, que el 50% del material fácilmente digestible fue degradado durante las primeras 24 horas y que posteriormente se degradaron compuestos fundamentalmente de fracciones de fibra.

En otros estudios en los cuales se incluyó 30% de *A. canescens*, se obtuvieron datos muy similares a los encontrados en este estudio en cuanto a la digestibilidad de la materia orgánica, ya que los porcentajes reportados fueron de 54.1 y 52.3<sup>85,98</sup>. Tampoco se encontraron problemas en cuanto al consumo de alimento.

**CUADRO 6 CONSUMO DE ALIMENTO Y DIGESTIBILIDAD *in vivo* EN BORREGOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens***

	DIETA TESTIGO 0% Atriplex	DIETA 1 10% Atriplex	DIETA 2 20% Atriplex	DIETA 3 30% Atriplex
CONSUMO (M.S. g/d)	1335 ±134	1295 ±194	1253 ±142	1206 ±141
DIG. IN VIVO DE M.S. (%)	64.11 <sup>A</sup> ±2.35	66.79 <sup>A</sup> ±1.54	62.92 <sup>A</sup> ±1.58	58.09 <sup>B</sup> ±3.79
DIG. IN VIVO PC (%)	74.12 <sup>A</sup> ±2.01	70.83 <sup>A</sup> ±1.63	73.5 <sup>A</sup> ±2.07	59.95 <sup>B</sup> ±5.66
DIG. IN VIVO DE ENERGIA (%)	67.63 <sup>A</sup> ±1.63	68.93 <sup>A</sup> ±1.95	64.98 <sup>AB</sup> ±2.24	58.63 <sup>B</sup> ±4.04

<sup>A,B</sup> Medias con distinta literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)

DIG. = digestibilidad; M.S. = materia seca; P:C = proteína cruda.

**CUADRO 7 DIGESTIBILIDAD *in vivo*<sup>1</sup>, *in vitro*<sup>2</sup> E *in situ*<sup>3</sup> DE LA MATERIA SECA**

	DIETA TESTIGO 0% Atriplex	DIETA 1 10% Atriplex	DIETA 2 20% Atriplex	DIETA 3 30% Atriplex
% DIGESTIBILIDAD <i>in vivo</i>	64.11 <sup>A</sup> ± 2.35	66.79 <sup>A</sup> ±1.54	62.92 <sup>A</sup> ±1.58	58.09 <sup>B</sup> ±3.79
% DIGESTIBILIDAD <i>in vitro</i>	67.95 ±0.86	68.67 ±1.08	68.93 ±0.31	68,11 ±2.06
% DESAPARICIÓN <i>in situ</i> 24 h	42.21 <sup>a</sup> ±11.38	44.62 <sup>a</sup> ±7.12	45.88 <sup>a</sup> ±10.97	51.53 <sup>a</sup> ±4.38
% DESAPARICIÓN <i>in situ</i> 48 h	58.02 <sup>b</sup> ±8.17	55.32 <sup>b</sup> ±8.77	56.61 <sup>b</sup> ±10.13	57.41 <sup>b</sup> ±3.86
TIEMPO MEDIO DE DESAPARICION (h)	45,78 ± 7.17	45,36 ±5.29	45,21 ±5.06	42,11 ± 5.24

<sup>1AB</sup> Medias con distinta literal indican diferencia significativa (P<0.05)

<sup>2</sup> No hubo diferencia estadísticamente significativa (P>0.05)

<sup>3a,b</sup> Medias con distinta literal indican diferencia significativa (P<0.05)

En las Figuras 7-10 se puede observar la cinética de desaparición *in situ* de las diferentes dietas, en donde la digestibilidad de la materia seca se incrementó conforme pasó el tiempo, es importante mencionar que en éstas gráficas se muestra la tendencia de desaparición que tuvieron las dietas hasta las 48 horas; sin embargo, al calcular el tiempo medio de desaparición (Cuadro 8), se observa que la desaparición de la materia seca de la bolsa continuaría por más tiempo, ya que a las 48 horas había desaparecido entre el 30 y 40% de la fibra neutro detergente; siendo de 55.92 a 60.54 el tiempo medio de desaparición *in situ*; así mismo la fibra ácido detergente fue la que más tiempo requirió para su desaparición. Por otra parte la proteína cruda, fue la porción de la dieta que desapareció más rápido en las 4 dietas, es decir, el nitrógeno fue más soluble en comparación a los otros compuestos, y tuvo un tiempo medio de desaparición *in situ* entre 24.76 y 41.37 horas, para las dieta 3 y 4, respectivamente, lo cual se puede observar en las Figuras 7 y 10.

En la Figura 12 se puede observar que a las 48 horas las cuatro dietas tenían aproximadamente el mismo porcentaje de desaparición de materia seca, lo cual está confirmado en el Cuadro 8, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el tiempo medio de desaparición *in situ*, pero como se mencionó la dieta 3 tuvo una desaparición más rápida de las fracciones solubles como el nitrógeno (Figura 13), ya que a las 24 horas había desaparecido el 50%, mientras que en la dieta testigo, hubo una desaparición más lenta del nitrógeno.

En cuanto al tiempo medio de desaparición *in situ* de la materia seca, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas dietas, mientras que para el nitrógeno, la dieta 3 (30% de *A. canescens*) fue la mas soluble junto con la dieta 2, ya que no se encontraron evidencias de diferencias estadísticamente significativas entre estas dietas (Cuadro 8 y Figura 11).



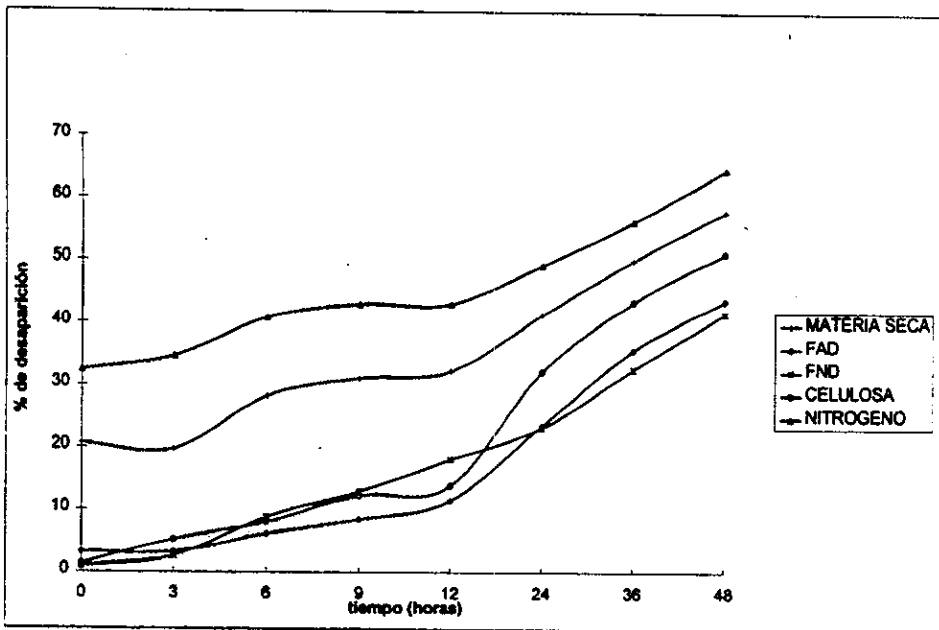


FIGURA 7 CINETICA DE DESAPARICION *In situ* (DIETA TESTIGO)

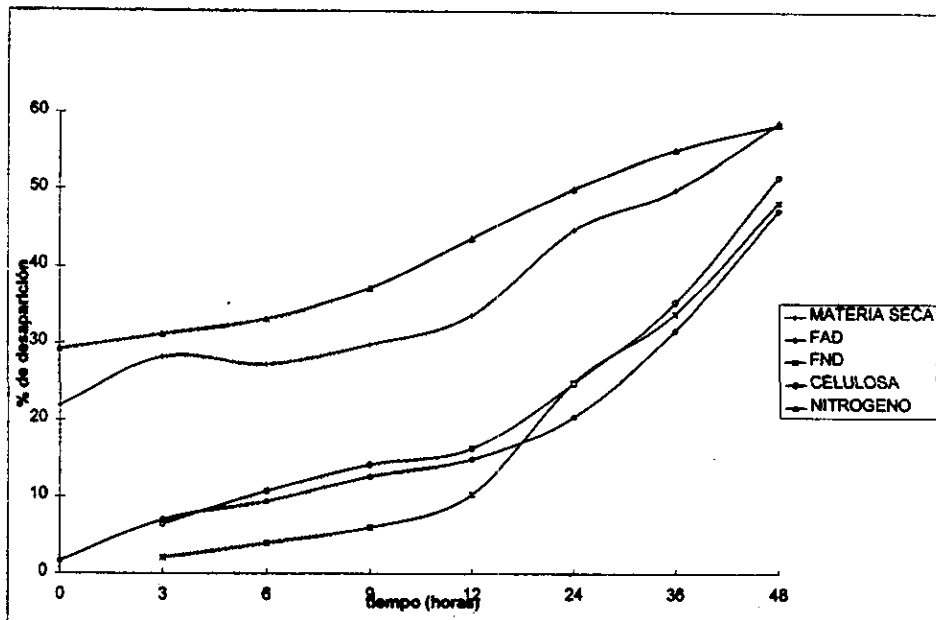


FIGURA 8 CINETICA DE DESAPARICION *In situ* DIETA 1 (10% *A. canescens*)

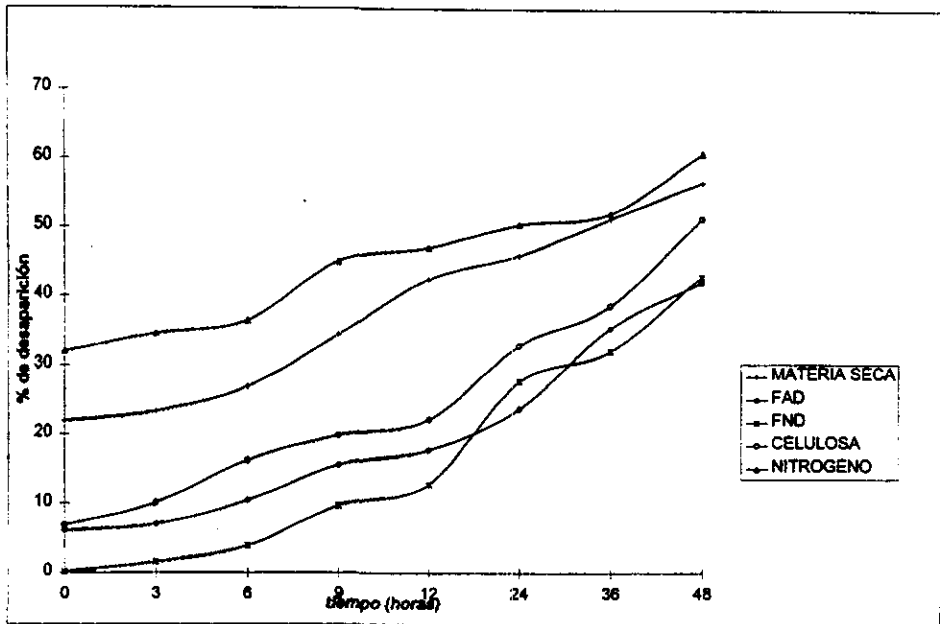


FIGURA 9 CINETICA DE DESAPARICION *in situ* DIETA 2 (20% *A. canescens*)

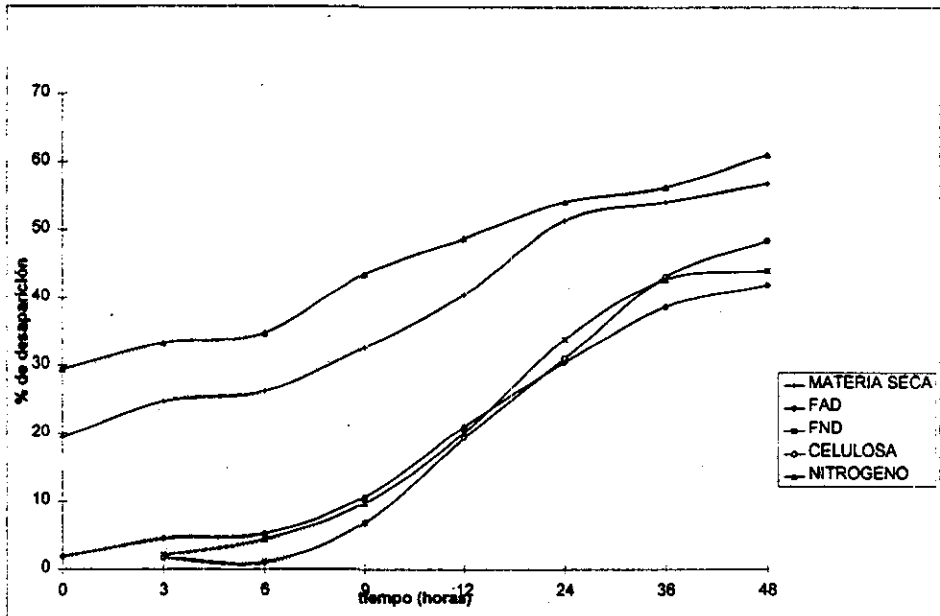


FIGURA 10 CINETICA DE DESAPARICION *in situ* DIETA 3 (30% *A. canescens*)

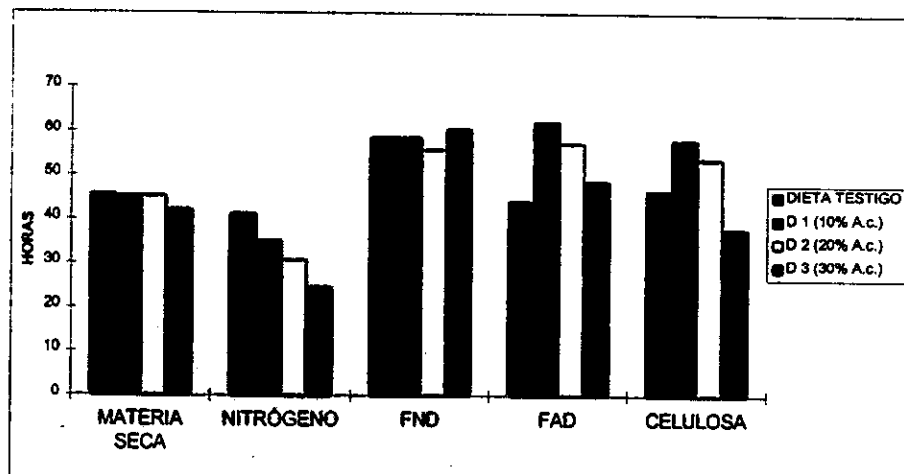
**CUADRO 8**

**TIEMPO MEDIO DE DESAPARICION *in situ* (Horas)**

	DIETA TESTIGO 0% Atriplex	DIETA 1 10% Atriplex	DIETA 2 20% Atriplex	DIETA 3 30% Atriplex
MATERIA SECA	45,78 ± 7.17	45,38 ±5.29	45,21 ±5.06	42,11 ± 5.24
NITRÓGENO	41.37 <sup>A</sup> ±1.47	35.18 <sup>AB</sup> ±3.35	30.79 <sup>BC</sup> ±4.79	24.76 <sup>C</sup> ±2.94
FIBRA NEUTRO DETERGENTE	58,59 ±7.72	58,66 ±6.70	55,92 ±8.82	60,54 ±8.04
FIBRA ACIDO DETERGENTE	44.12 <sup>A</sup> ±4.75	62.28 <sup>B</sup> ±8.37	57.45 <sup>A<sup>B</sup></sup> ±4.52	48.67 <sup>A</sup> ±8.07
CELULOSA	46.71 <sup>AB</sup> ±7.35	58.16 <sup>A</sup> ±12.63	53.88 <sup>A<sup>B</sup></sup> ±7.12	38.06 <sup>AB</sup> ±6.37

Medias con distinta literal indican diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ).

La figura 11 muestra en forma gráfica los tiempos medios de desaparición *in situ* de la materia seca, nitrógeno, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y de la celulosa. Es interesante observar como el nitrógeno tiene una menor desaparición, conforme aumenta la cantidad Atriplex canescens en las diferentes dietas, lo cual podría estar relacionado con el tipo de proteína y la cantidad de sal.



**FIGURA 11** TIEMPO MEDIO DE DESAPARICION *in situ*

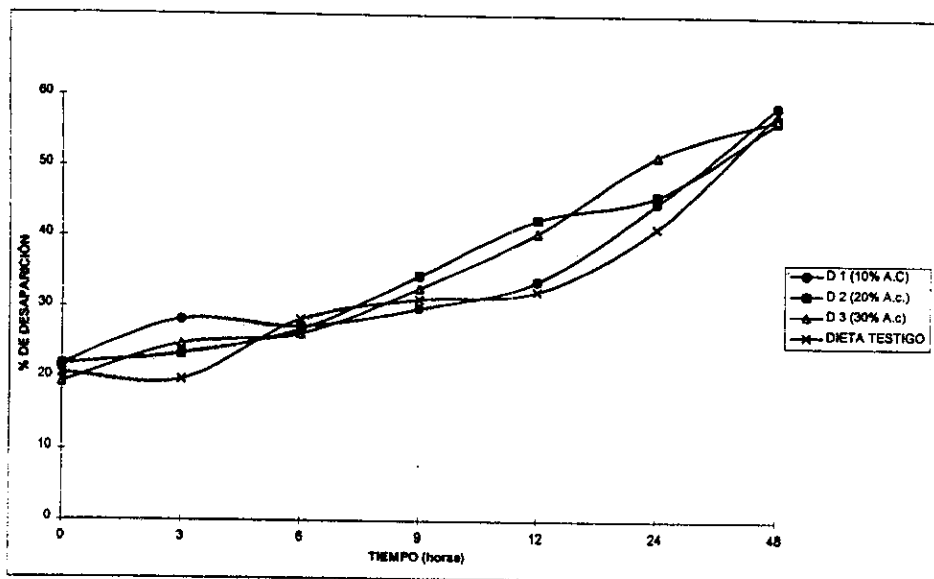


FIGURA 12 CINETICA DE DESAPARICION *in situ* DE MATERIA SECA

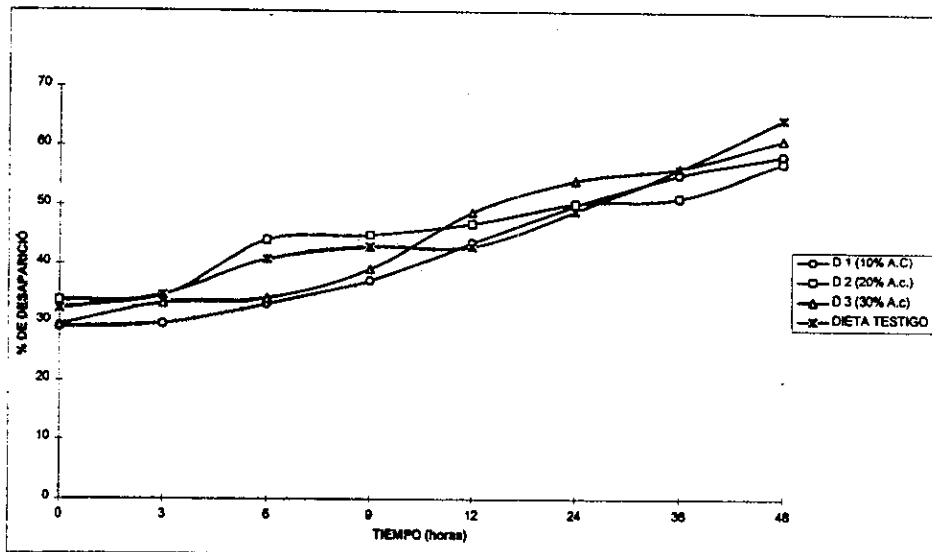


FIGURA 13 CINETICA DE DESAPARICION *in situ* DE NITROGENO

### 7.3 BALANCE DE NITROGENO

En cuanto al balance de nitrógeno, los datos se presentan en el Cuadro 9, en donde se puede observar que para las cuatro dietas, los animales se encontraban en balance positivo de nitrógeno. Van Soest<sup>63</sup> menciona que la pérdida de nitrógeno urinario es mayor en relación al nitrógeno en heces cuando el contenido de proteína cruda de la dieta es mayor al 9%; este mismo efecto se pudo observar en el presente estudio. Por otra parte menciona no existe una alta correlación entre la retención de nitrógeno y el porcentaje de proteína cruda en la dieta. El nitrógeno fecal en rumiantes es en promedio del 0.6% de la materia seca consumida, equivalente al 4% de la proteína cruda de la dieta, y que se vuelve limitante cuando la pérdida es del 6 al 8% de la proteína de la dieta. En este caso la mayor pérdida fue en la dieta 3 (30% de costilla de vaca), equivalente al 4.47% de la proteína cruda consumida; sin embargo, los animales que recibieron esta dieta a pesar de no encontrarse en una situación limitante, ya que no tuvieron un balance negativo, retuvieron menor porcentaje de nitrógeno en relación a las otras dietas. Esto se puede relacionar con la digestibilidad del nitrógeno, ya que a nivel ruminal el tratamiento 3 fue el que tuvo una mayor desaparición de nitrógeno a las 24 horas (Cuadro 8), y presentó una tasa de dilución mayor (Cuadro 13), es decir, fue la dieta mas soluble, y esto pudo deberse entre otras cosas a la cantidad de sodio presente en la dieta y el efecto que este ejerce sobre la presión osmótica ruminal. Asimismo, Nunez-Hernández y col<sup>98</sup> mencionan que animales que consuman 0.42g de nitrógeno /Kg de peso vivo/ día o más, se encontrarán en balance positivo. En este trabajo los animales consumieron un promedio de 0.43g.

En un estudio en que se proporcionó una dieta a cabras con 30% de *A. canescens*, y 13g de nitrógeno/día (menor al de este estudio), se obtuvo una retención de nitrógeno de 22.5% <sup>98</sup>, lo que indica que las cabras son animales más eficientes en la utilización del nitrógeno que los borregos, ya que en este estudio

se obtuvo una retención de nitrógeno del 13.8% Cuadro 9). Por su parte Nunez-Hernández y col.<sup>86</sup> señalaron que cuando los animales consumen dietas en donde se incluyen arbustos como *Atriplex*, aumenta la cantidad de nitrógeno fecal debido a la presencia de compuestos fenólicos como los taninos. Van Soest<sup>63</sup> comenta que otras de las razones por las que se puede incrementar la pérdida de nitrógeno a través de las heces, es decir, que en las heces puede cuantificarse el nitrógeno aportado por los microorganismos que se producen a nivel de ciego y colon. En el presente estudio se pudo observar una mayor pérdida de nitrógeno fecal, especialmente en la dieta con 30% de chamizo. Si se relaciona esto con la desaparición *in situ* de fracciones de fibra podemos observar en el Cuadro 8 que para la dieta 3, el tiempo medio de desaparición de la fibra neutro detergente fue de 60.54 horas; sin embargo el tiempo de retención a nivel ruminal fue de cerca de 43 horas (Cuadro 13), por lo que se puede deducir que el alimento no estuvo el tiempo necesario en el rumen para ser degradado de manera óptima; por lo tanto, al haber mayor paso de hidratos de carbono potencialmente degradables pudo haber mayor replicación microbiana en el intestino grueso, aunado a que el nitrógeno en esta dieta presentó mayor solubilidad; estos factores pudieron afectar la digestibilidad de la dieta, provocando una disminución en la misma (como ya se mencionó). Por su parte, Gihad<sup>93</sup> menciona que el incremento en el consumo de sal en la dieta, disminuye la digestibilidad del alimento, debido a efectos adversos sobre los microorganismos ruminales y se incrementa el nitrógeno urinario disminuyendo la retención de nitrógeno.

**CUADRO 9 BALANCE DE NITROGENO EN BORREGOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens* EN LA DIETA**

	DIETA TESTIGO 0% Atriplex	DIETA 1 10% Atriplex	DIETA 2 20% Atriplex	DIETA 3 30% Atriplex
CONSUMO DE M.S. ( g/día)	1,335 ±134	1,295 ±194	1,295 ±142	1,206 ±141
CONSUMO DE N ( g/día)	21,27 ±2.13	21,06 ±3.16	21,40 ±2.42	19,57 ±2.28
NITROGENO EN HECES (g/día)	5.49 <sup>A</sup> ±0.62	6.11 <sup>AB</sup> ±0.76	5.63 <sup>AB</sup> ±0.27	7.26 <sup>B</sup> ±0.58
DIGESTIBILIDAD DEL NITROGENO (%)	72.73 <sup>A</sup>	70.98 <sup>A</sup>	75.00 <sup>A</sup>	62.90 <sup>B</sup>
NITROGENO URINARIO (g/día)	8.50 <sup>AB</sup> ±0.67	6.78 <sup>A</sup> ±1.04	10.01 <sup>B</sup> ±0.73	9.57 <sup>B</sup> ±1.87
N RETENIDO (g/día)	7.26 <sup>A</sup> ±1.44	8.16 <sup>A</sup> ±1.75	5.75 <sup>AB</sup> ±1.85	2.74 <sup>B</sup> ±1.32
% NITROGENO CONSUMIDO EN HECES	25.87 <sup>A</sup> ±2.01	29.16 <sup>A</sup> ±1.63	26.49 <sup>A</sup> ±2.07	37.09 <sup>B</sup> ±4.95
% NITROGENO CONSUMIDO EN ORINA	40.11 <sup>AB</sup> ±2.88	32.32 <sup>A</sup> ±3.28	47.09 <sup>B</sup> ±4.6	48.74 <sup>B</sup> ±6.24
% N RETENIDO	34.01 <sup>A</sup> ±4.01	38.51 <sup>A</sup> ±3.26	26.41 <sup>AB</sup> ±6.43	13.80 <sup>B</sup> ±5.61

Medias con distinta literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05).

M.S.= Materia seca; N = nitrógeno.

#### 7.4 FERMENTACION RUMINAL

Entre las variables de fermentación ruminal que fueron medidas en este trabajo se incluyó al amoníaco (NH<sub>3</sub>), pH y ácidos grasos volátiles (AGV's): acético, propiónico y butírico. Estos últimos se van a formar debido a la fermentación de los microorganismos ruminales, siendo el producto final de la hidrólisis de la celulosa, hemicelulosa, almidón y azúcares fácilmente fermentables<sup>99</sup>, por otra

parte se menciona que también pueden ser resultado de la hidrólisis de células microbianas a nivel ruminal. Los primeros van a ser absorbidos a nivel ruminal mientras que las células microbianas (las cuales contienen de 30-50% de proteína verdadera) serán absorbidas a través del intestino delgado, siendo la fuente principal de aminoácidos para el rumiante <sup>100</sup>.

Al constituir la celulosa el componente más abundante de las paredes celulares de la planta, los microorganismos ruminales celolíticos van a jugar un papel central en la nutrición de los animales rumiantes en dietas basadas en forrajes. La habilidad de digerir la celulosa la presentan un gran número de bacterias, hongos y protozoarios ruminales; sin embargo, esta función se le atribuye principalmente a las bacterias celolíticas ruminales (BCR), en particular a las especies *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus*, las cuales tienen un óptimo crecimiento en una constante de digestión en cinéticas de primer orden de 0.05 a 0.08 h<sup>-1</sup> <sup>101</sup>. La mayoría de las bacterias prefieren un pH neutro para su crecimiento. Por su parte las BCR son particularmente sensibles a pH bajos. Es necesario mencionar que ninguna de las tres especies antes mencionadas crecen en pH menores a 6 <sup>101, 102</sup>.

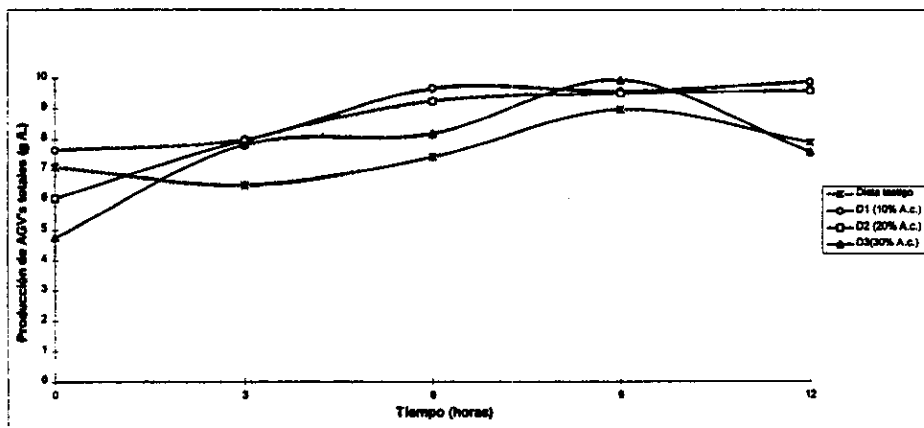
Durante los procesos de fermentación ruminal, la energía es conservada en forma de adenosin trifosfato y utilizada posteriormente para el mantenimiento y crecimiento de la población microbiana. La producción de AGV's tiene una vital importancia en la determinación de la calidad y tipo de alimento consumido, ya que de éstos es de donde obtendrán los rumiantes su mayor fuente de energía.

Cuando la dieta consiste primordialmente en hidratos de carbono fácilmente fermentables, la cantidad de ácido propiónico es mayor en relación a los otros AGV's, mientras que en dietas basadas fundamentalmente en forrajes, el ácido acético es el predominante; éste y el ácido butírico son precursores lipogénicos, mientras que la importancia del ácido propiónico dentro del metabolismo intermediario del rumiante radica en que es el único ácido graso volátil gluconeogénico <sup>63,99</sup>.

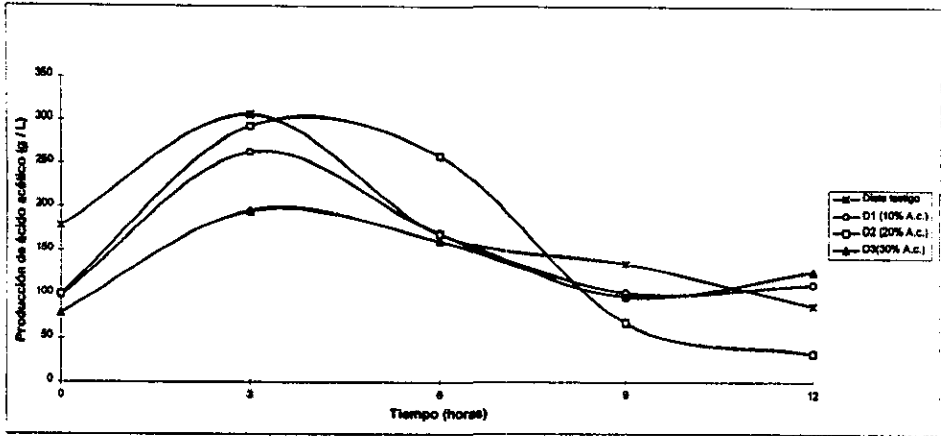


En la Figura 14 se observa la cinética de producción de AGV's totales a nivel ruminal; en las Figuras 15-17 se presenta la cinética de producción individual de cada uno de ellos y en la Figura 18 la producción porcentual de AGV's.

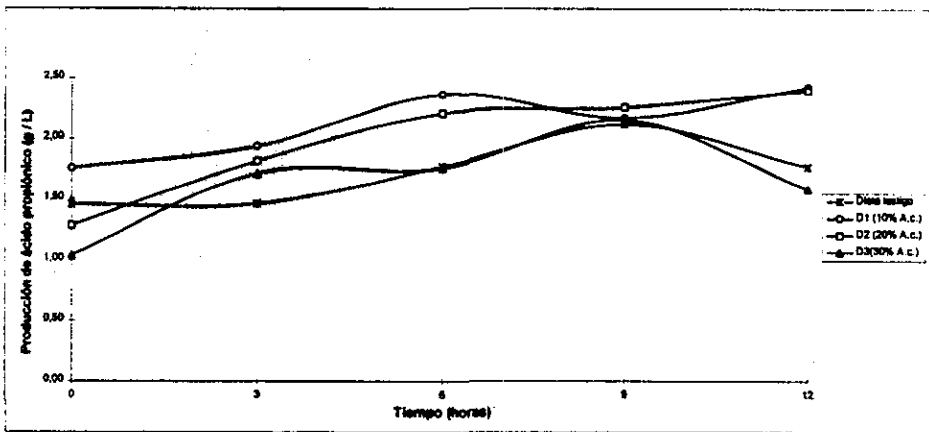
Es importante mencionar que en la determinación de AGV's, únicamente se analizó el primer período; sin embargo, a pesar de que no se hizo análisis estadístico, se puede observar que la producción entre las diferentes dietas siguió un comportamiento similar.



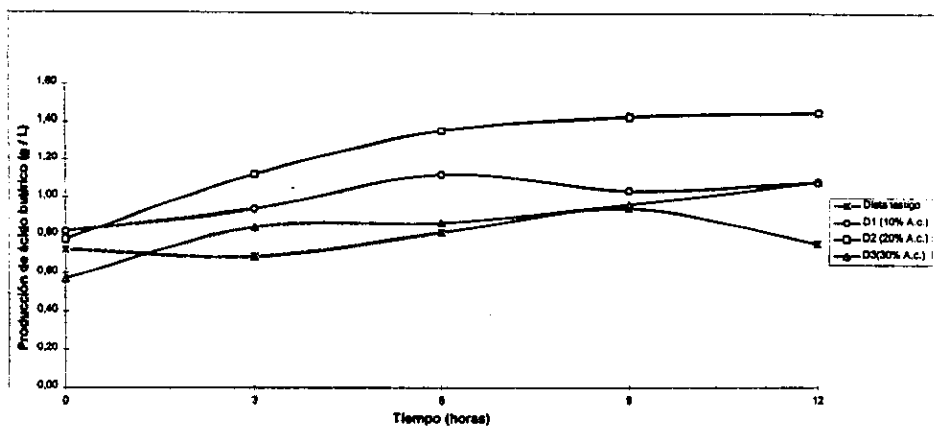
**FIGURA 14 CINÉTICA DE PRODUCCION DE AGV's TOTALES EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens***



**FIGURA 15 CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO ACETICO EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens***



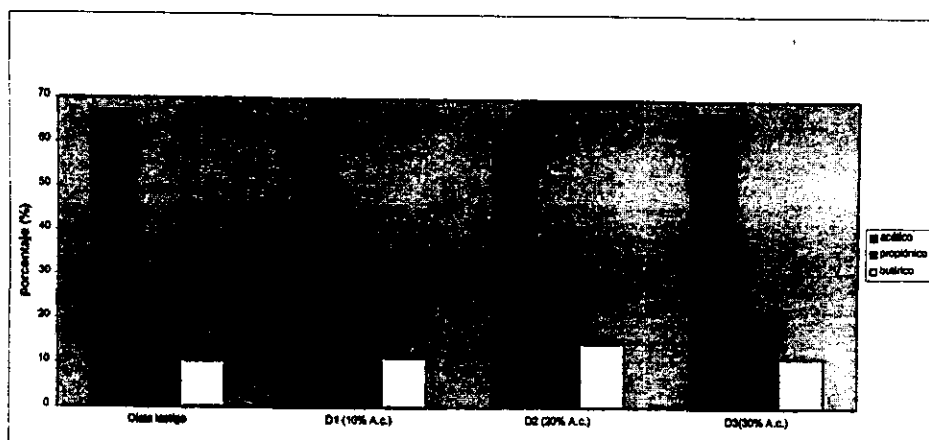
**FIGURA 16 CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO PROPIONICO EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens***



**FIGURA 17 CINÉTICA DE PRODUCCION DE ACIDO BUTIRICO EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens***

A pesar de que la mayor proporción correspondió al ácido acético (Cuadro 10), la cinética de AGV's totales en el rumen, tuvo un comportamiento muy similar a la del ácido propiónico (Figuras 14 y 16). Por otra parte las curvas tanto del ácido acético (Figura 15) como del amoníaco (Figura 20) son muy parecidas, por lo que se puede pensar que existió una relación entre la degradación de la proteína y los hidratos de carbono por parte de la microflora ruminal con sus productos metabólicos.

Los patrones de fermentación van a estar determinados por la composición de la población microbiana, la cual a su vez está determinada por el tipo de dieta basal, especialmente por el tipo de hidratos de carbono dietarios. France y Siddons<sup>99</sup> mencionan que en dietas altas en forraje se favorece la producción de acetato y que la proporción acetato:propionato:butirato se encuentra en 70:20:10. En concordancia con sus observaciones, en el presente trabajo el acético fue el ácido predominante (Figura 18 y Cuadro 10); encontrando un rango promedio entre los diferentes ácidos grasos volátiles de 65:23:11 respectivamente; por otra parte, estos datos también coinciden con los resultados de Weston y Hogan<sup>99</sup> de 68:21:11 en dietas a base de pastos y de heno de avena.



**FIGURA 18 PRODUCCION DE AGV's EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens*.**

**CUADRO 10 PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN RUMINAL DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *A. canescens*.**

	Dieta testigo (0 % Atriplex)	Dieta 1 (10% Atriplex)	Dieta 2 (20% Atriplex)	Dieta 3 (30% Atriplex)
PH	6.22	6.33	6.35	6.53
Amoniaco (NH <sub>3</sub> mg/100ml)	17.49	14.87	15.00	13.15
% Ac. Acético	67.10	64.98	62.03	67.10
% Ac. Propiónico	22.53	23.85	23.51	21.59
% Ac. Butírico	10.36	11.17	14.45	11.31
AGV's totales (g/litro)	7.563	8.951	8.4882	7.5608

AGV's n= 1

Al transformar los datos de AGV's totales para las diferentes dietas (testigo, 1, 2 y 3) de gramos/litro a milimoles/litro encontramos valores de 108.75, 127.97, 109.87 y 119.99 mM/l respectivamente. France y Siddons<sup>99</sup> mencionan que la concentración total de AGV's en el rumen es entre 70 y 130mM, con un mínimo de 30 y un máximo de 200 mM, por lo que los datos encontrados se encuentran dentro de el promedio de AGV's ruminales.

Como se puede observar en los Cuadros 10 y 11, el pH ruminal se mantuvo en un promedio de 6.22 a 6.53 en las diferentes dietas, siendo el valor más bajo, el de la dieta 2 a las 9 horas (Figura 19), lo cual podría explicarse por la cantidad de ácido butírico en el rumen (Figura 17). El pH ruminal no bajó de 5.6, lo que puede explicar la buena digestibilidad de las dietas, ya que al ser dietas basadas en forraje y con un alto porcentaje de celulosa y hemicelulosa, se dieron las condiciones de pH a nivel ruminal para que pudieran proliferar las BCR. Por otra parte, es importante mencionar que hubo una diferencia significativa ( $P=0.055$ ) entre las horas 0 y 6 (Cuadro 11) en la mayoría de las dietas; por lo que se puede decir, que a las 6 horas se presentó el pico de fermentación y se mantuvo hasta las 12 horas. Esto coincide con la producción de AGV's de la Figura 14, donde puede apreciarse que a las 6 horas hubo un incremento en la producción de éstos, lo cual coincide con Van Soest<sup>63</sup>, quien indica que en dietas con alto contenido de forraje, el pico de digestión se alcanza a las 4-5 horas después de haber consumido alimento y que la máxima cantidad de celulosa digerida ocurre entre las 6 y las 18 horas después de la ingestión.

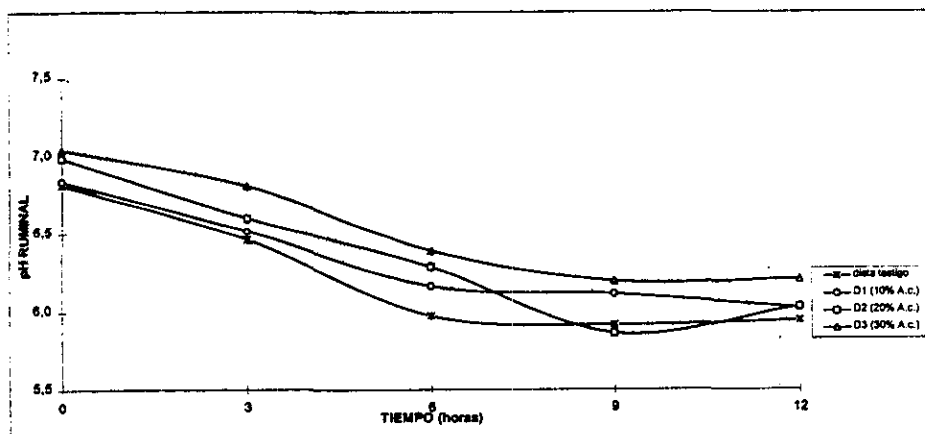
**CUADRO 11 CINETICA DE pH RUMINAL EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Atriplex canescens*.**

HORA	DIETA TESTIGO	DIETA 1 (10% <i>A.canescens</i> )	DIETA 2 (20% <i>A.canescens</i> )	DIETA 3 (30% <i>A.canescens</i> )
0	6.82 <sup>A</sup> ±0.09	6.84 <sup>A</sup> ±0.20	6.99 <sup>A</sup> ±0.10	7.04 <sup>A</sup> ±0.24
3	6.46 <sup>AB</sup> ±0.16	6.52 <sup>AB</sup> ±0.30	6.60 <sup>AB</sup> ±0.18	6.81 <sup>AB</sup> ±0.24
6	5.98 <sup>B</sup> ±0.20	6.17 <sup>AB</sup> ±0.33	6.29 <sup>BC</sup> ±0.36	6.39 <sup>B</sup> ±0.51
9	5.92 <sup>B</sup> ±0.49	6.12 <sup>AB</sup> ±0.46	5.86 <sup>BC</sup> ±0.24	6.20 <sup>B</sup> ±0.53
12	5.95 <sup>B</sup> ±0.45	6.03 <sup>B</sup> ±0.31	6.03 <sup>C</sup> ±0.52	6.21 <sup>B</sup> ±0.41

± desviación estándar

Diferencia estadísticamente significativa P=0.05

Medias con distinta literal indican diferencia estadísticamente significativa entre rengiones, con la prueba de Duncan (P<0.05)



**FIGURA 19 CINETICA DE pH RUMINAL EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Atriplex canescens*.**

Con respecto a la concentración de amoníaco en el rumen, ésta va a depender de las tasas relativas de entrada y de remoción. El amoníaco entra al rumen de diferentes formas, incluyendo la fermentación de alimento, la lisis de fragmentos celulares, como proteína endógena y diferentes compuestos de N-soluble (urea endógena, ácidos nucleicos, ácido úrico y nitratos) y de los productos de excreción de los protozoarios. Por otra parte, la remoción del amoníaco del rumen se consigue gracias a su absorción a través de la pared ruminal o por su incorporación dentro de la materia microbiana, la cual eventualmente fluye hacia el tracto digestivo posterior<sup>100</sup>.

En el presente estudio, se encontró una gran variación en los datos, como se puede observar en las desviaciones estándares tan elevadas (Cuadro 12), no encontrándose diferencia estadísticamente significativa para  $p < 0.05$  entre las dietas a las horas 3 y 9. En la dieta con 30% de *Atriplex* tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre las diferentes horas debido probablemente a lo expuesto anteriormente, especialmente a la hora 3.

Es importante considerar que las muestras de líquido ruminal fueron congeladas, previa adición de HCl .1N para evitar la pérdida de amoníaco, sin embargo se recomendaría hacer la cuantificación de este parámetro al momento de obtener la muestra como se hace para pH, para evitar modificaciones en la concentración de amoníaco;

La mayor concentración de amoníaco en rumen para todas las dietas se encontró entre las 3 y 6 horas (Figura 20 y Cuadro 12), lo cual coincide con la mayor fermentación microbiana a nivel ruminal y la digestión de dietas con alto contenido de forraje.

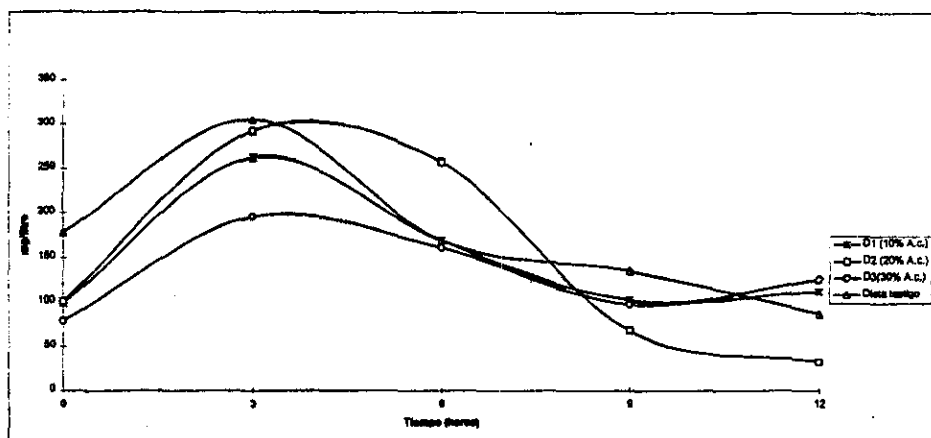
Nolan<sup>100</sup> explica que cuando la dieta es alta en proteína degradable, el exceso de amoníaco es absorbido a través de la pared intestinal, convertido en urea en el hígado y posiblemente excretado en la orina. Es importante señalar que en la dieta con 20% de *A. canescens* se incrementa la producción de  $N-NH_3$ , a las 3

horas y que a partir de la hora 9, la disminución es significativa ( $P < 0.05$ ), lo que puede implicar su absorción o remoción (Cuadro 12), junto con el ac. acético (Figura 15), ya que ambos tuvieron un comportamiento muy similar.

**JADRO 12 CINÉTICA DE AMONIACO ( $N-NH_3$ ) RUMINAL (mg/L), EN OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Atriplex canescens***

ORA	DIETA TESTIGO	D1 (10% <i>A.canescens</i> )	D2 (20% <i>A.canescens</i> )	D3 (30% <i>A.canescens</i> )
0	178.09 <sup>A ab</sup> ±80.37	98.19 <sup>B b</sup> ±23.03	100.30 <sup>B a</sup> ±26.11	78.45 <sup>B</sup> ±22.24
3	305.99 <sup>a</sup> ±165.45	262.86 <sup>a</sup> ±67.86	292.60 <sup>b</sup> ±82.73	195.81 ±137.05
6	169.08 <sup>B ab</sup> ±59.77	168.88 <sup>B ab</sup> ±32.15	258.19 <sup>A b</sup> ±117.2	160.79 <sup>B</sup> ±26.05
9	135.10 <sup>ab</sup> ±42.21	102.10 <sup>b</sup> ±91.20	67.35 <sup>a</sup> ±41.31	97.29 ±25.93
12	86.71 <sup>A b</sup> ±28.92	115.50 <sup>A b</sup> ±23.94	32.01 <sup>B a</sup> ±14.71	125.49 <sup>A</sup> ±38.89

días con distinta literal mayúscula indican diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) entre columnas y literal úscula entre renglones.



**FIGURA 20 CINÉTICA DE PRODUCCION DE  $N-NH_3$  EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE *Atriplex canescens***



Se ha demostrado que la poza de amoníaco es relativamente pequeña y tiene un recambio rápido (aproximadamente en 2 horas). La remoción de la concentración de amoníaco ruminal puede ser rápida, cuando se presentan pequeños cambios en la tasa relativa de producción de amoníaco y los animales tienen acceso continuo al alimento. Una porción del nitrógeno removido por esta vía se recicla subsecuentemente al rumen. Estudios recientes también indican que un número considerable de bacterias lisogénicas están presentes en el rumen de los borregos en dietas con base en forrajes, lo que significa que arriba del 0.5% de la proteína microbiana presente en el rumen, puede ser degradada *in situ*, resultando en una reducción considerable de la producción de proteína y reduciendo la eficiencia energética<sup>100</sup>. A diferencia de los protozoarios que no utilizan amoníaco, la mayoría de las especies bacterianas en el rumen pueden utilizarlo para su crecimiento y para algunas especies es esencial, como para las BCR, ya que el amoníaco es su única fuente de nitrógeno<sup>100</sup>; por otra parte se puede observar (Cuadro 12) que se mantuvo una buena concentración en la poza de amoníaco ruminal para lograr una replicación microbiana.

En el Cuadro 9 se muestra los gramos de nitrógeno retenido, los cuales se encuentran cercanos a los datos que Beever<sup>103</sup> indica (6.9 gN/día de un consumo total de nitrógeno de 17.5 gN/día en borregos) fueron incorporado dentro del nitrógeno microbiano, a excepción de la dieta 3, en la que además se encontró una digestibilidad *in vivo* menor en relación a las otras dietas.

## 7.5 CINÉTICA RUMINAL DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

El contenido ruminal está constituido por una fase de líquidos y otra de sólidos. La fracción líquida contiene agua, componentes solubles del alimento y nutrimentos solubilizados después de los procesos de degradación microbiana. La fase sólida contiene material no degradado y material indigestible. El volumen

de agua entra al rumen a través de la ingestión y generalmente, es más grande que los volúmenes de sólidos; asimismo, la fase líquida se incrementa por la saliva que se produce durante la masticación<sup>104</sup>.

Un gran número de factores están involucrados en la desaparición de la fase sólida del rumen. Uno es la solubilización vía la acción degradativa de los microorganismos ruminales; y otro es la pérdida que ocurre cuando se forman los gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ) durante la degradación del alimento por las células microbianas en el rumen<sup>95</sup>.

Como se había mencionado, uno de los aspectos importantes a determinar en la nutrición de un rumiante es la cinética de sólidos y líquidos en rumen, ya que a través de estos parámetros se puede medir la eficiencia con la cual el animal utiliza una cantidad dada de alimento. La tasa de pasaje es el tiempo durante el cual una porción de digesta es expuesta a los procesos de mezclado, digestión y absorción en el rumen y tracto gastrointestinal<sup>65</sup>. En el Cuadro 13 se presentan los resultados de la cinética de sólidos y líquidos a nivel ruminal.

Como se puede observar los volúmenes de sólidos se encuentran dentro de valores aceptables, de acuerdo con el consumo de alimento; sin embargo, en las dietas 1 y 3, el volumen fue mayor que en la dieta testigo y la dieta 2 y esto influyó en el flujo hacia la parte posterior del tracto digestivo, incrementando también la tasa de dilución. Se menciona en la literatura que el flujo depende del consumo, pero lo observado en este trabajo fue que más que estar en función del consumo, estuvo en función del volumen.

**CUADRO 13 CINETICA DE SOLIDOS Y LIQUIDOS EN RUMEN DE OVINOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.**

DIETAS EXPERIMENTALES					
PARAMETRO	0% Atriplex	10% Atriplex	20% Atriplex	30% Atriplex	
VOLUMEN	(Kg)	1.411 <sup>AB</sup> ±0.45	1.742 <sup>B</sup> ±0.79	1.209 <sup>A</sup> ±0.14	1.718 <sup>B</sup> ±0.14
	(L)	7.64 <sup>A</sup> ±0.55	4.62 <sup>B</sup> ±0.54	5.59 <sup>B</sup> ±1.14	4.94 <sup>B</sup> ±0.41
FLUJO	Kg/24h	0.67 <sup>AB</sup> ±0.01	1.22 <sup>C</sup> ±0.05	0.63 <sup>A</sup> ±0.06	1.00 <sup>BC</sup> ±0.03
	(L/24h)	6.24 ±0.195	2.70 <sup>C</sup> ±0.409	3.70 <sup>B</sup> ±0.743	2.82 <sup>BC</sup> ±0.229
TASA DE DILUCION (h <sup>-1</sup> )	SOLIDOS	0.017 <sup>A</sup> ±0.005	0.027 <sup>B</sup> ±0.005	0.02 <sup>AB</sup> ±0.005	0.022 <sup>B</sup> ±0.005
	LIQUIDOS	0.032 <sup>A</sup> ±0.005	0.022 <sup>BC</sup> ±0.005	0.0295 <sup>AB</sup> ±0.001	0.020 <sup>C</sup> ±0.00
TASA DE DILUCIÓN (%/DIA)	SOLIDOS	40.8 <sup>A</sup> ±0.005	64.8 <sup>B</sup> ±0.005	48.0 <sup>AB</sup> ±0.005	52.8 <sup>C</sup> ±0.005
	LIQUIDOS	78.0 <sup>A</sup> ±12.00	54.0 <sup>BC</sup> ±12.00	70.8 <sup>AB</sup> ±2.40	48.0 <sup>C</sup> ±0.00
TIEMPO DE RETENCION (h)	SOLIDOS	55.17 <sup>A</sup> ±7.93	42.48 <sup>B</sup> ±14.92	45.64 <sup>B</sup> ±5.17	42.73 <sup>B</sup> ±4.97
	LIQUIDOS	29.52 <sup>A</sup> ±2.60	41.05 <sup>B</sup> ±4.18	36.36 <sup>B</sup> ±0.64	41.81 <sup>B</sup> ±1.36
TIEMPO MEDIO DE RETENCION (h)	SOLIDOS	25.55 ±5.25	21.24 ±7.46	22.82 ±2.59	21.36 ±2.48
	LIQUIDOS	14.76 <sup>A</sup> ±1.30	20.53 <sup>B</sup> ±2.09	18.18 <sup>B</sup> ±0.32	20.91 <sup>B</sup> ±0.68

Medias con distinta literal indican diferencia estadísticamente significativa P<0.05

Thompson y col<sup>95</sup> mencionan que la tasa de recambio de sólidos se incrementa cuando los borregos reciben infusiones de saliva artificial, comparados con borregos que reciben la misma dieta. Asimismo, reportan altas tasas de recambio en borregos que recibieron 27 o 114 g de sal en su ración con acceso libre al agua, sin que se alterara el consumo.

En el Cuadro 13 se puede observar que el tiempo de retención de los sólidos en horas fue menor en las dietas experimentales. En el caso de la dieta 3 (30% de *A. canescens*), que contenía mayores concentraciones de sodio, se vio una disminución significativa en la digestibilidad *in vivo* del alimento (Cuadro 7) observándose que a las 24 horas había desaparecido el 51.53% de la materia seca y a las 48 horas el 57.41%. Asimismo esta dieta tuvo un 58% de digestibilidad *in vivo*, lo cual puede estar relacionado con el tiempo de retención (42.7 horas) y con la tasa de dilución y el flujo de la digesta ruminal; que a pesar de no haber tenido diferencia significativa con las dietas 2, en el tiempo de retención, si la hubo en el flujo; mientras que para la dieta 1 (10% de *A. canescens*) a pesar de haber tenido el mismo tiempo de retención que la dieta 3, presentó menor solubilidad a nivel ruminal, lo que provocó una mayor digestibilidad del alimento, y que a pesar del tiempo de retención menor, pudo haber tenido una mayor digestibilidad en el tracto digestivo posterior. Por su parte, en la dieta testigo fue más lenta la desaparición *in situ* y mayor el tiempo de retención (55.17 horas), esto se reflejó en la digestibilidad del alimento, ya que al estar éste en mayor contacto con la flora microbiana, tuvo más posibilidades de ser digerida que la dieta 3.

El volumen de líquido ruminal en borregos adultos es de 5.3 litros en promedio o bien el 13% de su peso corporal. Los datos encontrados en este estudio se encuentran dentro de estos rangos. Es importante mencionar que la dieta testigo presentó un mayor volumen de líquidos y menor tiempo de retención de los mismos. El volumen menor de líquidos a nivel ruminal en las dietas experimentales y el aumento en el tiempo de retención implicaría una mayor acumulación de líquidos a nivel ruminal en

las dietas experimentales. Esto pudo haberse debido a la presencia de sodio en las mismas, lo cual pudo haber modificado la presión osmótica a nivel ruminal.

Por otra parte, al no haberse medido el consumo de agua, no se sabe si los animales que consumieron *Atriplex* tuvieron a la vez menor consumo de agua, lo que pudo haber provocado una tasa de dilución menor del volumen de líquidos a nivel ruminal y por lo tanto, que no disminuyera la presión osmótica ruminal<sup>105</sup>. Asimismo, los datos de digestibilidad en la dieta con 30% de *A. canescens* nos pueden sugerir un aumento en la presión osmótica, ya que al incrementarse ésta, disminuye la digestión de celulosa, y como se pudo observar en el Cuadro 8, esta dieta presentó menor tiempo de desaparición *in situ*, lo cual está asociado con una disminución en la digestibilidad de la energía, lo cual también incluye a los componentes nitrogenados (Cuadro 6).

La disminución en la digestibilidad de la energía (Cuadro 6) con altos niveles de sal, puede deberse a la disminución de la actividad hidrolítica de la microflora ruminal sobre los hidratos de carbono al bajar los niveles promedio de amoníaco (Cuadro 10), provocado entre otros factores a un mayor escape de la degradación de la proteína dietaria en el rumen. Sin embargo, esa proteína no será disponible para ser absorbida posteriormente en el intestino, lo cual se va a reflejar en la disminución de la digestibilidad de la misma<sup>94</sup>.

## 8. CONCLUSIONES

De acuerdo con las hipótesis planteadas en este trabajo, se puede mencionar que los parámetros de fermentación ruminal (pH y AGV's) no sufrieron modificaciones, y que únicamente en la dieta con 30% de inclusión de *A. canescens* se presentó una menor concentración de  $\text{NH}_3$ .

La inclusión en el alimento de borregos hasta en un 30% de hojas de *A. canescens* no afectó el consumo de alimento en cuanto a materia seca se refiere en ninguno de los animales; sin embargo, se incrementó la tasa de dilución ruminal de sólidos, lo cual afectó la digestibilidad *in vivo* del alimento. A pesar de haber disminuido la digestibilidad y el porcentaje de nitrógeno retenido en esta dieta, los animales se encontraron en balance positivo de nitrógeno.

Se confirma que es importante considerar la solubilidad de un alimento, ya que, como se pudo observar, el flujo, la tasa de dilución y el tiempo medio de retención influyen en la digestibilidad del mismo, como ocurrió en este trabajo con las diferentes dietas, pues a mayor tiempo de retención y menor flujo a nivel ruminal, se obtiene una mayor digestibilidad *in vivo* y, por lo tanto, esto puede influir de manera directa en el comportamiento productivo de los animales.

La cinética de líquidos a nivel ruminal igualmente determina la capacidad de absorción de nutrimentos solubles en agua. La presencia de sodio en las dietas influyó en la presión osmótica del rumen, favoreciendo la acumulación de líquidos en el mismo, disminuyendo a su vez la digestión de celulosa y aumentando el tiempo de desaparición *in situ* de la misma, lo cual estuvo asociado a la disminución en la digestibilidad de la energía y de la proteína.

La incorporación de *Atriplex canescens* en las dietas hasta un 20%, es una buena alternativa, especialmente en épocas en que los forrajes escasean, sin que se vea afectada la digestibilidad del alimento, ni los parámetros de fermentación ruminal. Aún con el 30% en combinación con una gramínea, es posible lograr el

mantenimiento de los animales, con lo cual se logra sustituir a la alfalfa de la dieta. Esto cobra especial importancia principalmente en épocas de secas, ya que forrajes como la alfalfa requieren una gran cantidad de agua para su cultivo. Por otro lado, el incorporar al chamizo como parte de la dieta y no como única fuente de alimento minimiza los efectos adversos potenciales por los altos contenidos de sal.

Asimismo, *Atriplex canescens* puede ser una buena alternativa para reforestar áreas en proceso de desertificación y en suelos salinos en el país, debido a las características de esta especie, la cual resulta ser una alternativa como complemento en la dieta de los rumiantes, con lo cual se lograría tener un desarrollo agropecuario sustentable en esas áreas. Sin embargo, es importante que los animales que consuman plantas del género *Atriplex* cuenten con agua a libertad, para evitar problemas de intoxicación o disminución en el consumo de alimento.

Sería recomendable el continuar con este tipo de estudios (cinética ruminal) y comportamiento productivo, para conocer qué ocurre en animales que consumen *Atriplex canescens* como única fuente de alimento, así como las diferencias entre las especies animales (bovinos, ovinos y caprinos).

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## IX. LITERATURA CITADA:

1. Toledo, V.M., Carabias, J.; Toledo, C. y Gonzáles, P. C.: La producción rural en México: Alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno, México, 1989.
2. Forti, M.: Grazing Trials on Selected Fodder Shurbs. A report of the Negev Institute for Arid Zone Research, Beer Sheva, Israel ,1971.
3. Forti, M. y Levi, Y.: Introduction of Drought-Resistant Fodder Plants. A report of the Ben-Gurion University of the Negev, Applied Research Institute, 1977.
4. Glenn, E.P.: Nutritional value of halophytes grown on hypersaline water. A report of the Environmental Research Laboratory, University of Arizona, Tucson, Arizona, 1982.
5. Newton, R.J. and Goodin, J.R.: Unconventional arid land plants as biomass feedstocks for energy. Plant for arid lands, Ed. Royal Botanic Gardens, Kew, 1985.
6. NAS. National Academy of Science: Underexploited Tropical Plants with Promising Economical Value. NAS, Washington, D.C. 1975.
7. Gohl, B.: Piensos tropicales. Colección FAO: Producción y Sanidad Animal No. 12, FAO, Roma , 1982.
8. Tapia, V.A.M. y García, R.: Digestibilidad *in vitro* de cinco especies del género *Atriplex*. 1a. Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. Memoria. Monterrey, N.L., 1981: 433-434.
9. Franco de la Cruz, N.: Utilización de *Prosopis juliflora* var. *glandulosa*, *Atriplex canescens*, *Cucurbita foetidissima* y *Yuca julifera* para la alimentación del conejo de la raza Nueva Zelanda. Ciencia 1979; 49(19): 25-32.
10. Gutiérrez, C. J.; Candelario, R. M.; Pérez, R.L.: Ecología y utilización de la costilla de vaca (*Atriplex canescens*) (Pursh Nutt.) en el norte de México. Reunión Nacional de Investigadores en Zootecnia. Chihuahua, Chih.,1982.
11. Maldonado-Aguirre, L.J.: El campo experimental forestal 'la Saucedá'. Líneas de investigación. Ciencia Forestal 1979; 3 (14)20-45.
12. Mellado, M.; Foote, R.H.; Rodríguez, A. and Zarate, P.: Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. Small Ruminant Research 1991; 6: 141-150.
13. Soltero, G.S. y Fierro, G.L.C.: Importancia del chamizo (*Atriplex canescens*) en la dieta de bovinos en un matorral desértico durante la época de sequía. XV Reunión de Investigación Pecuaria en México. INIP-SARH, UNAM, México, 1981: 244-247.



14. Minson, D.J.: Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutr. Abstr. Rev. Series B.* 1982; 52: 591-615.
15. Mertens, D.R.: Rate and extent of digestion. In: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism.* Forbes J.M & France J. ed. CAB International, 1993: 13-51.
16. Aguilera B.A.: Evaluación del efecto de la suplementación de rastrojo amoniatizado sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos pelibuey (Tesis de maestría). FES-C, U.N.A.M., México, D. F., 1988.
17. Huss, D: Papel de los animales domésticos en el control de la desertificación. 113 pp. Santiago, Chile FAO-PNUMA, 1993.
18. Rzedowski, J.: *La vegetación en México.* Limusa. México, 1978.
19. CONAZA. Plan de Acción para combatir la desertificación en México. Comisión Nacional de Zonas Áridas. Secretaría de Desarrollo Social. PACD-México, 1994.
20. Wiggins, J.L.: *Flora of Baja California.* Stanford University Press., Stanford, U.S.A., 1980.
21. Hossein, M. y Maldonado, R.: Potencial de la flora de las zonas áridas. *Ciencia y Desarrollo*, 1982; 47: 98-109.
22. Piña, F.: *Catálogo de especies de plantas útiles no maderables con importancia económica.* Catálogo No. 9, INIF-SARH, 1983.
23. Toledo, V., Carabias, J., Mapes, C. y Toledo, C: *Ecología y autosuficiencia alimentaria.* Siglo XXI, México, 1985.
24. Avila C.A.; Shamah L.T. y Villasana, Ch. A.: Encuesta nacional de alimentación y nutrición en el medio rural 1996 (ENAL 96), Vol. I. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, México, D. F. 1997.
25. Tyler, M. G: *Ecología y Medio Ambiente. Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta tierra.* Ed. Iberoamérica, México, 1994.
26. Goodin, J.R.: The forage potential of *Atriplex canescens*. In: *Arid land plant resources.* Goodin, J.R. and Northington D.K., (eds.) Proceedings of the International Arid Lands Conference on Plant Resources, Texas Tech. University, USA, 1979b: 418-424.
27. Byers, F.M.: Fossil energy use in beef production. In: *A perspective on beef as a component in diets for Americans.* Cross, H.R. y Byers, F.M. (ed.) Texas A&M Univ., College Station, Texas, USA ,1990.

28. Riojas, R. J.: Desarrollo sustentable y reforma rural en México: Nueva legislación agraria, procampo y ambiente. Mimeo Colegio de México, México, 1994.
29. FAO: Elementos para el marco de referencia de la política hidroagrícola de mediano plazo en México. Anexo 3. Desarrollo sustentable de la agricultura y la ganadería. Anexo 3b. Desarrollo Ganadero. Comisión Nacional del Agua - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1994.
30. INEGI, Estados Unidos Mexicanos. Resultados definitivos. VII Censo Agrícola-ganadero. Tomo II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, 1994.
31. De la Fuente, H. J.; González, H. M.; Jiménez, E.M.L. y Mascorro V. E.: La Ganadería nacional, nueva encrucijada en su desarrollo. Crisis, Modernización y TLC. En: Encinas, A.; Fuente H.J. de la y Mac Kinlay H. (eds): La disputa por los mercados. TLC y sector agropecuario. Editorial Diana/Cámara de Diputados/Territorios, México, 1992: 221-283.
32. Hodges, C.N.: Seawater based agriculture as a food production defense against climate variability. Environmental Research Laboratory, University of Arizona, Tucson, Arizona, 1980.
33. E.R.L. Environmental Research Laboratory: Introducción a las halófitas. ERL. University of Arizona, Tucson, Arizona, 1982.
34. Goodin, J. R.: Atriplex as a forage crop for arid land. In: Garii A. Richie (ed.), New Agricultural Crops. Colorado: American Association of Agricultural Science, 1979a: 133-147.
35. Waisel, Y.: Biology of Halophytes. Academic Press, N.Y., 1972.
36. Mucciorelli, S.I.L., Cid, J.A., Arellano, M.A.L., Fernández, S., Luquez, N.G. y Chirino, M.A.: Calidad biológica del aislado proteínico de hojas de *Atriplex nummularia*. Archiv. Latinoamer. Nutr. 1985;35 (3): 458-465.
37. Maldonado, L.M.: El Desierto. Ciencia Forestal 1976; 1(2): 41-50.
38. Leigh, J.H. and Mulham, W.E.: The effect of defoliation on the persistence of *Atriplex vesicaria*. Aust. J. Agric. Res. 1971; 22: 239-244.
39. Valderrábano, J.; Muñoz, F. and Delgado I.: Browsing ability and utilization by sheep and goats of *Atriplex halimus* L. shrubs. Small Ruminant Research. 1996; 19: 131-136.
40. Goodin, J.R. and McKell, C.M.: Shrubs productivity: a reappraisal of arid lands. In: McGuinnies, W.A.; Goldman, B.L. and Paylore, P. (eds). Food fiber and arid lands. Tucson, Az. University of Arizona Press, 1971: 235-245.

41. Soltero, S. y Fierro, L.C.: Importancia del chamizo (*Atriplex canescens*) en la dieta de bovinos en pastoreo en un matorral micrófilo durante la época de sequía. Reunión Nacional de Investigadores en Zootecnia. Escuela Superior de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., 1982: 90.
42. Welch, B.L. and Monsen S.B.: Winter nutritive value of accessions of fourwing saltbush (*Atriplex canescens* [Pursh] Nutt.) grown in a uniform garden. In: Proceedings-symposium on the biology of *Atriplex* and related chenopods, 1983 May 2-6 (Compiled by Tiedemann, A.R.; McArthur, E.D.; Stutux, H.C; Stevens, R.; Johnson, K.L.); 1984: 138-144.
43. Ostyina, R.M.; McKell C.M.; Malecheck, J.M. and Van Epps G.A.: Potential of *Atriplex* and other chenopod shrubs for increasing range productivity and fall and winter grazing use. In: Tiedemann, A.R.; McArthur, E.D.; Stutux, H.C; Stevens, R.; Johnson, K.L. (compilers). Proceedings-symposium on the biology of *Atriplex* and related chenopods; 1983 May 2-6; 1984: 215-219.
44. Milthorpe, F.L.: The biology of *Atriplex*. CSIRO. Canberra, Australia, 1970.
45. Church, C.D. y Pond, G.W.: Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 1a. Ed. México, D. F., Editorial Limusa, 1987.
46. Maynard, A.L.; Loosli, K.J.; Hintz, F.H. y Warner, G.R.: Nutrición Animal. 4a. Ed., México, D. F., Ed. Mac Graw Hill, 1986.
47. Shimada, A.: Fundamentos de nutrición animal comparativa. 1a. Ed., México, D. F., Asociación Americana de Soya, 1983.
48. Tilley, M. A. and Terry, R. A.: A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassld. Soc. 1963; 18: 104-111.
49. Minson, D.J. and McLeod, M.N.: The *in vitro* technique: its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture sample. Division of Tropical Pasture, Technical paper No. 8. Research Organization, Australia, 1972.
50. Orskov, E.R.; De B Hovell, F.D. y Mould, F.: Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Prod. Anim. Trop. 1980; 5: 213-233.
51. Huntington J. A. and Givens D.I.: The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. Nutr. Abstr. Rev. (Series B) 1995; 65 (2): 63-93.
52. Faichney, G. J.: The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants. In: Physiology and Metabolism in the Ruminant. McDonald, I.W. and Warner, (ed.) A.C.I., University of New England, Armidale, 1975: 277-291.
53. Kotb, A. R. and Luckey, T. D.: Markers in nutrition. Nutr. Abstr. Rev. (Series B) 1972; 42: 813-844.

54. Ellis, W. C., Matis, J. H. and Lascano, C.: Quantitating ruminal turnover. *Fed. Proc.* 1979; 38: 2702-2706.
55. Thewis, A., Lefrancois, E., Thielemans, M.F., Thill, N. and Andre, M.: Rate of passage of digesta in sheep. *Ann. Rech. Vet.* 1979;10: 163-165.
56. Wilkinson, J.M. and Prescott, H. D.: The use of chromic oxide in the measurement of individual feed intake in cattle fed on silage and barley. *Anim. Prod.* 1970;12: 71-80.
57. Hungate, R. E.: *The rumen and its microbes.* Academic Press. New York and London, 1966.
58. Van Soest, P.J.; Uden, P. and Wruck, K.F.: Critique and evaluation of markers for use in nutrition of humans and farm and laboratory animals. *Nutr. Reports. Intern.* 1983; 27: (1) 17-28.
59. Bull, L. S. Rumpler, W. V., Sweeney, T. F. and Zinn, R. A.: Influence of ruminal turnover on site and extent of digestion. *Fed. Proc.* 1979; 38: 2713-2719.
60. Quintero, R.R.: *Ingeniería bioquímica. Teoría y aplicaciones.* 57-59. Alhambra Mexicana, S. A., México, D. F., 1993.
61. Bergen, W. G.: Factors affecting growth yields of microorganisms in the rumen. *Trop. Anim. Prod.* 1979; 4: 13-20.
62. Stern, M.D. and Hoover, W. H.: Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. *J. Anim. Sci.* 1979; 49: 1590-1603.
63. Van Soest, P.J.: *Nutritional ecology of the ruminant.* O & B Books, Inc., USA, 1982.
64. Mertens, D. R. and Ely, L.O.: Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization a dynamic model evaluation. *J. Anim. Sci.* 1982; 54: 895-905.
65. Faichney, G.J.: Digesta Flow. In: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism.* Forbes J.M & France J. (ed.) CAB International , 1993: 53-85.
66. Mertens, D. R.: Dietary fiber components: Relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.* 1977; 36:187-192.
67. Allison, M.J.: *Nitrogen metabolism of ruminal micro-organism.* In *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant.* Edited by Phillipson, A.T., Oriel Press Limited, Newcastle Upon Tyne, England, 1970: 456-473.
68. Luna V.R.; Medina T. J.G y Gloria H.G.: Control mecánico de arbustos para mejorar la producción forrajera de pastizales áridos. *Agraria* 1986; 42 (2) 256-285.

69. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist., 16th ed. Washington, D.C. 1995.
70. Van Soest, P.J. and Wine R.H.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. J.A.O.A.C. 1967; 50: 50-55.
71. Van Soest, P.J. and Wine, R.H.: Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. J.A.O.A.C. 1968; 51:780-785.
72. Goering, H.K. and Van Soest, P.J.: Forage fiber analyses. Agriculture Handbook No. 379. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, 1975.
73. NRC: Nutrient requirements of sheep. National Academy Press, Washington, D.C. 1985.
74. Hecker, F.J: Experimental surgery on small ruminants. Butterworths & Co., Great Britain, 1974.
75. Gill, J.L.: Design and analysis of experiments in the animal and medical science. The Iowa State University, USA ,1978.
76. Schneider, B.H. and Flatt, W. P.: The evaluation of feed through digestibility experiments. The University of Georgia Press Athens, 1975.
77. Mehrez, A.Z. and Orskov, E.R.: A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 1977; 88: 645-650.
78. Bateman, J. V.: *Nutrición animal. Manual de métodos analíticos.* Ed. Herrero Hernández Hermanos, Sucesores, S. A., México , 1970.
79. Czarnocki, J.; Sibbald, I.R. and Evans, E.V.: The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. Can. J. Anim. Sci. 1961; 41: 167-169.
80. Erwin, E.S.; Marco, G.J.; Emery, E.M.: Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci. 1969; 44: 1768-1771.
81. Malawer, S.J. and Powell, W.: An improved turbidimetric analysis of polyethylene glycol utilized as emulsifier. Gastroenterology 1967; 53: 250-256.
82. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. Principles and procedures of statistics. 2<sup>nd</sup>. ed. McGraw-Hill Kogakusha LTD. 1980.
83. Johnson, R.A. and Wichern, D.W: Applied multivariate statical analysis. 2<sup>nd</sup>. ed. Prentice Hall. Englenweood Clifts, New Jersey, USA, 1990.

84. SAS: SAS/STAT guide for personal computers, version 6 edition. SAS Institute Inc. Cary, N.C. 1985.
85. Boutouba, A.; Holechek J.L.; Galyean, M.L.; Nunez-Hernández, G.; Wallace, J.D. and Cardenas M.: Influence of two native shrubs on goat nitrogen status. *J. of Range Management* 1990; 43 (6): 530-534.
86. Nunez-Hernández, G.; Holechek, J.L.; Arthun, D.; Tembo, A.; Wallace J.D.; Galyean, M.L., Cardenas, M. and Valdez R.: Evaluation of fecal indicators for assessing energy and nitrogen status of cattle and goats. *J. Range Management* 1992; 45 (2) 143-147.
87. El Hyatemy, Y.; Younis, A.A.; Belal, A.H.; Rammah, A.M.: Some chemical analyses on *Atriplex* species grown at Nubaria in a calcareous soil. *Herbage Abstr.* 1993; 63 (12): 553.
88. Garza, A. Jr. and T.E. Fulbright Jr.: Comparative chemical composition of armed saltbush and fourwing saltbush. *J. of Range Manage.* 1988; 42 (5): 401-403.
89. Hassan, N.I. and Abdel-Aziz, H.M.: Effect of barley supplementation on the nutritive value of saltbush (*Atriplex nummularia*). *World Rev.of Anim. Prod.* 1979; 15 (4): 47-55.
90. Sanginés, G.L; Grande, C.D. y Pérez-Gil, R.F.: Comparación del valor nutritivo de cuatro especies de *Atriplex* y evaluación de un procedimiento de desalado sobre el contenido proteínico de *A. nummularia*. *Biotam*, 1992; 4 (1) 14-23.
91. Pichard, G.; Reategui, K y Campos R.: Composición química y degradación ruminal de tejidos de plantas leñosas presentes en la pradera mediterránea de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*: 1988; 15 (1) 23-30.
92. Puls, R.: Mineral levels in animal health. *Diagnostic Data*. Sherpa International, 3<sup>rd</sup> printing, Canadá, 1990.
93. Gihad, E.A.: Utilization of high salinity tolerant plants and saline water by desert animals. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)* 1994; 64 (6): 364-365.
94. Wodwin, I.A. and Vernon, J. W.: Effects of intraruminal sodium chloride infusion on rumen and renal nitrogen and electrolyte dynamics in sheep. *Br. J. Nutr.* 1986; 56 (2): 379-394.
95. Evans, E.: An evaluation of the relationships between dietary parameters and rumen turnover rate. *Can.J. Anim. Sci.* 1981; 61: 97-103.
96. Skiba, B.; Kowalczyk, J. and Zebriwsjam, T.: Secretion of nitrogen compounds into the isolated caecum and colon of sheep. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)* 1996; 66 (5): 315.

97. Rasool, E.; Rafique, S.; Haq, I.U; Khan, A.G. and Thomson, E.F.: Impact of fourwing saltbush on feed and water intake and on blood serum profile in sheep. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 1996; 9 (2) 123-126.
98. Nunez-Hernández, G.; Holechek, J.L.; Wallace J.D.; Galyean, M.L.; Tembo, A.; Valdez R. and Cardenas, M.: Influence of native shrubs on nutritional status of goats: nitrogen retention. *J. Range Management* 1989; 42 (3) 228-232.
99. France, J. & R.C Siddons: Volatile fatty acid production. In: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Forbes J.M & France J. (ed.) CAB International 1993: 107-121.
100. Nolan, J.V.: Nitrogen kinetics. In: quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Forbes J.M & France J. (ed.) CAB International, 1993: 123-1143.
101. Weimer J.P.: Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster?. *J. Dairy Sci.* 1996; 79: 1496-1502.
102. Russell, B.J. and Wilson, B.D.: Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low ph? *J. Dairy Sci.* 1996; 79: 1503-1509.
103. Beever, D.E.: Rumen function. In: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Forbes J.M & France J. (ed.) CAB International , 1993: 187-215.
104. Evans, E.: An evaluation of the relationships between dietary parameters and rumen liquid turnover rate. *Can J. Anim. Sci.* 1981; 61: 91-96.
105. Church, C.D. : Digestive physiology and nutrition of ruminants, Vol. I. O & B Books, U.S.A., 1979.

## GLOSARIO

<b>DESERTIFICACION</b>	También llamado avance de los desiertos o formación de desiertos, este término, viene del francés que significa "hacer desiertos".
<b>DIGESTA</b>	Alimento y material ingerido sujeto a digestión dentro del tracto digestivo; técnicamente también incluye secreciones y excreciones de los órganos digestivos.
<b>DIGESTIBILIDAD IN SITU</b>	Sugiere una digestibilidad en el rumen, bajo la técnica de bolsa de fibra artificial y es utilizada para proporcionar valores estimados de la tasa de desaparición de los constituyentes alimenticios en el rumen.
<b>DIGESTIBILIDAD IN VITRO</b>	Se entiende por esta, a la simulación de los procesos digestivos en el rumen, bajo condiciones de laboratorio; en dónde se lleva a cabo una fermentación anaerobia con líquido ruminal filtrado.
<b>DIGESTIBILIDAD IN VIVO</b>	Se refiere a la cuantificación del alimento o nutrimentos que se ingieren y que no son excretados en las heces, asumiendo que estos fueron absorbidos en el tracto digestivo.
<b>FASE LAG</b>	Es el período de fermentación inicial, cuando la digestión es constante o se presentan tasas muy reducidas. El efecto lag se muestra como una característica no lineal y se debe a la adherencia o asociación de los microorganismos al sustrato antes de la digestión enzimática.
<b>FLUJO</b>	Cantidad de material que es transferido de un compartimento a otro por unidad de tiempo.
<b>HALOFITAS</b>	Plantas que crecen y completan su ciclo de vida en hábitats con alto contenido de sal. Nativas de costas, estuarios, pantanos salados (manglares) y desiertos y tolerantes a diferentes rangos de temperatura.



<b>MARCADORES</b>	Son sustancias inertes, sin efectos tóxicos, que no deben absorberse, ni metabolizarse, tienen que ser ingeridos y excretados en su totalidad, así como mezclarse íntimamente con el alimento. Por otra parte, al ser utilizados no deben de afectar el tracto digestivo, además de poderse medir cuantitativamente y analizarse fácilmente en el laboratorio.
<b>MARCADOR EXTERNO</b>	Es aquel que se adiciona a la ración y se consume por vía oral.
<b>MARCADOR INTERNO</b>	Son aquellos que forman parte natural de la dieta.
<b>QUIMIOSTATO</b>	Reactor con un sistema de cultivo continuo.
<b>SALINIZACION</b>	Se refiere al deterioro de los suelos por el incremento en el nivel de sales solubles que reduce su capacidad productiva.
<b>TASA DE DILUCIÓN</b>	Es la cantidad de digesta (como peso o proporción del volumen ruminal) que sale del rumen en un tiempo dado, y se expresa en $h^{-1}$ o $\% h^{-1}$ y representa la tasa de flujo (F) por unidad de volumen (V).
<b>TIEMPO MEDIO DE RETENCIÓN</b>	Es el tiempo en que se retiene la mitad de la digesta en la primera porción del tracto-gastrointestinal, o bien el tiempo que tarda en salir el 50% del marcador.
<b>TIEMPO DE RECAMBIO</b>	Tiempo requerido para cambiar una cantidad de digesta igual a la presentada en la porción superior del tracto digestivo, es decir cuando se recupera el 63% del marcador.
<b>TIEMPO DE RETENCIÓN O TIEMPO PROMEDIO DE RETENCIÓN:</b>	Tiempo requerido para cambiar una cantidad de digesta (V) igual a la presentada en el rumen, o el tiempo promedio que permanecen las partículas en el rumen.
<b>TIEMPO DE TRÁNSITO</b>	Es el tiempo que tarda la digesta de un alimento en pasar a través del tracto digestivo o por algún segmento de éste. La forma de calcular el tiempo de tránsito es considerando la primera aparición del marcador en las heces.