

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**Digestibilidad “in vitro” de dos variedades de Maguey (*Agave salmiana* y *Agave americana*) .**

**Por:**

**Andrés Gómez Vázquez**

**TESIS**

**Presentada, como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,  
Septiembre de 2003.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Digestibilidad “in vitro” de dos variedades de Maguey (*Agave salmiana* y *Agave americana*).**

**Por:  
Andrés Gómez Vázquez**

**Tesis:**

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador ,  
como requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**Ph. D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez**

**SINODAL**

**SINODAL**

---

**MC. Lorenzo Suárez García**

**MC. Manuel Torres Hernández**

**COORDINADOR DE LA DIVISION  
DE CIENCIA ANIMAL**

---

**Ing. Rodolfo Peña Oranday**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila,  
Septiembre de 2003.**

## DEDICATORIA

### *A DIOS.*

*por todas las bendiciones que me ha dado durante todos los días de mi vida, por darme la dicha y la felicidad de vivir y gozar de todas las maravillas de su obra, por darme fuerzas para salir adelante y superar mis contratiempos, por darme la fortuna de tener unos padres maravillosos y una gran familia.*

### *A MIS ABUELOS: Manuel (+), Manuela (+) Marcos (+) y Rosario.*

*por sus bendiciones, amor y cariño que me tuvieron en todo momento, aunque algunos de ellos ya no los tengo físicamente, sus recuerdos y sus buenos consejos, no han quedado en el olvido. Para ellos con amor.*

### *A MIS PADRES: Manuel y Ángela.*

*por darme el mejor de los regalos (la vida) acompañado de amor, ternura y cariño en todo momento, además sus sabios consejos, valores y principios inculcados en mí, para andar en el camino más indicado, por enseñarme que jamás es tarde para realizar los sueños anhelados, a ellos que no escatimaron esfuerzo alguno con tal de verme realizar mis sueños, pues siempre añoraron mi presencia en los días que me mantuve lejos de casa, hoy sus esfuerzos están siendo recompensados. Para ellos con mi más grande amor, admiración y respeto.*

### *A MIS HERMANOS DEL ALMA.*

*José, Bartolomé, Manuel Agustín, Dionisio, José del Carmen, Calixto, María Imelda, Juan Melchor, María Isabel y Martha Elena, porque fueron parte importante de mi formación profesional, en ellos nunca faltaron palabras y gestos de ánimo, motivación y esfuerzo con tal de verme lograr esta meta, apoyándome siempre en los momentos más críticos de mi vida. Para todos y cada uno de ellos con mucho amor y cariño.*

### *A MIS HERMANOS.*

*Dominga (+), Joaquín (+) y Francisca (+), que Dios los tenga en su gloria ya que no tuve la dicha de conocerlos ni gozar de sus triunfos, porque partieron sin alcanzar sus sueños. En donde quiera que se encuentren hermanitos, con mucho amor.*

*Con mucho cariño, amor y ternura a mi esposa:*

*María Alma Delia López Vázquez.*

*Por ser una gran mujer, que ha sabido comprenderme y ha sabido esperar con paciencia el logro de tan anhelado sueño, con la que he compartido momentos de alegría y tristeza desde novios, a la que me ha apoyado en todo momento motivándome para la realización de este trabajo, encontrando siempre en ella una bella sonrisa y palabras de aliento en los momentos difíciles, hoy lleva en sus entrañas a un pequeño ser, que aun no ve la maravillosa luz del día, para él, con el más sublime amor y cariño.*

*¡Gracias por tu actitud comprensiva mi amor!*

### *A MIS SOBRINOS.*

*Edgar Armando, Walter Otón, José Isaías, Efrén, Daniel Agustín, Magnolia Rocío, Ángel Manuel, Susana Beatriz, Lorena Marisol, Álvaro Omar, Luis Ulises, Nancy Guadalupe y Pedro Jesús. Para todos ellos que son el fruto y la semilla de la familia con mucho cariño.*

### *A MIS CUÑADAS, CUÑADOS Y TIOS.*

*que de una o de otra forma fueron parte importante en el logro de mis objetivos, por lo tanto quiero dedicarles con mucho cariño este humilde trabajo.*

## **AGRADECIMIENTO.**

**A MI ALMA MATER**, por recibirme en su seno y cobijarme durante mi carrera, por darme la oportunidad de cultivar mis conocimientos y ser un profesional, poniendo a mi alcance todos los elementos básicos para lograr un sueño tan anhelado.

**Al Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez**, por darme la oportunidad de realizar con él mi trabajo de tesis, por su paciencia en la revisión del mismo, por su confianza y amistad como maestro y asesor principal de mi trabajo y por sus conocimientos transmitidos durante mi proceso de formación.

**Al MC. Lorenzo Suárez García**, por su noble colaboración en la revisión de mi trabajo, por su paciencia, amistad y aportación en mi superación profesional.

**Al MC. Manuel Torres Hernández**, con mucho respeto y por su amable colaboración en la revisión de mi trabajo, por su amistad brindada dentro y fuera de las aulas, por su colaboración en mi proceso de formación.

**A la Lic. Laura Marisela Lara López**, por su valioso apoyo en la obtención de los datos de campo para el presente trabajo, por su amistad y confianza brindada sinceramente.

**A la Familia Gaytan de León ( Don Manuel, Doña Alejandra, Juan, Idalia, Susy, Miguel, Elvia y Oscar)**, por brindarme su amistad sincera, su confianza y apoyo, por llenar el vacío que causa el estar lejos de casa y mitigar un poco la nostalgia de estar sin los seres queridos. **“Gracias”**.

**A la familia López Vázquez,** por darme un espacio en sus vidas y pasar a formar parte de la mía, por su sincera amistad, así como su paciencia y comprensión, por el cariño recibido en mi proceso de formación y por abrirme las puertas de su hogar. **“Gracias.”**

### **A TODOS Y CADA UNO DE MIS HERMANOS.**

Con mucho respeto, por el gran apoyo tanto moral como económico, por los buenos consejos de hermanos deseándome siempre mucho éxito en todo momento y durante mi proceso de formación, encontrando siempre en ellos amor, cariño, comprensión, tolerancia y respeto, aun con los reveses de la vida, haciendo de nuestros momentos juntos, momentos de verdadera armonía. Gracias queridos hermanos, son y serán siempre mi orgullo.

### **A los Ingenieros, Calixto, Modesto, Gerardo y Juan Melchor.**

Que a pesar de que somos hermanos y primos, comprendimos que todos somos diferentes y compartimos juntos momentos de verdadera amistad, sin faltarnos nunca el respeto, aún y cuando nos mantuvimos lejos del hogar y de nuestros seres queridos.

### **A mis padres.**

por todos sus esfuerzos realizados durante toda mi vida y por su apoyo económico durante mi proceso de formación, por el amor y cariño recibido **“gracias”**, que Dios me los bendiga por tener un buen corazón.

### **A mi esposa.**

Con mucho respeto y amor, por su amor, comprensión, paciencia y apoyo en todo momento deseándome siempre lo mejor, dando todo de sí sin pedir nada a cambio, con tal de verme triunfar en la vida. **“Gracias”**.

**A mis cuñadas(os).**

Por el apoyo moral en todo momento, motivándome a seguir adelante durante mi proceso de formación

**A mis amigos, Daniel, Jorge, Edgar, Eduardo, Luis Ángel, Efraín, José Luis y Marlen, Martín y Sonia, Ana, Victoria, Eva (cueva), entre otros.**

Que no por no mencionarlos dejan de ser apreciados. A todos ellos por la buena amistad durante nuestra vida estudiantil.

**A mis compañeros de la Generación XCIV de la Carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.**

Que aun con nuestras diferencias culturales, tuvimos la oportunidad de establecer una bonita amistad y compañerismo, que a todos y cada uno de ellos disfrute y alcance el éxito. Suerte y Adelante.

## RESUMEN.

El objetivo de este trabajo fue determinar la digestibilidad in vitro de dos variedades de Maguey (variedad *salmiana* y variedad *americana*), a diferentes tiempos (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.) de incubación, para determinar si las variedades de Maguey estudiadas son adecuadas para la alimentación de los animales. El experimento consistió en una incubación con líquido ruminal, (simulando lo que sucede en el rumen de un animal), a diferentes tiempos de incubación a una temperatura de 39°C., utilizando el incubador “DAISY”, que tiene una eficiencia muy cercana al 100% (98%).

El análisis estadístico utilizado fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial (variedad de Maguey y Tiempo), además una correlación para observar la relación entre la digestibilidad y el tiempo de incubación, con este diseño se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para ambas variedades de maguey.

Los valores de la digestibilidad de MS de la variedad *salmiana* a los diferentes tiempos (0, 3, 6, 12, 24, 48, y 72 hrs.) fueron los siguientes: 64.97, 67.66, 73.96, 82.51, 88.38, 89.38 y 90.74% respectivamente, en tanto que para la variedad americana, en los siete tiempos (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.) se obtuvo lo siguiente: 59.91, 67.43, 78.75, 81.86, 89.28 y 90.83% respectivamente.

Por otra parte en cuanto al análisis químico proximal determinado para la variedad *salmiana*, se encontró que contienen lo siguiente: Materia Seca 12.03% , Proteína Cruda 8.41 % Extracto Libre de Nitrógeno 55.83%, Extracto Etéreo 1.83%, Fibra Cruda 16.93% y Cenizas 17.00% y para la variedad *americana*, se obtuvo los siguientes valores: Materia Seca 14.85%, Proteína Cruda 5.26%, Extracto Libre de Nitrogeno 59.1%, Extracto Etéreo 1.27% Fibra Cruda 19.28% y Cenizas 5.09%.

Palabras clave: Digestibilidad in vitro, *Agave salmiana* y *Agave americana*.

## INDICE DE CUADROS

Pag.

<b>Cuadro No. 1.</b> Análisis bromatológico de dos variedades de Maguey <i>Agave atrovirens karw</i> y <i>Agave salmiana</i> .....	20
<b>Cuadro No. 2.</b> Análisis bromatológico del <i>Agave Atrovirens karw</i> y <i>Agave salmiana</i> .....	21
<b>Cuadro No. 3.</b> Análisis bromatológico del Maguey ( <i>Agave asperima jacobí</i> ) base húmeda.....	22
<b>Cuadro No. 4.</b> Análisis bromatológico del Maguey, porciento de digestibilidad y total de nutrientes digestibles.....	22
<b>Cuadro No. 5.</b> Coeficiente de digestibilidad in vitro de la Materia Seca y de la Materia Orgánica de <i>Agave atrovirens karw</i> y del <i>Agave salmiana</i> ...32	
<b>Cuadro No. 6.</b> Digestibilidad in vitro de la Materia Seca y Materia Orgánica de la alfalfa.....	33
<b>Cuadro No. 7.</b> Coeficiente de digestibilidad in vitro de la Materia Seca de <i>Agave salmiana</i> y <i>Agave americana</i> .....	47
<b>Cuadro No. 8.</b> Comparación de medias de tratamientos para la variable digestibilidad.....	49
<b>Cuadro No. 9.</b> Comparación de medias de la variable digestibilidad para el factor tiempo de incubación.....	50
<b>Cuadro No. 10.</b> Comparación de medias de la variable digestibilidad para la interacción variable por tiempo de incubación.....	52
<b>Cuadro No. 11.</b> Análisis bromatológico de <i>Agave salmiana</i> y <i>Agave americana</i> .....	57

**INDICE DE FIGURAS**

**Pag**

**Figura No. 1.** Correlación entre tiempo y digestibilidad de la variedad *salmiana*..... 53

**Figura No. 2.** Correlación entre tiempo y digestibilidad de la variedad *americana*.....54

3.5 Pasos de la digestibilidad .....	42
3.6 Preparación del Inóculo e Incubación .....	43
3.7 Análisis Bromatológico .....	45
3.8 Diseño Experimental .....	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>61</b>

2.9.2 El maguey para la extracción de la fibra .....	17
2.9.3 El maguey como fuente de alimento para el hombre .....	17
2.9.4 Utilización del maguey como fuente de forraje en el Norte y otras re- giones del país .....	18
2.9.5 Agaves con alta producción de forraje .....	18
2.9.6 El maguey forrajero en el Altiplano Potosino-Zacatecano .....	18
2.9.7 Valor nutritivo del maguey utilizado como forraje.....	21
2.10 Digestibilidad de la Pared Celular de los Forrajes Utilizados en la Ali- mentación de los Animales .....	23
2.10.1 Degradación de la pared celular .....	25
2.11 Los Microorganismos del rumen y su Actividad sobre los Alimentos .....	27
2.12 Digestibilidad .....	29
2.12.1 Formas de expresar la digestibilidad .....	29
2.12.2 Digestibilidad aparente y real .....	30
2.12.3 Digestibilidad in vivo e in vitro .....	31
2.13 Factores que Determinan Variaciones de la Digestibilidad .....	34
2.13.1 Factores dependientes del animal .....	34
2.13.2. Factores dependientes del alimento .....	35
2.13.3 Otros factores .....	37
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>40</b>
3.1 Localización del Área de Estudio .....	40
3.2 Material Vegetal .....	40
3.3 Identificación de la Especie .....	41
3.4 Obtención del Líquido Ruminal .....	42

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	xiii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Justificación .....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Hipótesis .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1 Historia .....	5
2.2 Clasificación Taxonómica del Maguey .....	6
2.3 Origen y Distribución del Género <i>Agave</i> .....	7
2.4 Descripción Botánica de los <i>Agaves</i> .....	8
2.5 Descripción Botánica de <i>Agave salmiana</i> y <i>Agave americana</i> .....	11
2.5.1 <i>Agave salmiana</i> .....	11
2.5.2 <i>Agave americana</i> .....	11
2.6 Descripción de los <i>Agaves</i> dentro de las Angiospermas .....	12
2.7 Los <i>Agaves</i> dentro de las Plantas Denominadas MAC .....	13
2.8 Formas de reproducción de los <i>Agaves</i> .....	14
2.8.1 Reproducción por apomixis .....	15
2.9 Aprovechamiento y Utilidad del Maguey .....	15
2.9.1 Bebidas derivadas del maguey .....	16

## I. INTRODUCCIÓN

La Republica Mexicana cuenta con un territorio de 1'972,500 Km<sup>2</sup>., el cual se divide en 15 zonas fisiográficas. Considerando estas zonas y la orografía del país , se presenta gran diversidad de climas que van desde los cálidos hasta los semifríos y por precipitación desde los húmedos hasta los áridos. Casi el 60% de esta extensión territorial está ocupada por las zonas áridas y semiáridas. Estas se caracterizan por la baja precipitación pluvial, temperaturas extremosas, una distribución de la precipitación irregular durante el ciclo vegetativo y compuestas por lo general por una comunidad arbustiva denominada matorral Xerófilo (Rzedowski, 1978).

La utilización de la vegetación xerófila es diversa como lo exige la carencia de recursos. Así varias especies silvestres se utilizan para fines de construcción; como cercas vivas, como combustible, como textiles, medicinales y alimenticias. Algunas especies han sido objeto de explotación intensiva con fines de comercio e industrialización provocando fuertes repercusiones en los ecosistemas y en la abundancia de la vegetación y eventualmente poniendo en riesgo de extinción a algunas especies. Existe nula o escasa información sobre las características genético- bioquímicas de las plantas de zonas áridas que las hacen prosperar en las difíciles condiciones de su hábitat ( Bravo y Sánchez, 1991).

En el norte del país tal situación se presenta de forma alarmante debido principalmente a la baja precipitación pluvial que oscila entre los 160 a 600 mm anuales, esta precipitación tan baja trae como consecuencia, épocas muy

críticas de escasez de forraje, por los periodos prolongados de sequías, comprendidos entre los meses de Noviembre a Marzo de cada año.

Esta situación acarrea un sinnúmero de problemas para la ganadería debido principalmente a la falta del vital líquido, provocando una baja producción de materia seca en los agostaderos y reduciendo de esta manera la baja productividad del ganado explotado en estas zonas. A pesar de las condiciones tan difíciles de las zonas áridas y semiáridas ahí se encuentra una proporción importante del inventario ganadero nacional, resultando en pérdida de animales durante los periodos de sequía, alcanzando cifras considerables en aquellos tiempos en que esta es severa. Es por ello importante desarrollar investigación que tienda a resolver parcial o totalmente esta problemática (COTECOCA, 1980).

La problemática que actualmente enfrenta la actividad ganadera de esta región, pone en riesgo la estabilidad económica del ganadero, por la muerte de animales año con año a causa de la falta de alimento o cultivos que produzcan buena cantidad y calidad de forraje en los periodos más críticos.

Buscando alternativas adecuadas para solventar en gran proporción y reducir las carencias de alimento para el ganado, se considera que los *Agaves* por su amplia adaptabilidad y por su resistencia a condiciones adversas medioambientales pueden ser una opción para suplir las necesidades alimenticias en dichas zonas, ya que estos pueden utilizarse como sustituto en la alimentación de los animales hasta casi de un 75%, que es un porcentaje importante, este porcentaje de sustitución tan considerable se debe a que esta

planta se encuentra disponible como materia verde durante todo el año, por lo que se puede hacer uso de ella en cualquier época del año.

## **1.1 Justificación**

La justificación de este trabajo se basa en las necesidades y problemáticas que la actividad ganadera del norte del país atraviesa, por la falta de alimentos y debido a las condiciones tan adversas del medio en que se desarrollan. Es necesario buscar alternativas, aprovechar y utilizar de manera consciente los recursos disponibles.

Hablando del cultivo del maguey este puede ser una de las opciones más factibles para solventar algunas necesidades de la ganadería, ya que no necesitan de atenciones especiales para prosperar, y son muy apetecibles por el ganado y mejora la producción tanto de carne como de leche. Debido a que existen muy pocos estudios en cuanto a la calidad nutritiva de la planta de maguey, es necesario realizarlos, para tener una mejor perspectiva y utilizarlo de forma adecuada.

Existen en la república mexicana 272 especies de las 310 que existen en el continente del género *Agave*, de la familia *Agavaceae*, por lo que se consideró que era conveniente concretar ésta investigación a solo dos especies, el maguey manso (*Agave salmiana*) y el maguey cenizo (*Agave americana*).

## **1.2 Objetivos**

- ⇒ Determinar la diferencia de digestibilidad que existe entre las dos variedades de maguey (*Agave salmiana* y *Agave americana*).
  
- ⇒ Determinar la cantidad de materia degradada, de acuerdo al tiempo que ésta se encuentre dentro del rumen.
  
- ⇒ Determinar el contenido nutricional, de las dos variedades de maguey, sometidas a estudio.

## **1.3 Hipótesis**

- ❖ Existen diferencias en la digestibilidad, entre las dos variedades de maguey (*Agave salmiana* y *Agave americana*).
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- ❖ Entre más tiempo esté la muestra en el rumen, mayor será la degradación de la misma.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Historia

En América la relación Hombre-*Agave* ha requerido de aceptación mutua. En el actual, competitivo, complejo mundo orgánico, ambas culturas, la ornamental y la de las fibras del *Agave* han crecido y disminuido individualmente a través de los siglos, de acuerdo a los intereses económicos. Ahora en el viejo mundo los *Agaves* son transportados a las localidades favorables( Palma, 1991).

La naturaleza estética del hombre los ha conservado como ornamentos, mientras su carácter intelectual, ha fortalecido la evolución del *Agave* con sus diferentes usos. En Norteamérica tuvo mucho que ver en el fortalecimiento de la agricultura. Por su enorme adaptación en los suelos de baja fertilidad, así como las necesidades mínimas de agua esta especie (*Agave*) ha sido de gran importancia para la alimentación de animales en las zonas áridas y semiáridas (González y Galván,1992).

La ganadería explotada en el norte de México cada vez va creciendo, por lo tanto también crecen las necesidades alimenticias por lo que cada vez se buscan mejores formas para solventar este rubro. Aunque en la actualidad, los factores que más contribuyen a alterar los patrones tradicionales de uso de los recursos son, quizás, el propio deterioro de los recursos naturales; el crecimiento demográfico y el aumento de la pobreza en el campo, debido a la baja productividad primaria, y los cambios socioculturales determinados por la migración temporal y definitiva (Luna, 1996).

Los recursos vegetales, la fauna, los suelos y el agua, en suma, la integridad de los ecosistemas, son el soporte fundamental de la estrategia de uso múltiple de los recursos naturales y de la complementariedad de las diferentes actividades productivas en distintos ambientes. En consecuencia la pérdida de cualesquiera de estos elementos contribuye de manera inevitable a estrechar el espectro de recursos y de opciones productivas (Linares et al., 1995).

## **2.2 Clasificación Taxonómica del Maguey Martínez (1979).**

**Reyno ..... Plantae**

**Filo .....Magnoliophyta**

**Clase .....Liliopsida**

**Orden ..... *Asparagales***

**Familia ..... *Agavaceae***

**Género ..... *Agave***

**Especie..... *Salmiana y Americana***

### **2.3 Origen y Distribución de los Agaves**

Mesoamérica y Áridoamérica, como los antropólogos han dividido a México, es escenario del origen y evolución del maguey (*Agave spp*). En ambas regiones esta planta ha sido utilizada, desde los primeros pobladores hasta la actualidad para satisfacer y complementar una serie de necesidades básicas, alimento, forraje, medicamentos y construcción ( Galván,1990).

Nobel (1998) señala que el *Agave* forma parte de la familia *Agavaceae*, que es endémica de América y se distribuye en el sur de Canadá, México, Centroamérica, norte de Sudamérica e islas del Caribe. Esta familia ha tenido constantes cambios en su clasificación, algunos autores no la consideran necesaria y otros disgregan sus miembros en otras familias, como las liliáceas y las amarilidáceas.

Estudios recientes acerca de su origen y parentesco con otras plantas concuerdan en que la familia *Agavaceae* puede estar representada por dos subfamilias, la de las yucas (*Yuccoideae*) y la de los *Agaves* (*Agavoideae*). Cabe resaltar que de este vegetal se pueden obtener bebidas embriagantes, dentro de las cuales sobresale el pulque, el tequila y mezcal, también se puede obtener alimento y fibra (Reyes,2000).

La difusión del cultivo del *Agave* desde su núcleo original en las tierras mesoamericanas, ocurrió rápidamente después de la conquista. Cuando los españoles empezaron a colonizar las regiones del norte como Durango y Saltillo, se llevaron personas nahuatl como trabajadores campesinos y traductores. Los campesinos tomaron el maguey con ellos y establecieron la

cultura del pulque. Otros *Agaves*, con fines ornamentales son utilizados como fibra, fueron llevados por los portugueses y españoles al viejo continente (González y Galván,1992).

El género *Agave*, cuyo nombre viene del griego y significa “admirable “, fue descrito inicialmente por Linneo en 1753 siendo la primera especie *Agave* americana (Gentry,1978).

De acuerdo a Berger (1925)(citado por González y Galván, 1992) la clasificación de *Agaves* se basa principalmente en las siguientes características:

- ❖ Disposición y número de hojas
- ❖ Forma, tamaño, color, consistencia y textura de las hojas
- ❖ Forma, tamaño, color y composición de las espinas marginales de la punta terminal.
- ❖ Forma del eje floral y de la yema central.
- ❖ Tipo de inflorescencia y forma de la flor.
- ❖ Existencia de estolones o rizomas secundarios (vástagos).
- ❖ Forma de tallo.

#### **2.4 Descripción Botánica de los Agaves.**

La planta de maguey consta de raíces fibrosas, tallo muy corto y grueso, hojas mejor conocidas como pencas, en número de 30 a 50, de colores verde, amarillo hasta el azulado, con tonalidades grises, cóncavas de una longitud de 1.5 a 2.0 metros, con espinas en sus bordes terminados en punta y rematadas

por una púa o espina y están unidas muy juntas formando una roseta, las hojas de la mitad de su longitud son más delgadas y más anchas que su base, para ir reduciendo (su anchura ) hacia su extremo superior hasta terminar en la espina; están revestidas de una cutícula apergaminada que les sirve para evitar la evaporación (Sánchez, 1965)(citado en El Agave, 1999).

Son plantas adaptadas a condiciones de aridez. Raíces someras y ramificadas, cutícula gruesa, succulencia, estomas hundidos, metabolismo fotosintético y metabolismo ácido de crasuláceas son algunos de los atributos que le permiten establecerse en zonas carentes de agua.

Arbustos robustos, a menudo leñosos, a veces arborescentes, o árboles, ocasionalmente trepadores, algunas veces suculentos, rizomatosos; hojas basales o apiñadas en la base del tallo, rígidas, a menudo carnosas y puntiagudas; inflorescencia racimosas o paniculadas, flores actimorfas, el fruto es comúnmente una cápsula; semillas con embrión recto y un endospermo duro (Granados, 1993).

**Altitud.** El grupo *salmiana* es natural de la meseta central de México se desarrolla desde los 1230 a 2460 msnm.

**Precipitación.** El maguey subsiste y prospera en precipitación media anual desde los 335 hasta los 924 mm.

**Temperatura.** El maguey prospera en condiciones de temperatura que va desde 13.6 hasta los 17.8 grados centígrados.

**Iluminación.** La mayoría de los *Agaves* del desierto necesitan la luz solar, si no existe se convierten en plantas etioladas, los magueyes pulqueros del centro de México requieren iluminación aunque no toleran la sombra (Granados,1993).

**Hábitat.** Muchas variedades de *Agaves* hoy en día se cultivan intensivamente para tener una mejor explotación y por lo tanto una mayor productividad.

En general, los *Agaves* viven en suelos rocosos y arcillosos y bien drenados, ricos en nutrientes, especialmente nitrógeno que parece ser el elemento más limitante de la actividad metabólica de algunos *Agaves*. Los niveles de elementos en el suelo afectan la distribución en sus hábitat nativos. Sobreviven en altitudes que van desde 900 a 2800 msnm (García,1995).

Hoy día, como desde hace siglos, los magueyes o *Agaves* con sus imponentes tamaños y extravagantes formas, caracterizan los paisajes de las zonas áridas y semiáridas de nuestro país y contribuyen a la conservación y retención del suelo; en algunas regiones se cultivan delimitando bordos o terrazas para evitar la erosión y el deslave de las tierras. Su cultivo hace posible la ampliación de la productividad agrícola en zonas frías y calientes (Luna,1996).

## **2.5 Descripción Botánica de *Agave salmiana* y *Agave americana*.**

### **2.5.1 *Agave salmiana*.**

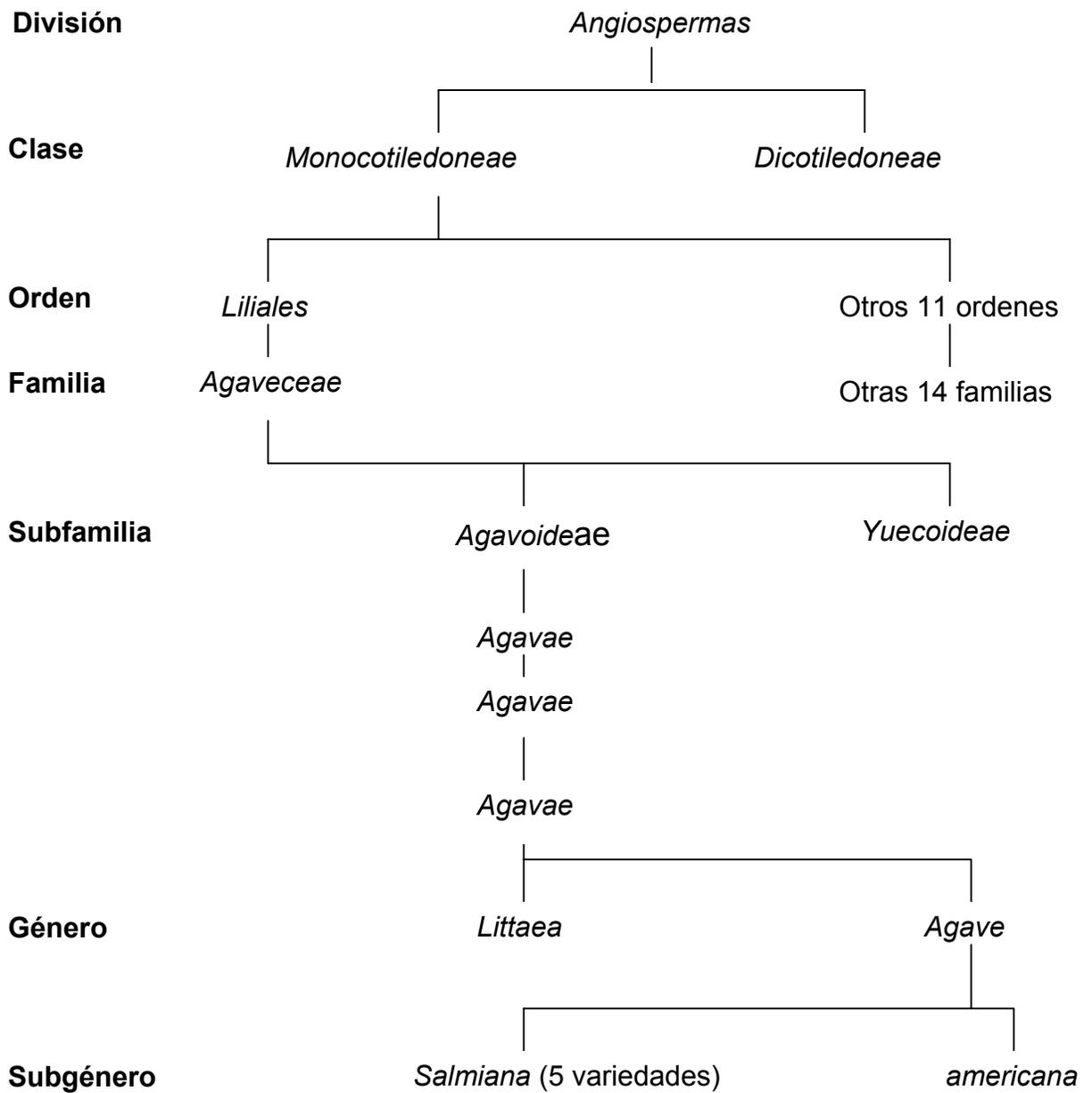
Planta acaule, perenne, de tamaño medio a grande, con tallos gruesos y cortos, surculosas, formando rosetas masivas, de 1.5 – 2 mts de alto , hojas de 1-2 m de largo, de 20 – 30 cm de ancho, muy gruesas en la base, es de color verde, el ápice acuminado algo sigmoidal curvo (hacia fuera); espina terminal robusta, flores vistosas amarillas, reunidas en inflorescencia paniculada de 15 – 20 umbelas grandes, la inflorescencia es robusta de 7-8 mts. de alto, el pedúnculo esta cubierto de brácteas imbricadas carnosas. Esta variedad es utilizada como forraje y es una de las más ampliamente explotadas en la región pulquera en México (Galván, 1990).

### **2.5.2 *Agave americana*.**

Es una planta robusta formada por grandes rosetas de 30 a 60 hojas gruesas y carnosas, perennes, lanceoladas de 1 a 2 metros de largo y de 15 a 23 cm. de ancho, de color blanco azulado. Tienen el borde espinoso y están rematadas por una fuerte espina de 2 a 3 cm. Las flores aparecen sobre un tallo grueso y leñoso de hasta 8 ó 10 metros de altura, se ramifica en su parte terminal adoptando forma piramidal. Las flores son de color amarillo verdoso, grandes, agrupadas en los extremos de las ramillas horizontales. Florecen de

Junio a Agosto. El fruto es una cápsula alargada y trigona. Se considera uno de los *Agaves* más grandes que existe (Cházaro, 1989).

**2.6 Descripción de los *Agaves* dentro de las *Angiospermas*.**  
**Basado en Cronquist (1981) (citado por Granados, 1993).**



## **2.7 Los Agaves dentro de las Plantas Denominadas MAC.**

Las plantas de este tipo tienen un origen tropical seco y un metabolismo adaptado a los medios áridos denominado metabolismo ácido crasuláceas (MAC), muy parecido a las plantas C<sub>4</sub>, excepto en la secuencia de la enzima que reacciona en la obscuridad y con demandas evapotranspirativas bajas (Granados,1993).

Medina (1987) indica que en la mayoría de las plantas suculentas con metabolismo ácido crasuláceo como en *Agaves*, la morfología y la fisiología de los organismos fotosintéticos desempeñan un papel relevante en la productividad. Se han hecho estudios en los que se consideran la orientación de las hojas y la intercepción de la radiación en plantas de *Agaves*, las características especiales de la roseta de éstas son: rigidez, opacidad, simetría radial aproximada, almacenamiento de agua y posesión de metabolismo MAC.

Donde el CO<sub>2</sub> es absorbido durante la noche por la planta y fijado por la enzima fosfoenolpiruvato carboxilazo en un compuesto de cuatro carbonos que son almacenados en las vacuolas de las células del clorénquima principalmente como ácido málico. Lo cual estas células del clorénquima deben tener grandes vacuolas para almacenar todo el ácido acumulado (Nóbel,1990).

Dentro de las adaptaciones ecológicas de las plantas de zonas áridas se encuentra la succulencia, la cual es característica de aquellas especies que retienen agua y la administran durante la época seca, estas pueden tener

estomas hundidos, metabolismo fotosintético y metabolismo ácido crasuláceo (MAC), en las estaciones secas sus raíces mueren debido a que las plantas no absorben agua; entre estas se encuentran los *Agaves* los cuales se clasifican como comefilos (Daubenmire, 1979).

La sobrevivencia de las plantas MAC en condiciones naturales con sequías prolongadas y erráticas, dependen más de la posesión de una cubierta exterior notablemente impermeable al agua, la cual impide la desecación, que de una alta eficiencia en el uso del agua o la asimilación de carbono, posibilitada por la fijación nocturna de CO<sub>2</sub>. Al mismo tiempo, la importancia ecológica de la fijación nocturna de CO<sub>2</sub> por plantas MAC radica en su contribución a la sobrevivencia de las mismas al proveer un mecanismo de recirculación interna de CO<sub>2</sub> en condiciones de sequía severa, que evita la inhibición del aparato fotosintético cuando el cierre estomático total impide la absorción de CO<sub>2</sub> externo; además, la vía MAC contribuye a la producción de materia orgánica y crecimiento de la planta (Medina ,1987).

## **2.8 Formas de Reproducción de los *Agaves* (sexual y asexual).**

Según Cruden (1993) los *Agaves* se reproducen de dos maneras, una forma es cortar sus flores y quitar los pétalos, ya que en cada una de ellas se forma un hijuelo. Y la otra es a partir de un rizoma que sale de la base de la planta que al estar al ras del suelo, le da el sol y entonces, crece una yema que da origen a un hijuelo.

Se pueden reproducir también con el método de la micropropagación de *Agaves*: a) cultivo de yemas laterales y b) el cultivo de cambio vascular. Para micropropagar una especie es necesario tener en cuenta los siguientes pasos: establecimiento aséptico del cultivo, multiplicación y el enraizamiento y propagación del inoculo para su trasplante al suelo (Nakamura ,1990).

### **2.8.1 Reproducción por apomixis.**

La apomixis es el término aplicado a la reproducción asexual en plantas, incluye la reproducción vegetativa, este tipo de reproducción vegetativa en el genero agave es de dos formas, aparición de hijuelos en la base del tallo y formación de propágulos en la inflorescencia (evento que se presenta con poca frecuencia). Los grupos apomícticos tienen un polimorfismo grande, y la delimitación de especies es muy difícil (González y Galván, 1992).

### **2.9 Aprovechamiento y Utilidad del Maquey**

El uso de los *Agaves* se remonta a la época precolombina, cuando los pueblos indígenas encontraron en esta maravillosa planta una fuente abastecedora de materia prima para elaborar cientos de productos (Nobel,1998).

Granados (1993) señala que las distintas especies de *Agaves* y los productos obtenidos de ellas, han tenido una enorme influencia económica, social y cultural en la historia de México.

Maguey es una palabra de origen antillano que denominaba el aloe o savia. *Agave* es el nombre científico que le dio al maguey el naturalista sueco Carlos de Linneo a mediados del siglo XVIII (del vocablo Grecolatino *agavus*). Las palabras maguey y *Agave* son sinónimos, la diferencia está en el uso que se le da a la planta (Galván,1990).

### **2.9.1 Bebidas derivadas del maguey.**

#### **Pulque.**

Ruvalcaba (1983) indica que la clave para la producción de bebidas con *Agaves* es la acumulación de carbohidratos, como azúcares y almidones. La bebida de *Agave* más antigua que aun se produce es el pulque, conocido por los aztecas desde principios del siglo XIII y por sus antecesores desde hace mil años. El pulque era comúnmente usado por los sacerdotes aztecas, quienes recibían consideraciones especiales. El pulque se obtiene de la fermentación del agua miel.

#### **Agua miel**

García (1998) refiere que para obtener el aguamiel a la planta de maguey se le corta el conjunto de hojas tiernas del centro de la planta para que, al cabo de cuatro meses, comience a dar sus primeros litros de aguamiel.

El periodo de producción del agua miel dura generalmente de tres a cuatro meses, y rinde en promedio unos 300 litros. Por los estudios químicos que se les han realizado, se sabe que el agua miel y el pulque son bebidas ricas en proteínas, vitaminas y calcio (Ruvalcaba, 1983).

## **Mezcal.**

Esta bebida ha logrado tener importancia económica a nivel mundial. La producción de mezcal y tequila se inicia con las cabezas, pero difieren en tecnología, especies y localidades. Para obtener una buena producción de mezcal es muy importante identificar cuales son los *Agaves* que están en floración. Las plantas que no pueden florecer no se deben cosechar cuando menos durante un año (Nóbel, 1998).

### **2.9.2 El maguey para la extracción de la fibra.**

En épocas pasadas la principal especie más utilizada para la extracción de la fibra fue el *A. Sisalana*, Hoy día el *Agave* más utilizado para la producción de fibra es la lechuguilla ( *Agave lecheguilla*). La fibra se obtiene de las hojas maduras desplegadas y de las hojas del cogollo sin despegar, ambas con una longitud de aproximadamente 60 cm., en el caso de plantas maduras (Cruden,1993).

### **2.9.3 El maguey como fuente de alimento para el hombre.**

En México se cosechan para alimento las flores de maguey . Tales flores se cuecen un poco y luego se sumergen en huevo batido para después freírse, los gusanos que atacan los tallos también son consumidos por los pobladores, donde prospera este tipo de planta , en el mixiote la cutícula del maguey se usa como envoltura para cocer al vapor pedazos de carne, nopales, otras verduras y especias (Nobel,1998).

#### **2.9.4 Utilización del maguey como forraje en el Noreste y otras regiones del país.**

En el noreste de México, las hojas de maguey son utilizadas como alimento para el ganado. Junto con las plantas de nopal, el maguey constituye un importante recurso alimenticio para los animales de los lugares desérticos (Granados,1993). En los alrededores de San Luis Potosí, las plantas jóvenes de *Agave salmiana* son destinadas para forraje de los animales. El maguey como forraje para ganado vacuno se ha desarrollado recientemente, reflejando la precisión de la población humana sobre la posibilidad de la planta como un recurso (Tello y Moya,1988).

#### **2.9.5 Agaves con alta producción de forraje.**

Nobel (1990) menciona que los *Agaves* con una alta producción forrajera en México aún con precipitaciones limitadas son las siguientes: *Agave mapisaga*, *Agave salmiana*, *Agave tequilana* y *Agave atrovirens karw*, obteniendo de estas variedades una producción de aproximadamente 25 ton., de Materia Seca/Ha/Año.

#### **2.9.6 El maguey forrajero en el Altiplano Potosino-Zacatecano.**

Uno de los recursos vegetales más utilizados en el altiplano potosino es el género *Agave*, pues se sabe que esta planta tiene una serie de características biológicas que le permiten crecer exitosamente bajo condiciones de carencia de agua en las que la mayoría de las plantas agrícolas no pueden

establecerse. En esta región *A. crassispina*, *A. lechuguilla*, *A. atrovirens* y *A. mapisaga* juegan un papel muy importante desde el punto de vista agronómico, ecológico, social y cultural en la región (Almaraz, 1984).

A la zona forrajera del Altiplano Potosino- Zacatecano, la caracteriza *A. mapissaga*. La distribución geográfica de esta especie es coincidente con la de *A. salmiana*, de estos *Agaves* se obtiene además del pulque, forraje fresco para el ganado vacuno (principalmente) y para porcino y mular. De estos *Agaves* los campesinos distinguen dos variedades; el de monte o verde, y el manso. Este último es común encontrarlo como cercas vivas y este puede ser explotado intensivamente en terrenos donde se encuentra sembrado solo, sin asociarlo con otra planta, por lo que facilita su recolección (Tello y Moya, 1988).

Es común, en este altiplano, que estos *Agaves* también se utilicen para obtener pulque, pero si se raspan para pulque pierde jugo la planta y esto demerita su calidad como forraje. Los dos tipos de magueyes se venden a los establos de la Ciudad de San Luis Potosí, sobre todo en la época de mayor sequía pues es más intensa la alimentación del ganado con el *Agave* picado; sin embargo durante todo el año también se le da mezclado con pastura. En la región se tiene la idea de que el ganado aumenta su producción de leche cuando se suministra una alimentación con este tipo de forraje (Tello y Moya, 1988).

Granados (1993), menciona que también es común que a los animales se les de cómo alimento una mezcla de maguey y nopal picados. Al maguey se

le quitan los dientes y la aguja terminal de las pencas y al nopal se le queman las espinas para después picar ambos y mezclarlos.

La utilización del maguey forrajero en el Altiplano Potosino- Zacatecano es muy importante ya que se refleja en bajos costos de alimentación del ganado, obteniendo buena producción de leche principalmente. En general para la utilización de las hojas carnosas de los *Agaves* en la alimentación de los animales, deben pasar por un pequeño proceso y este consiste en quitar la corteza verde, cortándolos en pedazos, así como una leve exposición a la lumbre con la finalidad de eliminar el principio irritante propio del maguey y que pueda, en un momento dado, irritar la cavidad bucal de los animales (Granados, 1993). Medina y Quezada (1975) indican que la utilización del maguey es una muestra de la capacidad del hombre para sobrevivir en un medio ambiente hostil y poco fértil, aprovechando al máximo sus recursos

**Cuadro No. 1.** Análisis bromatológico de dos variedades de Maguey *Agave atrovirens karw* y *Agave salmiana* (González, 1994).

Nutrientes	<i>Agave atrovirens karw</i>	<i>Agave salmiana</i>
Materia Seca	10.37	11.14
Proteína Cruda	4.46	4.62
E.L.N.*	57.59	57.13
Extrato Etéreo	1.38	1.33
Fibra Cruda	19.68	17.24
Cenizas	16.09	20.51

\* Extracto Libre de Nitrógeno

En el cuadro 1 se observa que las dos variedades de maguey (*Agave atrovirens karw* y *Agave salmiana*) presentan el mismo contenido de proteína cruda, por lo que indica que ambas son similares y presenta buen contenido nutricional.

**Cuadro No. 2.** Análisis bromatológico obtenidos del *Agave atrovirens karw* y del *Agave salmiana* (Martínez, 1994).

Nutriente %	<i>Agave atrovirens karw</i>	<i>Agave salmiana</i>
Materia Seca	11.12	12.22
Proteína Cruda	4.96	5.43
E.L.N.*	58.05	57.73
Extracto Etéreo	1.64	1.58
Fibra Cruda	18.46	16.39
Cenizas	16.89	18.83

\* Extracto Libre de Nitrógeno

### **2.9.7 Valor nutritivo del maguey utilizado como forraje**

El valor nutritivo de un forraje está determinado por su composición química (cuadros 1 y 2) y su digestibilidad, la composición química está determinada por la naturaleza de la planta, pero la digestibilidad depende tanto de la planta como del animal. La cantidad de un forraje consumido depende de la facilidad con que el animal seleccione e ingiera, de la velocidad que sea digerido, de la cantidad de forraje puesto a disposición y de los efectos directos del medio sobre el animal que se está alimentado, por esta razón cualquier cantidad de alimento que se le ofrezca al animal, el consumo de éste puede ser afectado por cualquiera de estos factores mencionados (Hughes et al., 1984).

**Cuadro No. 3.** Análisis bromatológico del Maguey (*Agave asperima jacobi*) base húmeda (Arizpe,1975).

Nutriente %	Alimento Maguey
Materia Seca	15.770
Proteína Cruda	0.770
E.L.N.*	1.480
Extracto Etéreo	1.877
Fibra Cruda	16.105
Cenizas	1.050

\* Extracto Libre de Nitrógeno

Arizpe (1975) en su trabajo concluyó que el maguey (*Agave asperima jacobi*), aporta un mínimo de nutrientes digestibles totales (cuadro 3) pero la digestibilidad de cada uno de los nutrientes es bastante alta aunque es difícil de llenar las necesidades de mantenimiento de un animal proporcionando maguey solo, es necesario mezclarlo con otro tipo de forraje o con un suplemento con la finalidad de cubrir con las necesidades nutricionales del animal.

**Cuadro No. 4.** Análisis bromatológico del Maguey, porciento de digestibilidad y total de nutrientes digestibles obtenidos (Ruíz 1975).

Nutrientes	% Total	%Digestibilidad	N.D.T %
Proteína Cruda	1.87	98.26	4.110
E.L.N.*	0.77	98.63	0.750
Extrato Etéreo	1.48	98.88	1.460
Fibra Cruda	16.10	97.75	15.730
		Total	22.05

\* Extrtacto Libre de Nitrógeno

Ruiz (1975) reportó los componentes nutritivos del maguey y los valores de digestibilidad de cada nutriente (cuadro 4) por lo tanto concluye que la cantidad de nutrientes digestibles depende en gran medida de la cantidad de fibra contenida en el forraje, ya que entre más fibra menos digestibilidad de los nutrientes del forraje, esto indica que el maguey que utilizó es de buena digestibilidad por el contenido de fibra que no es tan elevado .

### **2.10 Digestibilidad de la Pared Celular de los Forrajes Utilizados en la Alimentación de los Animales.**

Los rumiantes han desarrollado la habilidad de utilizar el material vegetativo de las plantas como su única fuente de nutrientes, por medio de los microorganismos que alojan en su rumen. Aproximadamente del 35 a 80% de la materia orgánica de los tejidos vegetales está contenida en la pared celular, la cual proporciona rigidez estructural a la planta. Sin embargo, los rumiantes que dependen exclusivamente de las plantas consumidas en libre pastoreo obtienen solo de un 30 a 40% de la energía digestible consumida de la pared celular del forraje (Jung y Allen,1995).

Se han reportado animales que consumen altos niveles de forraje con alta concentración de pared celular y tienen baja digestibilidad y, por lo tanto, la disponibilidad de energía en su dieta es limitada (Galyean y Goetsch,1993).

Akin (1993) señala que dependiendo de la constitución de la pared celular su digestibilidad varía; de 100% en las células mesófilas a 0% en xilema,

esta variación ocurre en diferentes tejidos dentro de una parte de la planta y entre tejidos similares en diferentes especies de forraje.

Señales de la pared celular provocadas por la predación de insectos inducen a la producción de moléculas de defensa, formándose capas de proteínas y lignina, como respuesta a la invasión de patógenos fungales y virales, este proceso tiende a reducir el grado de digestibilidad de la pared celular (Bowles,1990).

Por otra parte, para que las células alcancen su forma funcional e individualidad tienen que elongarse y diferenciarse. La expansión coordinada y la diferenciación de las células individuales se logran por alteraciones sutiles de la estructura química de los componentes de la pared y las determinantes mecánicas de la forma de la célula (Taiz,1984).

Así, se puede apreciar que la pared celular primaria es una matriz extracelular químicamente dinámica, con un mosaico de respuestas y llena de diversas formas y funciones. Existen grupos de trabajo a escala mundial que estudian la pared celular desde varios ángulos: sus propiedades físicas y químicas, su participación en la resistencia a enfermedades, en el reconocimiento celular, como fuente de oligosacáridos con actividad biológica, y su digestibilidad (López,1991).

El grado de digestión diferencial de los monosacáridos se ha interpretado como indicador de la remoción selectiva de la celulosa y hemicelulosas con alto grado de sustitución. Sin embargo, las diferencias observadas en la

digestibilidad de monosacáridos pueden ser explicados por diferencias en composición entre la pared primaria y la pared secundaria (Hespell y Whitehead,1990).

### **2.10.1 Degradación de la pared celular de los forrajes.**

La estructura y función de la pared celular está controlada por la composición y organización de los componentes individuales. El grado de lignificación y la formación de complejos lignina-carbohidratos son los factores que controlan la degradación de la pared. Todos los polisacáridos dentro de la matriz de la pared celular son igualmente afectados por la lignificación. Otros estudios sugieren que, la tasa de degradación de la celulosa no cambia cuando la pared celular es delignificada; sin embargo, la reducción en el tamaño de partícula tiene un efecto positivo sobre la degradación de la celulosa (Hatfield,1993).

Merchen y Bourquin (1994) indican que la delignificación incrementa la tasa de degradación de polisacáridos no celulósicos en un grado mayor que la reducción del tamaño de partícula, por lo que consideran que las características estructurales limitan la degradación de la celulosa más que la lignina, pero que la lignina tiene un efecto más profundo sobre los polisacáridos no celulósicos dentro de la matriz de la pared celular.

La cantidad de lignina puede ser el factor clave que limite la degradación de la pared celular; sin embargo, la organización de la matriz de la pared, en el

cual se encuentra la lignina, puede regular el grado de su influencia sobre la degradación de los polisacáridos de la pared celular (Hatfield,1993).

Otro factor en el forraje, además de la lignina que limita la degradación de la pared celular es la cutícula que contiene ceras y polímeros cerosos, su efecto sobre la degradación parece estar limitado a la membrana cuticular (Van Soest ,1994).

Himmelsbach (1993) menciona que la cutina y las ceras están adheridas a la pared de la epidermis sobre la superficie de la planta. La cutina está frecuentemente esterificada con ácidos fenólicos y en asociación no covalente con la pectina de la pared celular epidermal. Estos compuestos forman una barrera disfuncional que impide la digestibilidad del tejido intacto.

La identificación de factores estructurales específicos, limitantes de la degradación de la pared celular es compleja y la importancia relativa de cada uno de ellos puede variar con la madurez del forraje; sin embargo, esta información puede contribuir en gran medida a incrementar la utilización de la energía contenida en la pared celular del forraje (Kumar y Dímello, 1995).

## **2.11 Los Microorganismos del rumen y su Actividad sobre los Alimentos**

El ambiente del rumen y el intestino grueso es anaeróbico y, como era de esperar, casi todos estos microorganismos son anaerobios o anaerobios facultativos. Cada mililitro del contenido ruminal tiene más o menos 6 a 8 mil millones de bacterias, un millón de protozoarios y números variables de

levaduras y hongos los microorganismos fermentativos pertenecen a muchos géneros y proporcionan una bacteria comprensiva de capacidades digestivas (Austgen y Bowen, 1998).

De Alba (1980) señala que los microorganismos convierten al rumen en una verdadera cámara de fermentación con temperatura constante (39 grados centígrados) y acidez variable pero sin llegar nunca a los extremos y con la peculiaridad de que esta cámara se encuentra en posibilidad de recibir continuamente nuevos alimentos y dejar salir los productos de la fermentación y grandes cantidades de los propios microorganismos.

Los protozoarios, predominantemente ciliados, parecen contribuir substancialmente al proceso de fermentación. Varios experimentos han demostrado que ovinos y bovinos que se privaron de sus protozoarios ruminales mostraron las tasas de crecimiento menores comparadas con los animales que poseían tanto las bacterias como los protozoarios (Haelein y Caccese, 1992).

Besse (1977) indica que la distribución de las especies microbianas varia con la dieta. Esto parece reflejarse en la disponibilidad del substrato; por ejemplo, las poblaciones de microorganismos celulolíticos son presionados en animales con dietas ricas en grano.

El líquido del rumen tiene normalmente un pH entre 6 y 7, pero puede bajar si el animal consume grandes cantidades de carbohidratos solubles. Si desciende el pH cerca de 5.5, las poblaciones protozoarias llegan a ser

presionadas debido a su intolerancia ácida. El descenso más drástico del pH del rumen, como puede ocurrir con el exceso del grano, este descenso puede destruir muchas especies de protozoarios y como consecuencia ocasionan problemas graves para el animal (Varner, 1998).

Los hongos que se encuentran en el rumen tienen la capacidad de fermentar polisacáridos (celulosa), calculándose que más del 8% de la biomasa microbiana del rumen está constituida por éstos (Varner, 1998).

Gracias a la microbiota ruminal, los carbohidratos fibrosos como la celulosa y hemicelulosa pueden representar la fuente más importante de energía para los rumiantes. Las raciones carentes de fibra pueden conducir a desórdenes de la digestión. Cuando los carbohidratos de la dieta entran al rumen son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen microbiano. En el caso de los carbohidratos fibrosos, el ataque requiere de unión física de las bacterias a la superficie de la partícula vegetal, la acción de las enzimas bacterianas libera principalmente glucosa y oligosacáridos hacia el líquido ruminal por fuera de los cuerpos celulares microbianos (Jaakola y Huhtanen, 1993).

Los ácidos grasos volátiles sintetizados en respuesta a un estricto control metabólico por parte de los microorganismos ruminales, son utilizados por estos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que serán posteriormente incorporados al metabolismo bacteriano. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales para el

hospedero. Por ende los rumiantes son casi totalmente independientes de la calidad de las proteínas ingeridas. Además los microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como sustrato para la síntesis de aminoácidos (Besse, 1977).

El amoníaco es el principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos y proteínas, hay que considerar que para esto se requiere suficiente energía o carbohidratos; el amoníaco se utiliza además para la formación de diversos compuestos nitrogenados de la pared celular y ácidos nucleicos (Austgen y Bowen, 1998).

## **2.12 Digestibilidad.**

La digestibilidad de un alimento es indicativo aparente del alimento consumido menos los desechos obtenidos en las heces del animal, de esta forma se asume que lo que contenía el alimento consumido y no aparece en las heces fecales fue digerido por el animal. Sin embargo, realizar la digestibilidad aparente de una ración toma tiempo, manejo de animales y además es costoso (García, 1988).

### **2.12.1 Formas de expresar la digestibilidad**

La forma de expresar la digestibilidad en porcentaje, radica precisamente en que facilita la comprensión de lo que ha ocurrido con el alimento al pasar por el aparato digestivo. Se asume que un alimento con 100% de digestibilidad es

aquel que desaparece por completo después de digerido. Mientras más cerca se encuentra de un coeficiente de 100, mayor es el valor alimenticio para el animal (De Alba, 1980).

### **2.12.2 Digestibilidad aparente y real.**

Con excepción de los carbohidratos fibrosos, las principales clases de nutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos) se excretan en las heces a partir de fuentes endógenas. La digestibilidad aparente de un nutriente representa la diferencia entre la cantidad ingerida y la cantidad que aparece en el excremento. La cantidad total en el excremento incluye no sólo los residuos de alimento sin digerir sino también las fuentes endógenas del mismo nutriente. Esta fracción endógena es indistinguible de la porción sin digerir de los nutrientes digeridos (Church, 2002).

La digestibilidad real de un nutriente es la proporción del alimento ingerido que es absorbido en el conducto gastrointestinal, con exclusión de cualquier aportación hecha por fuentes corporales (endógenas). De esta manera, en el caso de las proteínas, la digestibilidad real se estima restando la cantidad de N que aparece en el excremento de un animal alimentado con una dieta baja en proteínas de la cantidad de N que aparece en las heces de un animal alimentado con una dieta de prueba (Church, 2002).

En el caso de algunas especies no rumiantes y de aves que tienen un tiempo de retención muy corto del alimento ingerido, podría ser posible administrar una dieta libre de proteína durante un periodo de tiempo breve.

De Alba (1980), dice que una prueba de digestibilidad asume que una vez tomadas las precauciones de observar un período preparatorio en que el animal desaloja residuos de otros alimentos y de acuerdo con la rapidez de paso de cada especie, todo lo que aparece en las heces tiene su origen en el forraje comido.

En estricta verdad eso no es cierto, las heces contienen ciertos compuestos del metabolismo interno del animal que ingresan principalmente con la bilis. El color característico de las heces está constituido por pigmentos biliares y hay una buena cantidad de minerales junto con ellos. Además las heces contienen restos de compuestos de otras secreciones digestivas, así como células desprendidas de las paredes del aparato digestivo.

Por esta razón es más correcto llamar digestibilidad aparente al resultado de restar los nutrientes de las heces de los nutrientes digeridos. Se denomina digestibilidad verdadera a la digestibilidad aparente menos los valores de compuestos de origen metabólico o endógeno.

### **2.12.3 Digestibilidad in vivo e in vitro.**

Rodríguez y Llamas (1990) consideran que las pruebas que utilizan animales para la determinación del valor nutritivo de un alimento, son

probablemente las más idóneas ya que evalúan factores atribuibles tanto al animal como al alimento mismo. Este procedimiento desafortunadamente es lento y costoso, por esta razón se han desarrollado otros tipos de técnicas para medir el valor nutritivo de los alimentos en una forma menos costosa y rápida.

La pregunta de si la digestibilidad in vitro, debe ser usada como indicador de la digestibilidad de los alimentos fue contestada por la Asociación Europea de Producción Animal, diciendo que debido a que la digestión de los rumiantes es muy complicada, la digestibilidad in vivo de forrajes de baja calidad aún a nivel de mantenimiento es sobreestimada. En estas condiciones el sistema in vitro pudiera ser más reproducible (Tejada, 1992).

**Cuadro No. 5.** Coeficiente de Digestibilidad in vitro de la Materia Seca y de la Materia Orgánica de *Agave atrovirens karw* y del *Agave salmiana* (Martínez 1994).

Digestibilidad %	<i>Agave atrovirens karw</i>	<i>Agave salmiana</i>
Materia Seca	64.52	62.40
Materia Orgánica	57.52	54.35

En el cuadro 5, se presentan los valores de digestibilidad obtenidos en dos variedades de maguey (*Agave salmiana* y *Agave atroviresn karw*) en donde se observa la pequeña diferencia que existen entre ambas variedades, tanto en la digestibilidad de la Materia Seca como de la Materia Orgánica.

**Cuadro No. 6** digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica de la alfalfa con la técnica de Reading (Villegas 1997).

Digestibilidad	Alfalfa
Materia seca	69.80
Materia orgánica	70.33

Villegas (1997) reportó (cuadro 6) los valores de digestibilidad de la Materia Seca y de la Materia Orgánica de la alfalfa, obteniendo valores muy considerables mediante el método de Reading, por lo tanto su conclusión acerca de este trabajo es que la técnica utilizada (Reading), puede utilizarse sin ningún problema en la determinación del valor de digestibilidad de los alimentos.

Debido a que el mayor factor determinante de la digestibilidad de los alimentos para animales, es la fermentación de las paredes celulares por los microorganismos ruminales, y en el proceso in vitro se obtiene una respuesta fisiológico-química que se asemeja parcialmente a lo que ocurre en el animal. A pesar de ello y con base en la reducción en tiempo, trabajo y costo los métodos in vitro se siguen utilizando para estimar la digestibilidad de cualquier alimento y para elaborar ecuaciones de predicción de digestibilidad in vivo (Barton et al., 1976).

La técnica de digestibilidad in vitro, pueden reflejar resultados comparables con los resultados de la digestibilidad in vivo. Existen muchos

métodos para realizar la digestibilidad in vitro, aunque todos se basan principalmente en dos fases; algunos modifican la temperatura, concentración de sales en la saliva, agitación, etc. (Eúzarraga y García, 1988).

### **2.13 Factores que Determinan Variaciones de la Digestibilidad.**

Besse (1977) menciona los siguientes factores:

#### **2.13.1 Factores dependientes del animal.**

**1.- Influencia de la especie:** para un mismo alimento, el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica varía con la especie. Así, los rumiantes aprovechan mejor que los no rumiantes los alimentos ricos en celulosa.

**2.- Influencia del individuo:** el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica varía entre un animal y otro para un mismo alimento, aun dentro de los que pertenecen a la misma especie.

**3.- Influencia de la edad:** se observa también, por ejemplo una variación de coeficiente de digestibilidad, en el momento del destete, en periodo de reemplazo de los dientes y cuando los animales se encuentran en una edad avanzada. En cada etapa siempre existen cambios en la digestibilidad.

**4.- Influencia del trabajo:** el coeficiente de digestibilidad varía muy poco si el animal trabaja o no, en relación con aquellos que permanecen en reposo.

### **2.13.2 Factores dependientes del alimento.**

**1.- Influencia en materia celulolítica:** la digestibilidad de la materia orgánica disminuye cuando la celulosa del alimento aumenta.

**2.- Influencia de la asociación de los alimentos que componen la ración (caso de los rumiantes);** con una alimentación simple, es decir, constituida por la aportación de alimentos groseros(heno, forrajes verdes, ensilados,...), no existe variación en la digestibilidad, por el contrario con una alimentación mixta (alimentos groseros y concentrados), si se registra una variación en el coeficiente de digestibilidad en los alimentos groseros según la proporción en que aparecen los concentrados asociados.

**3.- Influencia de la preparación de los alimentos:** es esta una cuestión muy importante, ya que permite justificar o rechazar todas las operaciones de preparación de los alimentos en la industria o en la propia granja.

La molturación de los granos en general, facilita su digestibilidad, ya que en caso contrario se corre el riesgo de que pase por el aparato digestivo sin ser atacado por los microorganismos del rumen.

La simple compresión de los forrajes formando con ellos bloques más o menos compactos, no parece afectar su digestibilidad. En otro de los casos la digestibilidad de la paja puede mejorarse simplemente tratándola con un álcali concentrado aplicado adecuadamente.

En un ejemplo donde se considera un rumiante recibe, 10.6 kg., de heno el coeficiente de digestibilidad de la Materia Orgánica es de 51.9%, cuando este mismo animal recibe 10.6 kg., de heno más 2 kg., de almidón y 10.6 kg., de heno y 3.5 kg., de almidón el coeficiente de digestibilidad de la Materia Orgánica fue de 49.3% y 44.5% respectivamente. Esta disminución del coeficiente de utilización digestiva es debido a que los microorganismos del rumen atacan con preferencia el almidón antes que a la celulosa del heno (Besse,1977).

**Desmenuzamiento**, el desmenuzamiento de un determinado tipo de alimento, aumentará la digestibilidad debido al aumento en la superficie total del alimento, poniendo los principios nutritivos a disposición de los jugos gástricos en una superficie mucho más extensa; esto aumentará la posibilidad de que el alimento sea atacado en su totalidad, facilitando directamente la digestión. El desmenuzamiento de los alimentos debe ser adecuado para provocar el masticamiento de los alimentos por los animales antes de ser deglutidos y evitar de esta manera que el alimento pase directamente al estómago sin sufrir el ataque inicial de la saliva (Ayala,1976).

**Trituración**, la trituración puede llevarse hasta el grado de convertir el alimento en harina, o simplemente hasta romper los granos, dividiéndolos o subdividiéndolos según se crea conveniente, en función de las necesidades del animal. El argumento de mayor peso que puede ser expuesto a favor de la trituración de los alimentos es el incremento que se obtiene en su coeficiente de digestibilidad; Ayala (1976), reportó el coeficiente de digestibilidad del grano

entero de 71,30%, del grano aplastado 79.20% y del grano triturado 94.20%, expresados en porcentaje de materias nitrogenadas, esto indica que la trituración del grano aumenta el coeficiente de digestibilidad.

**4.- Influencia del nivel de ingestión:** este es sin duda el factor de mayor importancia entre los que se encuentran comúnmente en determinaciones de digestibilidad. En los rumiantes este efecto es más importante, sobre todo en la alimentación de vacas lecheras de gran producción en las que se logran consumo de cuatro y hasta de cinco veces el valor de mantenimiento (energía). El reconocimiento de una depresión constante en la digestibilidad aumentar el consumo es evidentemente necesario. Se ha calculado una depresión en digestibilidad de 4%, de energía por cada duplicación de consumo arriba del requisito de mantenimiento (De Alba, 1980).

Blaquer et al. (1956, citado por De Alba 1980), encontraron una digestibilidad de 75.9%, de la materia seca cuando sus ovejas comían 600 grs., por día de comprimidos de heno; de 68.8%, si comían 1,200 grs., y se reducía a 65.4% si comían 1,500 grs. Esto indica que a mayor consumo se tiene menor digestibilidad de los alimentos (De Alba, 1980).

### **2.13.3 Otros factores**

El efecto de la relación forraje: concentrado ha sido uno de los factores más estudiados. Así, en experimentos realizados con ganado ovino (Ramanzin et al., 1997) y Caprino (Kawas et al., 1991; Ramanzin et al., 1997), observaron que a medida que aumentaba la proporción de concentrado de la ración se

producía un aumento paralelo de la digestibilidad in vivo de la materia seca (MS) y de la materia orgánica (MO), así como una disminución de la digestibilidad de los componentes de la pared celular.

Alvir y Gonzáles (1992) y Giráldez et al. (1994), utilizando la técnica de las bolsas de nylon, observaron que los ritmos de degradación ruminal de diversos alimentos eran más lentos cuando los animales eran alimentados con raciones que incluían concentrado que cuando recibían raciones constituidas exclusivamente por forraje.

(Mould,1988) indica que la proporción de concentrados en la ración afecta a la digestión ruminal a través de diversos mecanismos, entre los que destacan las modificaciones que produce en el crecimiento y/o actividad de los microorganismos ruminales. El contenido en pared celular de los alimentos y la amplitud de la degradación ruminal de ésta, condicionaran el valor de digestibilidad de los alimentos, con esto se espera que el efecto de la actividad microbiana del inóculo sobre la digestibilidad sea mayor en alimentos con alto contenido de pared celular (forraje) que en aquellos con menor contenido (concentrados) Van soest (1994).

Numerosos autores han señalado que la inclusión de suplementos amiláceos en la dieta reduce el pH del líquido ruminal y puede llegar a reducir la actividad de la flora celulolítica y con ello reducir la digestibilidad del forraje (Mould y Orskov,1983).

Debido a que la población microbiana ruminal se ve afectada por numerosos factores, la procedencia del inóculo ruminal se considera la mayor fuente de variación en la determinación de la digestibilidad in vitro (Marten y Barnes, 1980).

En este sentido, la ración ingerida por los animales empleados como donantes ha sido señalada como uno de los factores que afectan el número y actividad de los microorganismos ruminales y que, consecuentemente, pueden afectar a los valores de la digestibilidad de los alimentos (Weiss, 1994; citado por Giráldez et al. 1994).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización del Área de Estudio.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, a 7 Kilómetros al sur de la Ciudad de Saltillo Coahuila, con las siguientes coordenadas 25° 22' Latitud Norte y los meridianos 101° 00' Longitud Oeste con una altitud de 1,742 msnm., con un clima clasificado de tipo BWhw (x<sup>1</sup>) (e), que significa clima seco y templado, con lluvias en verano principalmente, la precipitación media anual es de 460.7 mm., y con una temperatura media anual de 17.3 ° C. (Mendoza,1983).

#### 3.2 Material Vegetal

El material vegetal que se utilizó fueron dos variedades de maguey conocidas como *Agave salmiana* (maguey manso ) y *Agave Americana* (maguey Cenizo), este material se recolectó en Buenavista, Municipio de Saltillo, Coahuila, la parte vegetativa de las plantas que se tomó como muestra, fueron las hojas, cabe mencionar que ambas variedades de planta utilizadas para este trabajo estaban en una etapa fenológica adulta.

### **3.3 Identificación de la Especie**

Posterior a la recolección de las muestras fue necesario tomar algunas fotografías de las plantas para hacer posible su identificación, luego se trasladaron al laboratorio del departamento de botánica donde fueron identificadas por Pérez (2002). esto permitió saber de que especie se trataba una y otra planta.

Luego de que las muestras fueron identificadas correctamente, fueron sometidas a una estufa con una temperatura de 50 a 65 °C, por 24 hrs., para determinar (MS), utilizando el método de eliminación de agua libre por medio de calor de circulación seguida por la determinación del peso del residuo.(A.O.A.C.,1980). Obteniendo de esta manera la cantidad de (MS) de la muestra en cuestión.

Acto seguido, se tomaron las muestras deshidratadas en la estufa, y se procedió a molerlas con un molino Wylley con una malla de 1 mm. de diámetro para que se llevara a cabo el análisis proximal y determinar el contenido nutricional de las especies de maguey estudiadas en este trabajo. El material molido fue suficiente tanto para realizar el análisis proximal, como para llevar a cabo la prueba de digestibilidad. Dicha prueba se realizó utilizando el incubador "DAISY" (Ancom Technology Corporation).

### **3.4 Obtención del líquido ruminal**

Para obtener el líquido ruminal, fue necesario utilizar un novillo adaptado con fístula ruminal, de aproximadamente dos años de edad y con un peso de entre 700 y 800 kg. alimentándolo con heno de alfalfa una semana antes de la extracción del líquido; un día antes de extraerle el líquido ruminal, se le suprimió el alimento y agua, con la finalidad de obtener un inóculo bien concentrado de microorganismos.

El líquido ruminal extraído se depositó en un termo de 500 ml. y se trasladó al laboratorio, ahí se mezcló el líquido ruminal con la saliva artificial previamente preparada, a razón de 1:4 respectivamente, se burbujeó esta mezcla con CO<sub>2</sub> con la intención de obtener una mezcla con PH de 6.8 a 7, (neutro).

### **3.5 Pasos de la Digestibilidad in vitro.**

La técnica de digestibilidad in vitro empleado para este experimento, fue la de "DAISY", que consiste en una incubación de los alimentos (forraje, concentrado etc.), con líquido ruminal obtenidos de animales fistulados que

sirven como donantes de líquido ruminal, el período de incubación puede ser de 48 a 72 hrs., dependiendo del alimento que se trate, a una temperatura de 39° C., utilizando las bolsas de Nylon.

Previo a la obtención del líquido ruminal, en el laboratorio se prepararon las soluciones Buffer (A y B), la solución A contuvo lo siguiente: fosfato de potasio Anhidro, sulfato de magnesio más siete moléculas de agua, cloruro de sodio, cloruro de calcio y urea, en tanto la solución B con los siguientes: bicarbonato de sodio, sulfuro de sodio, más nueve moléculas de agua.

Las muestras se homogenizaron y se colocaron en bolsas para forraje de 10 x 20 cm. 0.5 gramos por bolsa, antes de utilizar las bolsas se enjuagaron con acetona por unos minutos, se pesaron las bolsas (**W1**), luego se procedió a introducirlas en el frasco digestor, al mismo tiempo también se introdujeron tres bolsas vacías que se utilizaron como blanco para el factor de corrección **C1**.

### **3.6 Preparación del Inóculo e Incubación**

Se mantuvo todo el material de cristal utilizado en este trabajo a una temperatura de 39 grados centígrados, al mismo tiempo se precalentaron dos termos con capacidad de 2 lts., con agua a 39 grados centígrados, el agua contenida en los termos se tiró justo antes de la colección del material ruminal,

esto con la intención de que las bacterias del rumen no sufrieran cambios bruscos de temperatura y perder con ello su concentración y vitalidad, de este modo se obtuvo un inóculo más rico de microorganismos, agregándole aproximadamente dos puñados de material fibroso del rumen con su colección en uno de los termos se procedió a vaciar el inóculo en el recipiente agitador.

Se purgó el recipiente agitador con CO<sub>2</sub> por 30 segundos, con la intención de eliminar microbios que puedan, en un momento dado, alterar la actividad de los microorganismos. Con las luces apagadas y una vez preparados los frascos digestores con sus respectivas soluciones, se procedió a realizar la incubación introduciendo primeramente y por un instante las muestras de los tratamientos del tiempo cero, luego las del tiempo 72, 48, 24, 12, 6 y 3 respectivamente. Completando el tiempo de incubación se tiró el fluido, luego se enjuagaron las bolsas minuciosamente con agua fría, utilizando una leve agitación mecánica, acto seguido se pesaron las bolsas con muestra y se registró el peso de cada una (**W3**), para utilizarlo en la siguiente formula:

$$\% \text{ DIV} = \frac{100 - ((W3 - (W1 \times C1)) \times 100)}{W2}$$

$$\% \text{ DIV Ms} = \frac{100 - ((W3 - (W1 \times C1)) \times 100)}{W2}$$

Donde: **W1** = Peso de la bolsa tarada

**W2** = Peso de la muestra

**W3** = Peso final de la muestra después de la digestión in vitro

**C1** = Corrección de la bolsa ( blanco ) ( peso final de la bolsa / peso inicial de la bolsa )

**Ms** = Materia Seca Total

Van soest,(1994), dice que la técnica utilizada en este trabajo, es una técnica muy sencilla y rápida con una eficiencia de 98%, y cuya predicción de digestibilidad ha sido considerado para una gran variedad de forrajes.

### **3.7 Análisis Bromatológico**

Para la determinación del análisis proximal de las dos variedades de maguey utilizadas en el experimento *Agave salmiana* y *Agave americana*, se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal siguiendo el método de técnicas utilizado por la A. O. A. C. (1980), técnicas utilizadas a nivel mundial, para la determinación de nutrientes de los diferentes tipos de alimentos.

### **3.8 Diseño experimental**

Para este trabajo se utilizó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 2 X 7 X 2, bajo el siguiente modelo estadístico (Olivares, 1994):

$$Y_{ijk} = \alpha + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

**i = 1,2 variedades**

**j = 1,2,3,4,5,6,7, tiempos**

**k = 1,2 repeticiones**

Para la determinación de la correlación que pudiera existir entre el tiempo y la digestibilidad, se realizó el análisis respectivo para encontrar una respuesta entre el tiempo y la cantidad de materia degradada, en cada tiempo de incubación.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

Los resultados y los valores de digestibilidad in vitro obtenidos mediante el método empleado en este trabajo, se presentan en el cuadro 7, donde se observa la diferencia numérica que existe en la digestibilidad entre ambas variedades de Maguey en los diferentes tiempos empleados; cabe mencionar que en el experimento se utilizaron 7 tiempos de incubación (0, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.) en donde la variedad *salmiana* fue superior numéricamente en casi todos los tiempos, excepto en el tiempo 48 y 72 hrs., que de acuerdo a la diferencia mínima entre estos dos tiempos, se observa que se obtuvo el mismo valor de digestibilidad entre ambas variedades, estos valores de digestibilidad son valores obtenidos mediante la aplicación de la fórmula para obtener los resultados de digestibilidad. El análisis de varianza para los valores de digestibilidad, en donde se obtuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) se presentan en el cuadro 7. **Cuadro No.7.** Coeficiente de Digestibilidad in vitro de la Materia Seca de *Agave salmiana* y *Agave Americana* (%).

Tiempo	<i>Agave salmiana</i> (%)	<i>Agave americana</i> (%)
0	64.97 <sup>a</sup>	58.99 <sup>b</sup>
3	67.66 <sup>a</sup>	58.99 <sup>b</sup>
6	73.96 <sup>a</sup>	67.43 <sup>b</sup>
12	82.51 <sup>a</sup>	78.75 <sup>b</sup>
24	88.38 <sup>a</sup>	81.86 <sup>b</sup>
48	89.48 <sup>a</sup>	89.28 <sup>a</sup>
72	90.74 <sup>a</sup>	90.83 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> Literales diferentes en líneas indican diferencias ( $P < 0.05$ )

3 hrs., = 67.66%, tiempo 6 hrs., = 73.96%, tiempo 12 hrs., = 82.51%, tiempo 24

hrs., = 88.38%, tiempo 48 hrs., = 89.48% y en el tiempo 72 hrs., = 90.74%, en tanto que para la variedad americana se registraron los siguientes valores de digestibilidad: en el tiempo 0 hrs., = 58.99%, tiempo 3 hrs., = 58.99%, tiempo 6 hrs., = 67.43%, tiempo 12 hrs., = 78.75%, tiempo 24 hrs., = 81.86%, tiempo 48 hrs., = 89.28% y en el tiempo 72 hrs., = 90.83% respectivamente de esta manera se puede observar que en el tiempo 48 y 72 hrs., de ambas variedades, presentaron valores de digestibilidad muy similares numéricamente.

En el análisis de varianza para la variable digestibilidad se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) para ambas variedades de maguey, obteniendo un coeficiente de variación de 1.88%, lo cual indica que en los valores de digestibilidad obtenidos como resultado en las repeticiones de cada tiempo fueron muy homogéneas.

Debido a que los resultados obtenidos para las variedades de maguey estudiadas (*Variedad salmiana y americana*) presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), se procedió a realizar una comparación de medias empleando la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) encontrando los siguientes resultados.

La comparación de medias del factor A (variedad *salmiana* y variedad *americana*), se observa en el cuadro 8, que fue para la variedad *salmiana* de

79.67% y para la variedad *americana* fue de 75.29%, encontrándose de esta manera una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), entre las medias de ambas variedades de Maguey utilizadas en este experimento, por lo tanto esta comparación refleja un resultado favorable para la variedad *salmiana*, pero debido a que la variedad *americana*, presentó un valor de digestibilidad muy bueno no se puede descartar, por lo tanto se considera que ambas variedades pudieran ser adecuadas para la alimentación de los animales explotados en la ganadería.

**Cuadro No.8.** Comparación de medias de tratamientos, para la variable digestibilidad.

Factor A	Media
Variedad <i>salmiana</i>	79.67 <sup>a</sup>
Variedad <i>Americana</i>	75.29 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> **Literales diferentes indican diferencia ( $P < 0.05$ ).**

En cuanto al tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.,) se muestra en el cuadro 9, y se puede observar que la digestibilidad en el tiempo 72 hrs., para ambas variedades de maguey es igual al tiempo 48 hrs., a la vez el tiempo 48 hrs., es igual al tiempo 24 hrs., y este tiempo tuvo una similitud al tiempo 12 hrs., mientras que el tiempo 6 hrs., fue diferente significativamente ( $P < 0.05$ ) al tiempo (12, 24, 48 y 72 hrs) respectivamente, el tiempo 3 y el cero fueron iguales entre sí, teniendo diferencias con los demás tiempos (6, 12, 24, 48 y 72 hrs.), obteniendo un resultado significativo ( $P < 0.05$ ) estos resultados

indican que la mayor variación de digestibilidad se presentan en los primeros 5 tiempos de incubación (0, 3, 6, 12 y 24 hrs.) y que a partir del tiempo 48 hrs., de incubación en adelante existe una mínima variación numérica en cuanto a la digestibilidad, en efecto se considera que la máxima digestibilidad se presentó entre el tiempo 24 y 48 hrs., de incubación, de acuerdo a los resultados de la comparación de las medias con el tiempo de incubación.

**Cuadro N.9.** Comparación de medias de la variable digestibilidad para el factor tiempo de incubación.

Tiempo	Media
72	90.7900 <sup>a</sup>
48	89.3825 <sup>ab</sup>
24	85.1200 <sup>bc</sup>
12	80.6325 <sup>c</sup>
6	70.6950 <sup>d</sup>
3	63.7850 <sup>e</sup>
0	61.9825 <sup>e</sup>

<sup>abcde</sup> **Literales diferentes indican diferencias significativas (P<0.05)**

Para la prueba de medias de la interacción (variedad X tiempo ), realizadas para los resultados del presente trabajo, mismas que se muestran en el cuadro 10, para observar las similitudes y las diferencias encontradas y con

ello tener una mejor noción acerca de la digestibilidad de cada tiempo empleado.

En el cuadro 10 se ve que estadísticamente la digestibilidad de la variedad *salmiana*, en el tiempo 48 hrs., fue similar a la digestibilidad obtenida en los tiempos 72 y 48 hrs., de la variedad *americana*, mientras que la digestibilidad en el tiempo 24 hrs., de la variedad *salmiana* fue igual a la digestibilidad del tiempo 48 hrs., de la variedad *americana*, el tiempo 12 hrs., de la variedad *salmiana* fue igual a la digestibilidad del tiempo 24 y 12 hrs., de la variedad *americana*, por otra parte, el tiempo 6 hrs., la digestibilidad de la variedad *salmiana* fue igual al tiempo 12 hrs., de la variedad *americana*, el tiempo 3 hrs., de la variedad *salmiana*, fue igual al tiempo 6 hrs., de la variedad *americana*, mientras que el tiempo 0 hrs., de la variedad *salmiana*, tuvo una similitud al tiempo 3 y 0 hrs., de la variedad *americana*, encontrándose de esta manera una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). En base a estos resultados se considera que un determinado tipo de alimento puede alcanzar el mismo valor de digestibilidad que otro, incluso en un tiempo menor de incubación.

**Cuadro No. 10.** Comparación de medias de la variable digestibilidad para la interacción Variedad X tiempo de incubación.

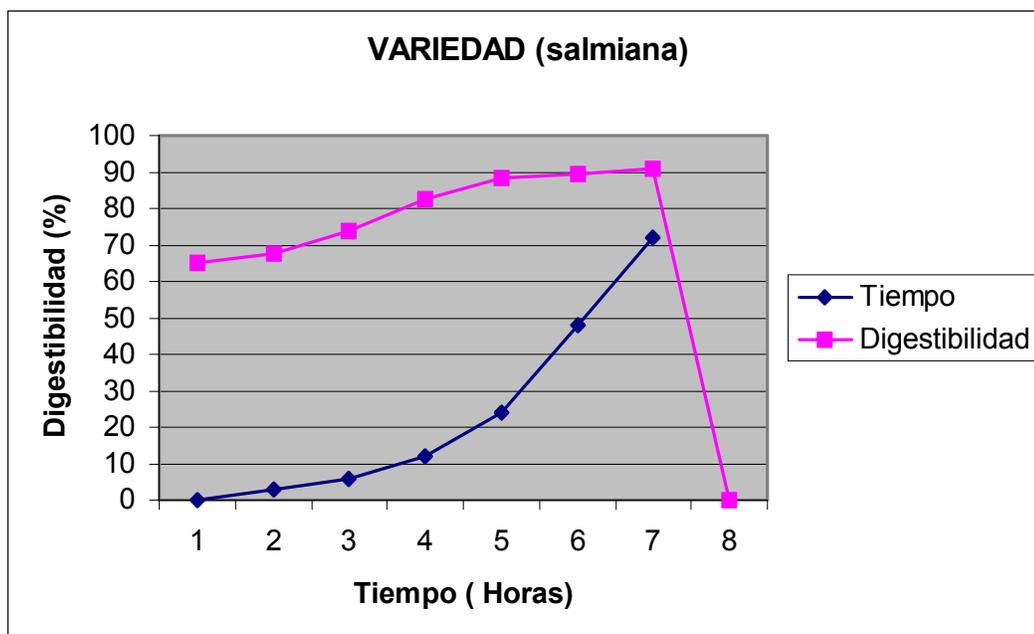
Variedad X Tiempo	Media
Variedad <i>salmiana</i> 72	90.7441 <sup>a</sup>
Variedad <i>americana</i> 72	90.8341 <sup>a</sup>
Variedad <i>salmiana</i> 48	89.4850 <sup>ab</sup>
Variedad <i>americana</i> 48	89.2800 <sup>ab</sup>
Variedad <i>salmiana</i> 24	88.3800 <sup>bc</sup>
Variedad <i>salmiana</i> 12	82.5150 <sup>cd</sup>
Variedad <i>americana</i> 24	81.8600 <sup>d</sup>
Variedad <i>americana</i> 12	78.7500 <sup>de</sup>
Variedad <i>salmiana</i> 6	73.9600 <sup>e</sup>
Variedad <i>salmiana</i> 3	67.6600 <sup>f</sup>
Variedad <i>americana</i> 6	67.4300 <sup>f</sup>
Variedad <i>salmiana</i> 0	64.9750 <sup>fg</sup>
Variedad <i>americana</i> 3	59.9100 <sup>g</sup>
Variedad <i>americana</i> 0	58.9900 <sup>g</sup>

<sup>abcdefg</sup> **Valores con la misma Literal indican que no hubo diferencias significativas (P<0.05).**

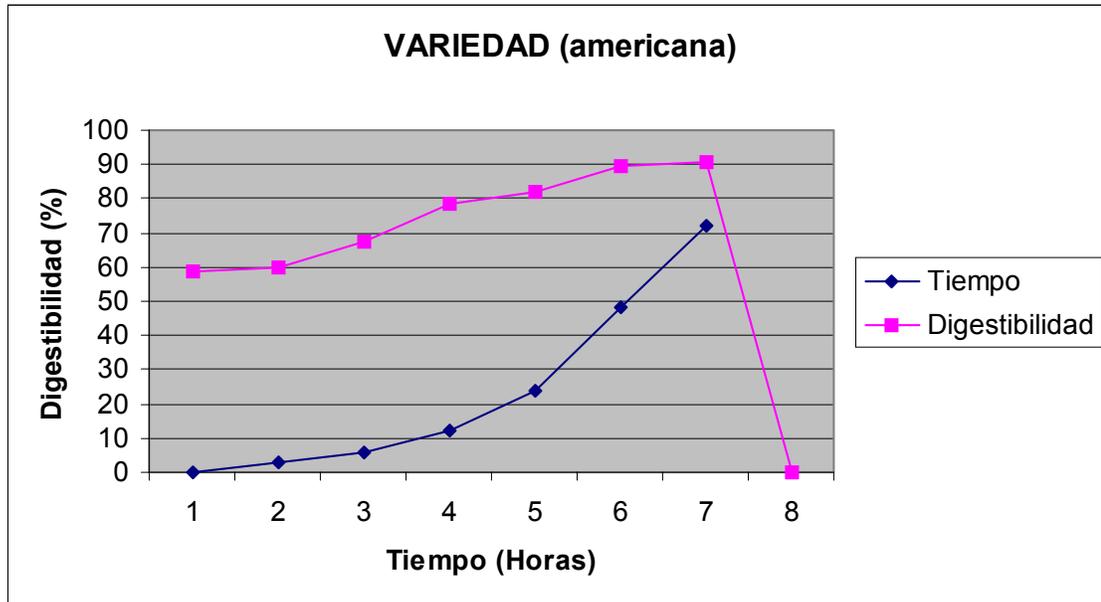
Los datos que se presentan en el cuadro 10, muestran las similitudes que se encontraron en cuanto a la digestibilidad de ambas variedades de maguey, en los diferentes tiempos de incubación, obteniendo información acerca de la interacción que presentaron en los tiempos empleados ( 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs., de incubación) para tener una mejor perspectiva y saber el comportamiento de la digestibilidad entre las dos variedades de

maguey y en que momento fueron similares en cuanto al valor de digestibilidad, estadísticamente hablando.

Para la correlación entre el tiempo y la digestibilidad se muestra en las figuras 1 y 2, en donde se ve claramente que la digestibilidad depende del tiempo, así se puede decir que entre más tiempo se expongan las muestras al ataque de los microorganismos será mayor la degradabilidad de los alimentos, aunque en cierto tiempo como se observó en los valores de digestibilidad encontrados en este trabajo que la degradabilidad cada vez es menor, conforme va aumentando el tiempo de exposición del alimento al ataque de los microorganismos, esto indica que la máxima degradabilidad de un alimento, pudiera ser a un determinado tiempo de exposición a los microorganismos ruminales del animal.



**Figura No. 1.** Correlación entre tiempo y digestibilidad de la variedad *salmiana*.



**Figura No. 2.** Correlación entre tiempo y digestibilidad de la variedad *americana*.

Los valores de digestibilidad de la Materia Seca obtenidos en este experimento, para las dos variedades de maguey en cuestión (variedad *salmiana* y variedad *americana*), fueron superiores a resultados obtenidos en otros trabajos, Martínez (1994), que reportó valores de digestibilidad de *Agave salmiana* y *Agave atrovirens karw*, de 62.40 y 64.52 % respectivamente, y Barrera (1987), en su experimento realizado con el Guishe de la *lechuguilla* (*Agave lechuguilla*), reportó valores de digestibilidad de 56%, a 72 hrs. de incubación.

En una prueba realizada con alfalfa por Villegas (1997), obtuvo valores de digestibilidad de 69.80% a 72 hrs. para la Materia Seca y 70.33% para la

Materia Orgánica, estos valores de digestibilidad reportados para la alfalfa comparados con los resultados obtenidos para las dos variedades de maguey que se estudiaron, tienden a ser inferiores. Estas variedades de maguey (*Variedad salmiana* y *Variedad americana*) presentan muy buena digestibilidad ya que en el tiempo 72 hrs. de incubación, se obtuvo valores de digestibilidad para la variedad *salmiana* de 90.74% y para la variedad *americana*, 90.33%. por lo tanto pudiera considerarse que ambas variedades de maguey pueden ser incluidos en la dieta de los animales en los tiempos críticos. Como se observa en los resultados que se presentan tanto para la alfalfa como para las variedades de maguey existen una gran diferencia. por lo tanto el maguey pudiera ser considerado como un ingrediente más, para incluirlo en la ración de los animales en la etapa de producción.

En otro trabajo Urrutia et al., (1982), reporta la digestibilidad in vitro de la Materia Seca del rastrojo de Maíz con un valor de digestibilidad de 50.08%, a 72 hrs. de incubación, este resultado indica una baja digestibilidad para este tipo de alimento y comparado el rastrojo de Maíz con el Maguey es superado considerablemente ya que la digestibilidad del maguey es mucho mejor en el tiempo 72 hrs., que alcanzo valores de 90.74 y 90.33% para la variedad *salmiana* y *americana* respectivamente.

En cuanto a los resultados del análisis químico proximal de este trabajo (cuadro 11) se encontró una similitud a los resultados reportados por González (1994), obtenidos en dos variedades de Maguey, *Agave atrovirens karw* y *Agave salmiana* quien registró para Materia Seca 10.37 %, Proteína Cruda

4.46% carbohidratos 57.9%, Extracto Etéreo 1.38%, Fibra Cruda 19.68% y Cenizas 16.095% respectivamente, para la variedad *atrovirens karw* y para la variedad *salmiana*, registró para Materia Seca 11.14 %, Proteína Cruda 4.62%, carbohidratos 57.135, Extracto Etéreo 1.33%, Fibra Cruda 17.24% y Cenizas 20.51%.

Así mismo Martínez (1994), en su experimento con las mismas variedades de Maguey, con las que trabajo González, reportó los siguientes valores: Materia Seca 11.12%, Proteína Cruda 4.96%, carbohidratos 58.63, Extracto Etéreo 1.64%, Fibra Cruda 18.46% y Cenizas 16.89%, *para la variedad atrovirens karw*, y para la variedad *salmiana* registró para Materia Seca 12.22%, Proteína Cruda 5.43 % Carbohidratos 57.77%, Extracto Etéreo 1.58%, Fibra Cruda 16.39% y Cenizas 18.83%, estos resultados, comparados con los obtenidos en esta investigación, tienen una gran semejanza. Aunque en lo que respecta a proteína la variedad *salmiana* experimentada en este trabajo, presento un valor de 8.41% que es superior numéricamente a los resultados obtenidos en los trabajos anteriormente citados, en lo que respecta a este nutriente.

Arizpe (1975) en su experimento con *Agave asperrima jacobi*, concluye que por lo general los *Agaves* aportan un mínimo de nutrientes, pero que la digestibilidad de estos nutrientes es bastante elevado, ya que en su trabajo encontró que en la variedad con la que trabajó , presento 16.1 % de fibra debido a este resultado consideró que los nutrientes de maguey son muy digestibles, por lo que no presentan valores elevados en el contenido de fibra

que es el nutriente posiblemente menos digestible de los forrajes. Para complementar esta predicción se presenta el trabajo que realizó Ruíz (1975) quien reportó el 22.05% del total de nutrientes digestibles obtenidos del Maguey, y reporta, que la cantidad de nutrientes digestibles depende en gran medida de la cantidad de fibra contenida en el forraje, considerando esta conclusión los valores del análisis bromatológico obtenidos en las dos variedades de Maguey estudiados, se comparan con otras especies como *Prosopis*, reportados por Barros (1994), de la variedad *glandulosa*, con un valor de 24.80% de Fibra Cruda, esto indica que las variedades de Maguey (*salmiana* y *americana*), estudiadas en el presente trabajo por el contenido de fibra que presentaron que es relativamente inferior al valor encontrado en *prosopis*, considerándose de esta manera que ambas variedades de maguey tienen una mejor digestibilidad, de acuerdo con lo que dice Ruíz, (1975).

**Cuadro No. 11.** Análisis bromatológico de *Agave salmiana* y *Agave americana*, ajustados en base a materia seca (%).

Nutrientes	<i>Agave salmiana</i> (%)	<i>Agave americana</i> (%)
Materia Seca	12.03	14.85
Proteína Cruda	8.41	5.26
E.L.N.*	55.83	59.10
Extracto Etéreo	1.83	1.27
Fibra Cruda	16.93	19.28
Cenizas	17.00	15.09

\* Extracto Libre de Nitrogeno

En el cuadro 11, se puede observar que el contenido de fibra de ambas variedades de maguey estudiadas, no son tan elevados por lo que se cree que los nutrientes de estas, son muy digestibles, debido a la cantidad de fibra que presentan. Los resultados de digestibilidad obtenidos en esta investigación tienden a ser elevados, esto se debe probablemente a los múltiples factores que intervienen y que pueden en un momento dado alterar los resultados. Uno de ellos puede ser la procedencia del líquido ruminal, pues este factor se considera como la mayor fuente de variación de la digestibilidad in vitro (Marten y Barnes, 1980). Así mismo, la actividad de los microorganismos ruminales sobre los alimentos, también pueden ser uno de los factores principales en la variación de la digestibilidad (Weiss, 1994; citado por Giralde et al., 1994).

Desde el punto de vista alimenticio, el material vegetativo de las plantas toman una gran importancia debido a que en ocasiones, un animal puede ser su única fuente de nutrientes, especialmente en los rumiantes (Jung y Allen, 1995). El cual la digestibilidad de estas plantas utilizadas como forraje dependen de muchos factores como la alta concentración de pared celular, que tienden a reducir considerablemente la digestibilidad, por lo tanto se limita la disponibilidad de energía en la dieta (Galyen y Goetsch, 1993). Asimismo Bowles, (1990), considera que también la formación de capas de proteína y lignina, contribuye considerablemente en la digestibilidad de los forrajes. El otro factor que se considera y que afecta la digestibilidad de los forrajes además de la lignina, es la presencia de cutículas en la pared celular de la planta (Van soest, 1994).

## V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados, y conforme a los resultados obtenidos, se concluye que:

- ❖ Hubo diferencias en la digestibilidad entre las dos variedades de Maguey (*salmiana* y *americana*), con las que se trabajó, registrando una mejor digestibilidad la variedad *salmiana*, en casi todos los tiempos de incubación empleados.
  
- ❖ En cuanto al contenido nutricional, para estas variedades de Maguey (*salmiana* y *americana*), se encontró que la variedad *salmiana*, tuvo una mejor composición química principalmente en proteína, así mismo un resultado más bajo en fibra, por lo que se considera tuvo el mayor valor de digestibilidad.
  
- ❖ Aunque hay registros de otros autores en cuanto al valor de digestibilidad y nutricional de estas variedades de Maguey (*Agave salmiana* y *Agave Americana*), es importante que se profundice más acerca del valor nutricional del Maguey, realizando más trabajos de investigación acerca de esta planta.

- ❖ La digestibilidad para las pencas de Maguey obtenidos en este trabajo fueron, para *Agave salmiana* de 90.74 % a 72 hrs., de incubación y para *Agave americana* con un valor de 90.83 % a 72hrs., de incubación, reflejándose de esta manera como productos de muy buena digestibilidad.
  
- ❖ De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pudo observar que entre más tiempo se expongan los alimentos al ataque de los microorganismos del rumen, será mayor la digestibilidad hasta cierto tiempo de incubación, ya que también se observó que a un cierto tiempo de incubación (72 hrs.), la diferencia de digestibilidad es mínima.

## VI. LITERATURA CITADA.

**A.O.A.C. , 1980.** Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13 th Washington , D. C. , U. S. A.

**Akin, D.E. 1993.** Perspectives of cell wall biodegradation. In: H.G.Jung.(Ed.)Forage Cell Wall Structure and Digestibility. ASA-CSSASSSA, Madison, WI. pp76.

**Almaraz, A. N. 1984.** Estudio etnobotánico de los *Agaves* del Altiplano Potosino. Tesis Licenciatura. E.N.E.P. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.

**Arizpe, G.J.P. 1975.** Digestibilidad del Maguey. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Monterrey Nuevo León, México. pp. 11,14,16,18 y 21.

**Austgen, L. y Bowen R. A. 1998.** Pathophysiology of the digestive system, Colorado State University, June 1998. (On-line). <http://arbl.cvmbs.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/index.html>

**Alvir, M.R. y González J. 1992.** Efecto de la relación forraje-concentrado de la ración sobre la degradabilidad ruminal de las materias nitrogenadas de cuatro henos. Investigación Agraria : Producción y Sanidad Animal, 7 : pp. 21-29.

**Ayala, M.E. 1976.** Cómo mejorar la Alimentación Animal. Primera Edición. Editorial Sertebi, Barcelona España. pp. 78-79.

**Barton, F. E., Amos, H, Burdik, D. and Wilson, R. L. 1976.** Relationship of chemical Analysis to in vitro Digestibility for selected tropical and temperate grasses. *Journal Animal Science* . 43 (2): 504.

**Barrera, M.J.E. 1987.** Valor Nutritivo del Guishe de la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), y su utilización en cabras de desecho substituyendo al rastrojo de Maíz. Tesis, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 20

**Barros, T.R. 1994.** Composición química de varias partes de mezquite. En : el Mezquite cuadernos de la institución Nacional de Nutrición. México D.F. 17 (1) : pp. 38

**Besse, J. 1977.** La alimentación del ganado. Segunda Edición, Editorial mundi-prensa. Madrid España. pp. 56 – 60.

**Bravo, H. H. Y H. Sánchez. 1991.** Las cactáceas de México, Vol. 11. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. pp. 404 .

**Bowles, D.J.1990.** Defense-related proteins in higher plants. *Ann. Rev. Biochen.* 59: 873-907.

**Cházaro B. M. J. 1989.** Agavaceae del Centro de Veracruz y zona Limítrofe de Puebla. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas.* Enero-Marzo. XXXIV (1): 3.6.9.

**Church, D. C. 2002.** Fundamentos de Nutrición y Alimentación de los Animales, 2ª. Edición, Editorial Limusa. México, D. F. pp. 63 y 64.

**COTECOCA. 1980.** Durango. II. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero. SARH/COTECOCA, México, D.F. 200 p.

**Cruden, R. W. 1993.** New species of *Echendia* (Liliaceae) from Oaxaca, México. *Phytología* 74(2): 128 – 137.

**Daubenmire, R. F. 1979.** *Ecología Vegetal tratado de Autoecología de Plantas*. Editorial Limusa. S.A. Primera Edición. pp. 231.

**De Alba, J. 1980.** *Alimentación del ganado en América Latina*. Segunda Edición, cuarta reimpresión. México D.F. pp. 33,70 y 71.

**El agave.1999.** Cultivo *in vitro* de *Agave tequilana* Weber Variedad azul. Unión agrícola de mezcal tequilero del estado de Jalisco. Año N° 2. Agosto 1999.

[http://www.cucba.udg.mx/new/informacionacademica/coaxican/plts\\_mex/agave\\_jal.htm](http://www.cucba.udg.mx/new/informacionacademica/coaxican/plts_mex/agave_jal.htm)

**Eúzarraga, V. P. y García, C. R. 1988.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica por las técnicas de Tilley y Terry. Segunda reunión bianual. Memorias 86 – 88. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 47 – 51.

**Galván, V. R. 1990.** El género *Agave* en el valle de México cactáceas y suculentas mexicanas. *Abril-Junio XXXV(2):31– 34*.

**García, A., 1995.** Riqueza y endemismo de la familia *Agavaceae* en México. En conservación de plantas en peligro de extinción. México. pp. 51 –75.

**García, M. A. 1998.** *Con sabor a maguey : Guía de la colección nacional de Agaváceas y nolináceas del jardín botánico*, Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito federal.

<http://arbl.cvmb.colostate.edu/hbooks/pathphys/digestion/index.html>

**Galyean, M.L. y Goetsch, A.L. 1993.** Utilization of forage fiber by ruminants. In: H.G. Jung. (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. ASA-CSSA\_SSSA, Madison, WI. pp.33-62

**Gentry, H. S. 1978.** The Agaves of Baja California. California Academy of Sciences, San Francisco California. 119 pp.

**Giráldez, F.J., Mantecón, A.R. Chaso, M.A. y Manso, T. 1994.** Efecto del tipo de dieta y de la frecuencia de alimentación sobre la actividad degradativa ruminal. Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal, 9: 245-259.

**González, E. M. y Galván, V. R. 1992.** El maguey (*Agave spp*) y los thepeuanes de Durango, cactáceas y suculentas mexicanas. Enero – Marzo. XXXVII (1): 3 y 4.

**González, G.S.R. 1994.** Valor nutricional de dos Especies de Maguey, *Agave salmiana* y *Agave atrovirens karw*, forrajeras utilizadas en las zonas Áridas del Norte de México, en relación a sus características Fenológicas. Tesis UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 21.

**Granados, S., D. 1993.** Los Agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 252 p.

**Haenlein, G. F. W. y Caccese, R. 1992.** Digestión, Extensión Goat Handbook-U. of Delaware, (On-line).

<http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/goat/DIGESTION.html>

**Hatfield, R.D. 1993.** Cell Wall polysaccharides interactions and degradability. In: H.G.Jung. (Ed.)Forage CellWall Structure and Digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp.286.

**Hespell, R.B. y Whitehead, T.R. 1990.** Physiology and genetics of xilan degradation by gastrointestinal tract bacteria. Journal of Dairy Science.73: 3013-3022.

**Himmelsbach, D.S. 1993.** Structure of forage cell walls. In: H.G. Jung, Buxton D.R.(Ed.)Forage Cell Wall Structure and Digestibility. ASA-CSSASSSA, Madison, WI. pp. 271-280.

**Hugles, H.D., Heath, E.M., y Metcafe, D. S. 1984.** Forrajes. Editorial Continental S.A. de C.V. Decima primera impresión. México, D.F. pp. 131.

**Jaakola, S. y Huhtanen, P. 1993.** The effects of forage preservation method and proportion of concentrate on nitrogen digestión and rumen fermentation in cattle. Grass forage. Sci. 48: 146-154.

**Jung, H.G. y Allen, M.S. 1995.** Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forage by ruminants. Journal Animal Science. pp 73-2774.

**Kawas, J.R., López, J. Danelon, D.L. y Lu C.D. 1991.** Influence of forage to concentrate ration on intake, digestibility, chewing and milk production in dairy cows. SmallRum. Res., 4: 11-18.

**Kumar, R. y Dímello, J.P.F. 1995.** Anti-nutritional factors in forage legumes. In: Dímello y D. Devendra (Eds.), Tropical Legumes in Animal Nutrition. CAB International. pp.95-137.

**Linares, E., P. Dávila, F. Chiang, R. Bye, y T. Elias. 1995.** Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. pp. 51-75.

**López, G.F. 1991.** Physical and chemical alteration of *Distichlis spicata* L. cell walls with NaCl and water stress. Ph. D.Thesis. Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

**Luna, H. G. 1996.** Pudrición del tallo de *Agave tequilana Weber* en el Estado de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Estado de México. 85 pp.

**Martínez, C.J.L. 1994.** Valor nutricional de dos especies de Maguey (*Agave atrovirens karw*) y (*Agave salmiana*), en el Sur del Estado de Coahuila. Tesis UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 53 y 54.

**Marten, G. C. y Barnes, R. F. 1980.** Prediction of energy digestibility of forages with in vitro rumen fermentation and fungal enzyme systems. In: W.J.Pidgen, CC Balch. (Eds.). Standardization of Analytical Methodology for feeds. IDRC. Ottawa, Canadá. pp. 61-71.

**Martínez, M. 1979.** Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. FCE. México, D.F. 1220 p.

**Medina, E. 1987.** Aspectos Ecofisiológicos de Plantas CAM en los Trópicos. Rev. Biol. Trop.: 35: 55-70.

**Medina, E. y Quezada, N. 1975.** Panorama de las artesanías Otomías del Valle de Mezquital. Instituto de investigaciones Antropológicas. Universidad Autónoma de México. México D.F.

**Mendoza, H. J. M. 1983.** Diagnóstico Climático para la Zona de Influencia inmediata a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 1-5.

**Merchen, N.R. y Bourquin, L.D. 1994.** Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: G.C.Fahey Jr. (Ed.) Forage Quality, Evaluation and Utilization. ASA-CSSA-SSSA, Madison,WI. pp.564-599.

**Mould, F. L. 1988.** Associative effects of feeds. In: Orskov, E. R. (Ed). Feed Science . Elsevier. Ámsterdam. pp. 279-292

**Mould, F. L. y Orskov. 1983.** Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen micrflora of sheep offered either hay or concentrate. Anim. Feed Sci. Technol., 10: 1-14.

**Nakamura, T. 1990.** Propagacao vegetativa in vitro de Coffea spp. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeiraas, Campos Jordao, Brasil. 129 pp.

**Nobel, P. S. 1990.** Enviromental influences on carbon dioxide uptake by Agaves, CAM plants, with high productivities. Economic Botany. 44 : 488 – 502.

**Nobel, P. S. 1998.** Los incomparables Agaves y Cactus. Editorial Trillas. S.A. de C.V. México D.F. pp.39 – 53.

**Olivares, S.E, 1994.** Paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5 Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, Nuevo León, México.

**Palma, C. F., 1991.** El género *Agave L.* y su distribución en el Estado de Oaxaca. Tesis profesional. E.N.E.P. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 162 pp.

**Perez, M. S. A. 2002.** Comunicación personal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

**Piña, L. I. 1982.** Pasado, presente y futuro de los *Agaves*, cactáceas y suculentas mexicanas. XXVII (2): 41 y 42.

**Ramanzin, M., Bailoni, L. y Schiavon, S. 1997.** Effect of forage to concentrate ratio on comparative digestion in sheep, goats and fallon deer. Journal Animal science. 64: 163-170

**Reyes, G. M. 2000.** Usos del Maguey en la época prehispánica y su reminiscencia en tarímbaro, Michoacán. Revista Universidad Michoacana. [http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi\\_biosfera/flora/maguey/maguey.htm](http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_biosfera/flora/maguey/maguey.htm).

**Rodríguez, G. F. y Llamas, L. G. 1990.** Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal . Cap. VI en manual de técnicas de investigaciones de rumiología. México. pp. 277 - 279

**Ruvalcaba, M. J. 1983.** El maguey manso, historia y presente de Epazoyucan, Hidalgo. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

**Rzedowski, J. 1978.** Vegetación de México. Editorial limusa . México D. F.

**Ruíz, L.H.J. 1975.** Digestibilidad del Maguey. Tesis sin publicar Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey Nuevo León, México. pp. 19 – 26.

**Taiz, L. 1984.** Plant cell expansion: regulation of cell wall mechanical properties. Annu. Rev. Plant Physiol. 35: 585-657.

**Tello, B. J. and Moya, G. E. 1988.** The maguey (*Agave subgenus Agave*) in the potosino – zacatecano altiplano. Bol. Soc. Bot. México. 1: 119 – 134.

**Tejada, H. 1992.** Control de calidad y análisis de alimentos para animales, México D. F. pp. 14 y 15.

**Urrutia, M.J., Martínez, L.R y Shimada, A.S. 1982.** Valor nutritivo del rastrojo de Maíz y Ensilaje de Maíz con y sin Mazorca con hidróxido de Sodio para Borregos en crecimiento. Técnicas Pecuarias. México D.F. pp. 7-16.

**Van Soest, P.J. 1994.** Nutritional ecology of the ruminant (2nd Edition). Comstock, Cornell University. Press, Ithaca, New York.

**Varner, M. 1998.** Digestive Physiology. University of Maryland, (On-line). <http://www.glue.edu/~lecarp/digest.html>

**Villegas, G.J.T. (1997).** Estimación de la digestibilidad in vitro de 5 forrajes y un alimento mediante la técnica de Reading. Tesis U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 36-37.

## **APÉNDICE**

**Cuadro 1. Análisis de varianza de dos variedades de maguey (*Agave salmiana* y *agave amercana*)**

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	134.375000	134.375000	63.0037	0.000
FACTOR B	6	3443.312500	573.885437	269.0745	0.000
INTERACCION	6	60.875000	10.145833	4.7570	0.008
ERROR	14	29.859375	2.132813		
TOTAL	27	3668.421875			

C.V. = 1.88%

**Cuadro 2. digestibilidad de la MS de dos variedades de maguey (*Agave salmiana* y *Agave americana*)**

TIEMPO (Hrs.)	Salmiana MS.	Americana MS
0	84.64	88.15
3	90.15	91.79
6	91.94	92.22
12	92.10	92.69
24	92.21	92.84
48	92.36	92.96
72	93.11	94.67