

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS**

**Maestría en Ciencias en  
Manejo de Ecosistemas de Zonas Aridas**



**HABITOS ALIMENTARIOS DEL BORREGO CIMARRON (*Ovis canadensis cremnobates*) EN LA SIERRA SAN PEDRO MARTIR,  
BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**Presenta:**

**MARIA EDITH GALINDO MANRIQUEZ**



**Ensenada, Baja California, México**

**Noviembre del 2000**

**HABITOS ALIMENTARIOS DEL BORREGO CIMARRON (*Ovis canadensis cremnobates*) EN LA SIERRA SAN PEDRO MARTIR,**

**BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

**TESIS PROFESIONAL**

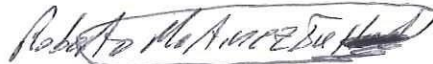
**Que para obtener el grado de**

**Maestro en Ciencias**

**Presenta:**

**MARIA EDITH GALINDO MANRIQUEZ**

**APROBADO POR:**



**DR. ROBERTO MARTINEZ GALLARDO  
DIRECTOR DE TESIS**




**M.C. JUANA CLAUDIA LEYVA  
AGUILERA**

**SINODAL**



**M.C. JORGE ALANIZ GARCIA**

**SINODAL**



**M.C. MARIA EVARISTA ARELLANO GARCIA**

**SINODAL**

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres Edith y Luis, y a mi hermano Manuel por sus consejos y su apoyo incondicional en los buenos y en los malos momentos, gracias por ser como son.

A mi prima Ana y mis tíos Humberto y Magda, gracias por todo el cariño que siempre me han brindado.

A mi tía Judy y a mi nana Lucía, que hacen que mi vida sea más alegre cada día.

A mis amigas Sonia, Alfa y Erika, con quienes he compartido momentos inolvidables a lo largo de mi vida, gracias por esa amistad que siempre me han brindado y por estar conmigo cuando más lo he necesitado.

Al novio de Erika, Juan, gracias por tu amistad y por estar siempre al pendiente de mí.

A los corderos, Eva y Ricardo, por estar conmigo en los buenos y en los malos momentos de mi vida.

Quiero hacer un agradecimiento muy especial a Ricardo por haberme salvado la vida (literalmente) en una de las salidas de campo, de no ser por él yo no estaría aquí. Gracias Ricardo por tu amistad, tus consejos y por apoyarme tanto en mi trabajo de tesis como en mi vida personal.

A mi niño Javier, por aconsejarme y estar conmigo en los momentos en que más he necesitado del cariño y del apoyo de un buen amigo.

A mi Chabelita, por ser tan buena persona, amiga y compañera.

A Mariella por brindarme su amistad incondicional, la cual es muy bien correspondida.

A mis amigos y compañeros de licenciatura Estela, Liliana, Ismenia, Nayeli, Isadora, Abel y Julieta, gracias por su amistad.

A Ramiro, Julián y su esposa Lety, gracias por ser tan alegres y transmitirme tan buenas vibras.

A mis compañeros de maestría Sergio y Angel, gracias por ayudarme a soportar estos dos largos años, y a aquellos que nos abandonaron: Pedro y Manuel, a los que sigo recordando con mucho cariño.

A mis compañeros en las salidas de campo: Sonia, Ricardo, Eva, Isabel, Samantha, Mariana y el Dr. Roberto Martínez, gracias por enseñarme a disfrutar de la naturaleza en todo su esplendor.

A Gaby y Aarón por compartir la experiencia de realizar una tesis.

Al director de esta tesis, el Dr. Roberto Martínez, gracias por apoyarme y asesorarme a lo largo de estos dos años y medio.

Al M.C. Alfredo Acosta, por su paciencia y la disposición para ayudarme en la tesis siempre que lo necesité.

A la M.C. Claudia Leyva por el apoyo que me dio para sacar esta tesis adelante, gracias por todo Clau.

A la M.C. Eva Arellano por sus consejos, que fueron claves para lograr terminar esta tesis.

Al M.C. Jorge Alaniz, por ser mi asesor y algunas veces mi compañero de salidas de campo, gracias por hacerme reír siempre.

Un agradecimiento muy especial al Dr. José Delgadillo por todo el apoyo que me brindó durante la elaboración de la presente tesis.

A la P.B. Dianita Cruz por la valiosa información que me proporcionó para sustentar parte de la discusión de esta tesis.

A la M.C. Yrma Cruz por apoyarme en la búsqueda de información botánica.

A la M.C. Ma. Elena Resendiz por ayudarme a arreglar el anteproyecto para someterlo a la aprobación del comité de postgrado y por darme la maravillosa idea de elaborar un catálogo fotográfico.

A Evita la laboratorista y a la M.C. Olivia Tapia, por permitirme usar el microscopio asignado al monitor en el laboratorio de histología.

A CONABIO por el apoyo otorgado a este trabajo, mediante el convenio FB529/L159/97 para la realización del proyecto "Estado de conservación, dinámica poblacional y reproductiva del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México".

A CONACYT por el apoyo brindado mediante el convenio 129856-B para la realización del proyecto "Estado de conservación, dinámica poblacional y reproductiva del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la sierra

San Pedro Mártir, Baja California, México y por la beca otorgada durante los dos años de estudio de la maestría.

A la Dirección General de Investigación y Postgrado por el apoyo económico que le brindó al proyecto "Determinación de la proporción de sexos y dieta alimenticia del borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México", mediante el convenio # 5994.

Agradezco al servicio de Caza y Pesca de los Estados Unidos (USFWS-SEMARNAP: 1448-98210-99-G339) por su apoyo económico.

Quiero hacer un agradecimiento muy especial a todas aquellas personas que han hablado de mí y a aquellas que me han hecho daño ya sea de manera directa o indirecta, porque gracias a todos ustedes he logrado templar mi carácter y he descubierto que soy capaz de lograr cualquier cosa, tan solo basta con que yo me lo proponga.

## RESUMEN

En el presente trabajo se analizan tanto los hábitos alimentarios como los factores que los determinan en el borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) a partir de la revisión de sesenta y cuatro muestras fecales colectadas en ocho diferentes localidades de la sierra San Pedro Mártir, Baja California, con el fin de generar propuestas que contribuyan con el plan general de manejo de este organismo. Para establecer tanto los hábitos alimentarios como los factores que los determinan se utilizó un modelo lineal generalizado, ligado a una función logarítmica, asociado a un error de tipo Poisson.

Del análisis de los hábitos alimentarios del borrego se encontró que este consume setenta y dos especies de las cuales diecisiete son significativamente más consumidas ( $p < 0.05$ ).

Por otro lado, se determinó que las formas de vida significativamente más consumidas ( $p < 0.05$ ) fueron las hierbas seguida de arbustos y finalmente pastos. En cuanto a las familias de plantas, de las treinta tres registradas se encontró que solo tres son consumidas de manera constante a lo largo del año (las gramíneas, las compuestas y las leguminosas).

Así mismo, gracias a que se hizo una discriminación entre los grupos de heces fecales de hembras y machos, se logró determinar las especies de plantas significativamente más consumidas ( $p < 0.05$ ) por cada sexo, encontrándose que tanto las hembras como los machos consumen las mismas especies vegetales, pero las utilizan de manera diferente.

Del análisis de los factores que mayor influencia tienen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón se encontró que son tres los más importantes: la localidad, la estación y la forma de vida, además de una interacción de segundo orden que es la localidad por sexo.

Con los resultados obtenidos en este trabajo se llegó a la conclusión de que dada la condición generalista que presenta el borrego cimarrón, es importante hacer un manejo de alimentación con base en la gama de especies que consume así como con los diferentes tipos de forraje (pastos, hierbas y arbustos). De ninguna manera se debe restringir a los organismos a una o dos especies o a un solo tipo de forraje, sobre todo en el caso de las hembras, ya que se encontró que al parecer su alimentación se torna selectiva principalmente durante el periodo de lactancia.

Por otro lado, El Observatorio es una zona clave para el borrego cimarrón debido a la aparente disponibilidad de recursos que presenta a lo largo del año.

## ABSTRACT

In this work, it is analyzed the alimentary habits and the factors that have influence in the bighorn sheep (*Ovis canadensis cremnobates*), starting from the analysis of sixty four fecal samples collected in eight different locations of the mountain of San Pedro Mártir, Baja California, with the purpose of generate proposals that may contribute with the general plan of management of this organism. The alimentary habits and the factors were determined by a generalized lineal model, bound to a logarithmic function, associated to a type error Poisson.

From the analysis of the alimentary habits of the bighorn sheep, it was found that it consumes seventy two species, and that seventeen of them are consumed more significantly ( $p < 0.05$ ).

On the other hand, it was determined that the forms of life more significantly consumed ( $p < 0.05$ ) were the forbs followed by grasses and finally bushes.

About the plants families, from thirty three registered plants, it was found that only three of them are consumed constantly along the year (the gramineous, the compound and the leguminous).

After on, a discrimination was made among the groups of fecal feces of females and males and, thanks to that, it was possible to determine the species of plants more significantly consumed ( $p < 0.05$ ) for each sex, founding that as much as females and males as well, consume the same vegetable species, but they use them in a different way.

From the analysis of the factors that bigger influence has in the alimentary habits of the bighorn sheep, it was found that there are three most important factors: the location, the station and the form of life, plus the interaction of second order that is the location for sex.

With the results obtained in this work we reached the conclusion that given the generalist condition that presents the bighorn sheep, it is important to make a feeding management with base in the range of species that it consumes as well as the different forage types (grasses, forbs and bushes). In no way the organisms should not be restricted to one or two species or to a single forage type, mainly in the case of the females, since it was found that, apparently, its feeding is selective, mainly during the period of nursing.

On the other hand, The Observatory is a key area for the bighorn sheep due to the apparent available resources that are present along the year.

## INDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Técnica microhistológica .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Estudios de dieta de borrego cimarrón en el Estado de California .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Estudios de dieta de borrego cimarrón en los estados de Nevada y Arizona .....</b>	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Objetivo general .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Objetivos particulares .....</b>	<b>19</b>
<b>4. ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Ubicación del área de estudio .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Descripción física de la sierra .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Hidrología .....</b>	<b>21</b>
<b>4.4 Clima .....</b>	<b>22</b>
<b>4.5 Vegetación .....</b>	<b>22</b>
<b>5. METODO .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 Localidades de muestreo .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 Características vegetales de las localidades de muestreo .....</b>	<b>25</b>
<b>5.3 Colecta de las muestras .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4Técnica microhistológica .....</b>	<b>31</b>

<b>5.5 Colección de referencia .....</b>	<b>32</b>
<b>5.6 Análisis de las muestras problema .....</b>	<b>33</b>
<b>5.7 Procesamiento de los datos .....</b>	<b>34</b>
<b>5.8 Determinación de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón .....</b>	<b>34</b>
<b>5.9 Determinación de los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón .....</b>	<b>35</b>
<b>5.10 Determinación de las formas de vida más consumidas por los machos del Cañón del Diablito .....</b>	<b>36</b>
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>6.1 Colección de referencia .....</b>	<b>38</b>
<b>6.2 Determinación de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2.1 Especies .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2.2 Formas de vida .....</b>	<b>42</b>
<b>6.2.3 Familias .....</b>	<b>45</b>
<b>6.2.4 Especies consumidas por hembras y machos en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>46</b>
<b>6.2.5 Preferencia del consumo de formas de vida por estación por parte del borrego cimarrón .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3 Determinación de los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón .....</b>	<b>52</b>
<b>6.3.1 Localidades .....</b>	<b>53</b>

<b>6.3.2 Estaciones .....</b>	<b>53</b>
<b>6.3.3 Forma de vida .....</b>	<b>54</b>
<b>6.3.4 Localidad por sexo .....</b>	<b>55</b>
<b>6.4 Determinación de las formas de vida más consumidas por los machos del Cañón del Diablito .....</b>	<b>56</b>
<b>7. DISCUSION .....</b>	<b>58</b>
<b>7.1 Colección de referencia .....</b>	<b>58</b>
<b>7.2 Determinación de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón .....</b>	<b>59</b>
<b>7.2.1 Especies .....</b>	<b>59</b>
<b>7.2.2 Formas de vida .....</b>	<b>60</b>
<b>7.2.3 Familias .....</b>	<b>62</b>
<b>7.2.4 Especies consumidas por hembras y machos ...</b>	<b>62</b>
<b>7.2.5 Preferencia del consumo de las formas de vida por estación por parte del borrego cimarrón .....</b>	<b>63</b>
<b>7.3 Determinación de los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón .....</b>	<b>65</b>
<b>7.3.1 Localidades .....</b>	<b>65</b>
<b>7.3.2 Estaciones .....</b>	<b>67</b>
<b>7.3.3 Formas de vida .....</b>	<b>68</b>
<b>7.3.4 Localidad por sexo .....</b>	<b>69</b>
<b>7.3.5 Determinación de las formas de vida más consumida por los machos del Cañón del Diablito .....</b>	<b>72</b>

<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>10. PROPUESTAS DE MANEJO BASADAS EN LOS HABITOS ALIMENTARIOS DEL BORREGO CIMARRON .....</b>	<b>76</b>
<b>11. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>78</b>
<b>Anexo 1: Muestra del formato utilizado en el análisis de la muestra problema .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 2: Listado de las familias consumidas por el borrego cimarrón .....</b>	<b>83</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Orografía de Baja California .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2. Área de estudio: sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3. Localidades de muestreo en la sierra</b>	
<b>San Pedro Mártir .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 4. Localidad del Observatorio</b>	
<b>(avistamiento de borrego cimarrón <i>Ovis Canadensis</i></b>	
<b><i>cremnobates</i>) en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 5. Localidad del Cerro del Picacho en</b>	
<b>la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 6. Localidad del Cañón de La Encantada</b>	
<b>en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7. Heces fecales de borrego cimarrón en</b>	
<b>la localidad del Cerro del Picacho en la sierra San Pedro Mártir ..</b>	<b>29</b>
<b>Figura 8. Fotografías del catálogo de</b>	
<b>estructuras celulares .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9. Porcentaje de las especies más</b>	
<b>importantes por su consumo en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 10. Porcentaje de las familias más</b>	
<b>importantes por su consumo en la sierra</b>	
<b>San Pedro Mártir .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 11. Formas de vida consumidas en</b>	
<b>primavera por los borregos en la sierra</b>	

<b>San Pedro Mártir .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 12. Formas de vida consumidas en verano por los borregos en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 13. Formas de vida consumidas en otoño por los borregos en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 14. Formas de vida consumidas en invierno por los borregos en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 15. Consumo de recursos por localidad en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 16. Uso de los recursos por estación en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 17. Consumo de forma de vida en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 18. Utilización de recursos por parte de hembras y machos en cada una de las localidades de la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 19. Consumo de formas de vida en la temporada invernal en el Cañón del Diablito en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>57</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro I. Localidades muestreadas y número de grupos fecales de borrego cimarrón encontrados en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro II. Grupos fecales analizados por mes de colecta y localidad en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro III. Niveles establecidos para cada uno de los factores de la primer matriz .....</b>	<b>36</b>
<b>Cuadro IV. Especies consumidas por el borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>40</b>
<b>Cuadro V. Hierbas consumidas por el borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro VI. Arbustos consumidos por el borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro VII. Pastos consumidos por el borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro VIII. Especies vegetales consumidas por hembras en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro IX. Especies vegetales consumidas por machos en la sierra San Pedro Mártir .....</b>	<b>48</b>
<b>Cuadro X. Porcentaje de explicación de la devianza total por factores .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUCCION

El borrego cimarrón *Ovis canadensis cremnobates* es una de las especies cinegéticas más importante del país, considerada como un valioso trofeo de caza debido a su gran cornamenta. La población de este organismo representa una importante derrama económica para las comunidades, por esto a lo largo de la historia del aprovechamiento del borrego cimarrón (desde hace más de 20 años), se le ha dado mayor énfasis al aspecto económico, ignorando prácticamente todos los aspectos ecológicos de la especie (Aguilar, R. J. 1991).

Es decir, se han realizado muy pocos estudios para conocer el estado actual de conservación del borrego cimarrón, así como para generar información acerca de su biología básica como reproducción, hábitos alimentarios, patrones y áreas de actividad, conocimientos necesarios para llevar a cabo el manejo de la especie.

Dentro de los aspectos de biología básica de una especie, la alimentación es quizás el de mayor importancia, ya que es un factor que mantiene e incluso puede elevar el número de individuos de una población (Bronson, F. H. 1989).

El propósito de realizar un estudio de hábitos alimentarios de una especie en particular consiste en conocer qué especies vegetales son las que consumen, y de ser posible, cómo, cuándo y de dónde provienen. Por otro lado, dicho estudio provee información práctica y útil para el manejo de la misma; por ejemplo, si se llega a determinar que la especie de interés presenta una buena

nutrición, ello se va a ver reflejado en una alta tasa de reproducción y en una alta tasa de resistencia a las enfermedades, con la consecuencia de obtener una población susceptible de ser aprovechada. Así mismo, proporciona bases para estudios de variabilidad y disponibilidad de alimentos importantes, la incidencia de decesos relacionados con el suministro alimenticio, la dinámica de poblaciones relacionada a factores nutricionales tales como la calidad nutritiva del alimento, la influencia de los hábitos alimentarios sobre el crecimiento o mantenimiento de grupos poblacionales (Schemnitz, D. S. 1980).

La información que se ha generado sobre los hábitos alimentarios del borrego cimarrón provienen de estudios en los que se han utilizado dos métodos principalmente: primero, el de observación directa, en donde se observa en el campo el uso que hace el borrego de los diferentes tipos de forraje (pastos, hierbas o arbustos). Este método proporciona una idea de los hábitos alimentarios de la especie en cuestión, a pesar de que es muy difícil realizar las observaciones en el medio natural del borrego, debido a que por el color del pelaje y por las características de su hábitat puede pasar desapercibido en el paisaje, además de que se encuentra en zonas con climas extremosos, una topografía escarpada, presencia de acantilados, entre otros (Geist, V.1971); el segundo método más utilizado es el de análisis de contenido de rumen, en el que se identifican los vegetales que quedan en el rumen del organismo, con lo que se logra determinar de una manera más precisa los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, sin embargo, este método tiene la

desventaja de necesitar ejemplares, por lo que el número de muestras para los estudios depende del periodo cinegético y del número de individuos cazados (Geist, V. 1971).

El análisis fecal, es otro de los métodos para obtener información sobre los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, pero éste no ha sido muy utilizado, excepto por algunos trabajos realizados en Arizona y Nevada (Seegmiller, F. R. y R. D. Ohmart 1975, Ginnett, F. T. y L. C. Douglas 1980).

Este método se basa en la técnica microhistológica (conocida también como microtécnica), y consiste en la identificación y cuantificación de tejidos epidérmicos vegetales presentes en las muestras fecales. La identificación de fragmentos vegetales en las heces es posible debido a la resistencia que ofrecen los tejidos epidérmicos ricos en lignina al proceso digestivo. La ventaja de utilizar heces fecales es que están usualmente disponibles y en algunos casos, son abundantes, además, permiten establecer los hábitos alimentarios de una población sin necesidad de obtener ejemplares (Peña, J. M. y R. Habib de Peña, 1980).

En virtud de las ventajas que el método de análisis fecal ofrece y dado que se han realizado pruebas para conocer las capacidades de esta técnica encontrando que el procedimiento de la misma presenta errores mínimos (Todd y Hansen, 1973), en el presente trabajo se utilizó para determinar los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, discriminando las heces fecales de hembras y machos (Ayala, C. S. 2000) para establecer si existe alguna diferencia en los

hábitos alimenticios entre ambos sexos ya que hasta el momento no existe ningún estudio de hábitos alimentarios (respecto al borrego cimarrón) que lo indique (Yoakum, J. 1962; Brown, R. M. y R. P. McQuivey, 1976; Brown, R. M., D. D. Smith y R. P. Mcquivey, 1977).

Con el presente trabajo se pretende generar propuestas de manejo que contribuyan con el plan general de manejo del borrego cimarrón *Ovis canadensis cremnobates* en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México.

## **2. ANTECEDENTES**

Los antecedentes que se muestran a continuación se organizaron en tres apartados; el primero contempla los trabajos de dietas de algunos mamíferos en los que se ha utilizado la técnica microhistológica; el segundo y el tercer apartado corresponden a estudios realizados para determinar los hábitos alimentarios del borrego cimarrón en los estados de California, Nevada y Arizona.

### **2.1 Técnica microhistológica**

Los estudios fecales se han utilizado para la determinación de la dieta de los mamíferos. Estos estudios se restringen a la identificación de estructuras no digeribles como lo son la quitina, huesos, semillas, etc (Peña, J. M. y R. Habib de Peña, 1980).

Los mamíferos herbívoros frecuentemente mastican y degradan artículos alimenticios, por lo que para determinar su dieta son necesarias microtécnicas histológicas. Las primeras técnicas ampliamente usadas fueron desarrolladas para análisis de contenido estomacal de ardillas. El material de los estómagos fue comparado con una referencia permanente de hojas y epidermis teñidos de plantas pertenecientes al área de estudio (Baumgarther, L. L. y A. C. Martin, 1939).

Después Dusi, J. L. (1949) adoptó estas técnicas para análisis fecal del conejo *Sylvilagus floridanus*.

Adams en 1957 modificó una técnica usada por Scott (1941) con la zorra roja (*Vulpes* sp.), para análisis de la dieta de la liebre *Lepus americanus*. Las liebres se alimentaban de un forraje en particular; dicho forraje se tomó como un factor correlativo del número de artículos reconocidos en las excretas ( Peña, J. M. y R. Habib de Peña, 1980).

En 1973, la composición de fragmentos de plantas en el rumen y pellets formados en el colon de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), fueron determinados por técnicas microscópicas para cuatro borregos colectados en el invierno de 1971. Para comparar las frecuencias de ocurrencia de los fragmentos de plantas, en el rumen y en el colon se utilizaron pruebas de t de student, encontrando que no hubo diferencias significativas, lo que indica que si los fragmentos de plantas en el rumen y en el colon provienen de la misma población de plantas, el número relativo de fragmentos de plantas de cada clase (de restos de plantas), son similares en el paso a través del proceso digestivo. Ello sugiere que la digestión reduce significativamente el paso de los fragmentos, más que eliminar los fragmentos para las clases de plantas comúnmente encontradas en las dietas del borrego (Todd y Hansen, 1973).

## 2.2 Estudios de dieta de borrego cimarrón en el estado de California

En enero de 1954, fueron colectados 11 estómagos de borrego en las Montañas Hatcher del Condado de Hidalgo en Nuevo México. Del análisis de las muestras se obtuvieron los siguientes resultados: un 21.9% de pastos, siendo los más consumidos *Stipa* sp. y *Tricachne californica*; un 76.8% de arbustos, en donde algunos de los más importantes son *Fendlera rupicola* y *Ephedra* spp.; un 1.3% de hierbas, en donde solo se menciona a la especie *Sphaeralcea incana*. Un dato inusual fue el hecho de encontrar en 8 de los 11 estómagos examinados, evidencia de consumo de helechos (Fish and Wildlife Service. 1949).

En 1968 (Wilson), se obtuvieron datos sobre los hábitos alimentarios del borrego por observación directa y el registro alimenticio en minutos por planta en el área del Cañón Blanco del condado de San Juan en California. Se encontró que el borrego consumió un 38% de pastos en un registro alimenticio total de 3865 minutos de observación. Consumió un 45% y un 17% de arbustos e hierbas respectivamente. Las especies vegetales de mayor consumo que se lograron determinar fueron: *Hilaria jamesii* que es el pasto preferido durante la primavera, verano y otoño. Dicha planta aporta un cuarto de la dieta total de marzo a noviembre y la mitad de la dieta en octubre; *Oryzopsis hymenoides* se cuenta en el 18% de la dieta total del organismo; *Elymus salina* el 2.3%, *Bromus tectorum* el 2.1%, aunque puede tener una mayor importancia debido a que es

difícil observar su uso, y *Stipa speciosa* el 0.3%. Los resultados de la observación de 1729 minutos alimenticios establecieron el consumo de cuatro especies vegetales que contribuyeron a más del 1% de la dieta siendo *Coleogyne ramosissima* la más importante por representar un cuarto de la dieta, además de ser consumida a lo largo del año. Las otras tres especies vegetales fueron *Fraxinus anomata* aportando cerca del 10% del total de la dieta; *Symphonicarpos longiflorus* con el 3.5% y *Ephedra* sp. con el 1.2%. Por último, solamente tres hierbas contribuyeron al 1% de la dieta: *Salsola kali* que comprendió el 9.4% de la dieta total, *Bassia hyssopifolia* con el 4.5% e *Hymenoxis richardsonii* con el 1%.

Los resultados anteriores demuestran una misma dependencia de pastos como de arbustos, sin embargo, Wilson califica estos resultados como "parciales hacia los arbustos" dado la facilidad con que se puede observar al borrego alimentándose de grandes arbustos e hierbas comparado con los pastos bajos (Wilson, 1968 citado en Geist, V. 1971).

En el Cañón Rojo en California, se realizó un análisis de contenido de rumen de un total de ocho estómagos obtenidos de los machos que fueron cazados en otoño (octubre-noviembre). Los resultados muestran un consumo de 12% de pastos, 36% de arbustos y un 52% desconocido. Entre las especies de pastos preferidas se encuentran *Hilaria jamesii* y *Poa nevadensis*. *Coleogyne*

*ramosissima* resultó ser el arbusto más consumido (Irvine, 1969 citado en Geist, V. 1971).

En 1969, se obtuvieron datos sobre los hábitos alimentarios del borrego por observación directa en el área de San Andrés en el National Wildlife Refuge, Nuevo México. Se encontró que el borrego consume cuatro tipos de pastos, siendo el más consumido *Bouteloua breviseta* (de 497 observaciones, lo consumió 145 veces). Otros pastos de los cuales se alimentó el organismo fueron *Mulenbergia* sp. y *Heteropogon contortus*. De las 20 especies de arbustos registradas a lo largo del estudio, dos son consideradas como claves en la dieta del organismo debido a que son utilizados a lo largo del año: *Garrya* spp. y *Cercocarpus* spp.

De las seis especies registradas, la más importante fue *Sphaeralcea incana*, la cual es consumida durante la primavera y el verano (Halloran, F. A. y H.B. Crandell. 1953).

En las montañas de Santa Rosa en Anza Borrego Desert State Park en California, se han realizado pocos estudios sobre los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, sin embargo, de la poca información existente han logrado obtener datos como los que se muestran a continuación: la jobjoba (*Simmondsia chinensis*) parecer ser una especie clave en la dieta del borrego, ya que se encontraron hojas de esta especie en cinco estómagos de un total de 17 que

fueron analizados, lo cual corresponde a un 2.7% del total de la dieta con relación a las muestras (Bruce Browning). Esto no necesariamente refleja la realidad, sin embargo, los estudios de Jones et al. (1957) podrían reforzar esta teoría dado que menciona a la jojoba como un importante alimento, aunque considera de igual importancia a otras dos especies de arbustos: *Kramesia canescens* e *Hyptis emoryi*. También Jorgenson y Turner (1972) mencionan a la jojoba como una de las principales especies consumidas en Anza Borrego State Park (citado en Geist, V. 1971).

En cuanto a las hierbas, se sabe muy poco acerca del uso que hacen los organismos de éstas. La única especie reportada es *Chorizanthe brevicornis*, producto del análisis de los 17 estómagos revisados por Browning, el cual encontró que esta especie fue consumida en un 7% por el borrego (citado en Geist, V. 1971).

En los dos estados de Baja California durante la estación de cacería, se realizó un estudio de análisis de contenido estomacal en el borrego cimarrón. Fueron colectados 24 estómagos de borrego cimarrón *Ovis canadensis cremnobates* en Baja California: seis en primavera y tres en otoño en Arroyo Grande en el lado Este de la sierra San Pedro Mártir, tres en primavera cerca de Matomí, uno en primavera cerca de El Mármol y 11 en otoño en la sierra de La Asamblea. En Baja California Sur se colectaron cinco estómagos de borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi*: dos en otoño en Las Vírgenes y tres en

otoño cerca de Loreto. Los resultados de los estudios estomacales muestran que en Baja California el borrego consumió aproximadamente un 43% de pastos, un 24% de hierbas y hubo un 33% de ramoneo (incluyendo cactus); mientras que los datos de Baja California Sur exhiben aproximadamente un 53% de pastos, un 17% de hierbas y hubo un 23% de ramoneo además de un 7% no identificable. De acuerdo al porcentaje de ocurrencia en los contenidos estomacales las especies vegetales más importantes fueron:

-Pastos: *Muhlenbergia*, *Panicum*, *Aristida*.

-Arbustos: *Acalypha californica*, *Acer* sp., *Ambrosia*, *Cercidium peninsularis* (palo verde), *Antigonon leptopus*, *Simmondsia chinensis* (jojoba), *Encelia* sp., *Salvia* sp. y *Olneya tesota* (palo fierro).

-Hierbas: *Euphorbia* sp., *Amaranthus* sp., *Erodium cicutarium*, *Boerhaavia erecta* y *Lepidium* sp.

Debido al número de muestras relativamente bajo y al hecho de que 19 de 29 estómagos se tomaron en otoño y 10 de 29 en la primavera, el reporte no puede ser considerado como algo que refleje el consumo alimenticio anual del borrego, sin embargo, lo anterior indica que el borrego se alimenta de una sorprendente cantidad de pastos (Sánchez, D. R., 1976; Rodríguez M. M. y G. Ruiz, 1993).

### 2.3 Estudios de dieta de borrego cimarrón en los estados de Nevada y Arizona

En el área del Desert Game Range en Nevada, se llevó a cabo una observación directa del borrego cimarrón *Ovis canadensis nelsoni* con el propósito de conocer su dieta. Esto se realizó el periodo de 1945-1953, encontrándose que los borregos utilizan un total de 130 especies.

Durante marzo-abril, las primeras plantas que empiezan a surgir son los pastos y las hierbas, de las cuales se alimenta el borrego. En abril y mayo, se alimenta de flores de distintas especies como por ejemplo *Yucca brevifolia*, incluso se logró observar como estos organismos se paran en su patas delanteras para alcanzar los brotes o las vainas de esta especie vegetal.

Asimismo, se alimenta del nuevo follaje de arbustos como *Ephedra nevadensis*, *Ephedra viridis*, *Prunus fasciculata*, *Eriogonium fasciculatum*, entre otros. A finales de junio, las hierbas y los pastos que surgieron en primavera se empiezan a secar, por lo que el borrego se ve en la necesidad de moverse hacia arriba de la montaña con el fin de encontrar vegetación verde de la cual alimentarse.

Las lluvias de verano producen un nuevo suplemento de vegetación, es precisamente en esta época cuando el borrego tiene una amplia variedad de alimento, por lo que se alimenta de distintas especies de pastos como *Bouteloua aristidoides* o *Aristida glauca*, y de hierbas como *Abronia napa*, *Lepidium fremonti*, *Linum lewisii*, etc. El caso contrario sucede durante el

invierno, que es la época en donde hay una escasez de especies vegetales, por lo que el animal consume lo que encuentra como por ejemplo pastos o hierbas secas (Deming, V. O. 1953).

Durante la temporada de cacería (otoño-invierno), se colectaron 12 ejemplares de borrego cimarrón *Ovis canadensis nelsoni* en el área de Silver Peak, Nevada. Por medio del análisis de contenido de rumen se logró establecer la dieta de estos organismos, encontrando que consumen tres especies de pastos, 13 de hierbas y nueve de arbustos. Los pastos fueron los más consumidos presentando un porcentaje del 59.5%. Entre los más importantes se encuentran la Graminae (NI), *Hilaria stipa* y *Orizopsis hymenoides*. El 32% le corresponde a las hierbas, algunas de las más consumidas fueron: *Astragalus* sp., *Eriastrum* y *Euphorbia senulari*. Por último, los arbustos presentaron un 8.5%, siendo los más importantes *Eurotia lanata*, *Cercocarpus intricatus* y *Ephedra* sp. Un dato importante que presenta este estudio es que determinaron la disponibilidad de forraje que fue de alrededor del 22% para pastos, el 4% para hierbas y el 74% para arbustos. Con lo cual argumentan una evidente preferencia hacia las hierbas (Yoakum, J. 1962).

En el área del Desert Game Range en Nevada, fueron analizados 46 muestras de rumen de borrego cimarrón durante 1957-1961. Los resultados muestran que el organismo utiliza al menos 38 géneros y 25 especies de

plantas. Los pastos son los que constituyen una mayor parte de la dieta (76%) a lo largo del año, siendo más importantes por su consumo durante el verano. Al parecer el pasto más importante fue *Oryzopsis himenoides*, seguido de *Stipa* y *Tridens pulchellum*, en segundo y tercer término respectivamente. En promedio las hierbas contribuyeron con tan solo el 4% de la dieta a lo largo del año, pero fueron de las que se tuvo un mayor número de especies registradas, además de que fueron particularmente importantes durante la primavera (los borregos consumieron un 25%). Esto parece lógico ya que consumen pequeñas cantidades de hierbas a lo largo del año, incrementándose en primavera debido a que es en esta estación cuando las hierbas anuales podrían ser las más abundantes. *Yucca brevifolia* fue la hierba más importante utilizada durante el otoño.

Los arbustos aportaron un 20% a la dieta del Borrego. *Artemisia tridentata* fue la especie más importante durante el otoño, seguida por *Cercocarpus intricatus* y *Ephedra viridis*. Un dato interesante fue el hecho de que a lo largo del análisis de las muestras se encontró la especie *Pinus monophylla*, sin embargo, no fue posible determinar el aporte de esta especie a la dieta (Barret, H. R. 1964).

Un total de 18 muestras de contenido de rumen fueron colectadas y analizadas, nueve muestras para venado (*Odocoileus hemionus*) y nueve muestras para borrego cimarrón (*Ovis canadensis*). Dichas muestras se

obtuvieron de julio a noviembre durante un periodo de seis años (1958-1963) en el área del Desert Game Range, Nevada. Los resultados se compararon con los transectos realizados para el forraje, obtenidos del método del punto fijo. Los índices de preferencia de forraje fueron computarizados, obteniéndose un índice de preferencia para el borrego de 1.76 para pastos, un 0.4 para hierbas y un 0.6 para arbustos, mientras que para el venado se obtuvo un índice de preferencia de 1.65 para arbustos, 1.53 para hierbas y un 0.0 para pastos. Estos datos indican que no existe un mayor grado de competencia para las clases de forraje entre los dos organismos en el área de estudio durante la temporada de julio a noviembre (Yoakum, J.1966).

Observaciones sobre los hábitos alimentarios del borrego cimarrón (*Ovis canadensis californiana*) se realizaron durante la temporada invernal en el Cañón del Aserradero y en el Cañón Negro en la sierra Nevada. Los arbustos resultaron ser la forma de vida mas utilizada por los organismos durante la temporada de estudio (82%), siendo los más consumidos *Purshia glandulosa*, *Ephedra viridis* y *Eriogonium fasciculatum*. Los pastos presentaron un 15% del total de la dieta; *Stipa speciosa* es el principal pasto que consumió el borrego durante los meses de invierno. Las hierbas son las que mostraron un mínimo porcentaje de tan solo el 3% (Dunaway, J. D. 1972).

La composición botánica de la dieta de cuatro corderos de borrego cimarrón (*Ovis canadensis nelsoni*), colectados en el sur de Nevada durante 1975, fue determinada por medio de un análisis de contenido de rumen. Este análisis mostró que los pastos y las hierbas, los cuales exceden el 73% de la dieta, fueron las plantas que primordialmente consumieron los corderos. Seis diferentes géneros de pastos fueron identificados, siendo el más importante *Sitanion hystrix*, el cual contribuyó en un 15% al total de la dieta. Asimismo, se encontró que consumen hierbas como *Eriogonium* spp. y *Lepidium lasiocarpum*.

Los arbustos más consumidos fueron *Eriogonium microthecum*, *Coleogyne ramosissima* y *Atriplex canescens* (Brown, R. M. y R. P. McQuivey, 1976).

La composición botánica de la dieta de 177 borregos de la subespecie *Ovis canadensis nelsoni* fue determinada por medio del análisis de contenido de rumen. Los borregos fueron colectados en 17 diferentes áreas geográficas en Nevada durante un periodo de 20 años, siendo los ejemplares principalmente machos dado que se obtuvieron en la época de cacería (otoño-invierno).

Los borregos se alimentaron de 42 hierbas, 17 pastos y 61 arbustos, lo que da un total de 120 plantas utilizadas por éstos. Asimismo, se lograron identificar un total de 33 familias en el rumen de estos animales.

La preferencia por pastos fue evidente. En la región Central de Nevada los borregos consumieron un 81% de pastos, mientras que hacia el sur de la región el consumo fue de un 62%. Entre las especies de pastos más importantes por su consumo se encuentran *Stipa speciosa* y *Sitanion hystrix*. De las hierbas y arbustos más consumidos se menciona a *Eriogonium* sp. y *Ephedra nevadensis* (Brown, R. M., D. D. Smith y R. P. McQuivey, 1977).

En 1975, al oeste de Arizona en las montañas Bill Williams, se realizó un estudio de dieta entre corderos y adultos de borrego cimarrón *Ovis canadensis mexicana*, partiendo de la hipótesis de que debería de existir una diferencia en la dieta de éstos debido al distinto tamaño de la boca y el estómago, además asumieron la probabilidad de que los corderos fueran más selectivos que los adultos. La dieta (determinada por medio del análisis fecal) de cada clase de edad, se comparó durante dos veranos: 1974, 1975, y en la primavera de 1975.

Los resultados fueron los esperados (según la hipótesis establecida) para ambos veranos, pero no para la primavera. La abundancia relativamente alta y la calidad del forraje durante la primavera promueven una similitud en la dieta. En el verano el forraje muere (anuales) o presenta un estado de dormancia (perennes), por lo que la dieta para ambas clases de edad resultan disímiles, en donde los corderos se alimentan principalmente de dos tipos de arbustos no muy comunes en el área de estudio (*Sphaeralcea* spp. y *Hyptis emoryi*) y los adultos de dos tipos de arbustos comunes en el lugar (*Plantago insularis* y

*Larrea divaricata*), además de un pasto cultivado (*Cynodon dactylon*). Debido que los resultados mostraron una preferencia hacia los arbustos, éstos se consideran importantes en la dieta del borrego (Seegmiller, F. R. y R. D. Ohmart, 1981).

Los hábitos alimentarios de burros ferales y de borrego cimarrón (*Ovis canadensis nelsoni*) fueron determinados mensualmente durante 1980 en las montañas del Valle de la Muerte (National Monument) en Nevada. El análisis de 109 grupos fecales indicó que el borrego mantiene una proporción constante de hierbas, pastos y arbustos a lo largo del año mientras que los 185 grupos fecales analizados para los burros, mostraron una dieta predominantemente arbustiva en invierno y de pastos durante el verano, siendo el uso de hierbas muy bajo a lo largo del año. A pesar de esta diferencia en las dietas de ambos organismos, se encontró que éstos utilizan algunos de los mismos taxa (arbustos como *Atriplex confertifolia*, *Cowania mexicana*, *Ephedra* spp. y pastos como *Orizopsis himenoides* y *Stipa* spp.), lo que resulta en un moderado traslape en la dieta de ambos organismos (Ginnett, F. T. y L. C. Douglas, 1982).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar los hábitos alimentarios del borrego cimarrón *Ovis canadensis cremnobates* en la sierra San Pedro Mártir, mediante el análisis de heces fecales con el fin de elaborar propuestas que contribuyan con el plan de manejo del mismo.

#### **3.2 Objetivos particulares**

3.2.1 Elaborar un catálogo fotográfico de estructuras celulares que sirva como base para la identificación del material vegetal en heces fecales.

3.2.2 Determinar las especies vegetales de mayor consumo por el borrego cimarrón.

3.2.3 Determinar las formas de vida más consumidas por el borrego cimarrón.

3.2.4 Determinar las familias más consumidas por el borrego cimarrón.

3.2.5 Evaluar las especies que consumen las hembras y los machos.

3.2.6 Evaluar las preferencias de formas de vida por estación.

3.2.7 Evaluar los factores más importantes en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón.

## **4. AREA DE ESTUDIO**

### **4.1 Ubicación del área de estudio**

La sierra San Pedro Mártir forma parte de la Cordillera Peninsular que se inicia en las montañas de San Jacinto en Estados Unidos y termina hacia la mitad de la Península de Baja California, México en el paralelo 28. Se ubica al noroeste de la Península de Baja California, entre los paralelos 30°30' y 31°10' de latitud norte y los meridianos 115°44' y 115°13' de latitud oeste. Se encuentra a 100 Km al sur este de Ensenada y se extiende hacia el sur este del Valle de la Trinidad hasta 50 Km al oeste de San Felipe. Es la sierra más alta de la península; cuenta con altiplanicies mayores a los 2000 m.s.n.m. en la parte norte y de 1900 m en el lado sur; el pico más alto es el Picacho del Diablo con 3095 m.s.n.m. (Figura 1) (Escoto, R. M. 1994; Minnich R. *et. al.*, 1994).

### **4.2 Descripción física de la sierra**

La Sierra San Pedro Mártir consta de tres sectores diferentes de terreno: el escarpe del este, que presenta un relieve casi vertical y donde de alturas de 2800 m.s.n.m. pasan a 500 m.s.n.m. en el Valle de San Pedro Mártir y Valle Chico, en una distancia de alrededor de 10 Km La cresta, que es una amplia meseta con una cuenca aluvial angosta y de praderas con elevaciones superficiales que van desde los 1600 m en Arroyo Santa Eulalia en el sur, hasta los 2400 m en Vallecitos al norte. Las partes más altas y picos locales dividen la meseta de la cresta de los escarpes del este, teniendo elevaciones que llegan a alcanzar los 3095 m en el Picacho del Diablo y el flanco oeste, que es un

escarpado con una pendiente suave que presenta una falla no disectada y tiene un relieve local de 300-600m (Escoto, R. M. 1994).

En la sierra existe una altiplanicie hacia el suroeste, con lomeríos bajos de pendientes suaves constituidos de roca granítica que subyace a una cubierta de aluvión dispersa. En la superficie se pueden localizar ciénegas y valles con arroyos serpenteantes que han tenido un desarrollo local (Escoto, R. M. 1994).

#### **4.3 Hidrología**

En cuanto a la hidrología del lugar se sabe que el drenaje principal se encuentra en el lado oeste de la sierra. Es en esa vertiente donde se drenan cuatro sistemas de ríos: El arroyo San Rafael y el de San Telmo al noroeste; el de Santo Domingo al suroeste y el río San Simón (Escoto, R. M. 1994; Zuñiga C. W., 1995).

En el extremo norte algunos arroyos escurren hacia el Valle de la Trinidad y al este la sierra es drenada por numerosos arroyos que bajan desde la cresta formando cañadas profundas por todo el escarpe. Otros de ellos tienen un flujo permanente al pie de la sierra, pero casi nunca llegan al mar porque se infiltran y evaporan en el Valle San Pedro Mártir y Valle Chico (Escoto, R. M. 1994).

#### **4.4 Clima**

El clima de San Pedro Mártir es de tipo mediterráneo subhúmedo (Zuñiga, C. W. 1995), y en los meses de noviembre y abril se presentan ciclones de invierno que traen lluvias frontales con nieve en las partes altas de

la sierra y forman una sombra de lluvia en la vertiente este. Durante el verano sucede lo contrario. La humedad que viene del sureste origina lluvias convectivas en las montañas, mientras que en la vertiente occidental no existe tal convección debido a la presencia de los vientos ascendentes del Pacífico.

En las partes altas de las montañas se capta la precipitación de las dos temporadas lluviosas, siendo la invernal la de mayor magnitud. Como consecuencia del Monson de Norteamérica, entre julio y septiembre ocurren tormentas eléctricas con lluvias vespertinas (Escoto, R. M. 1994; Minnich, R. *et. al.*, 1994).

La precipitación media anual en la sierra San Pedro Mártir es de 554 mm. y las temperaturas que presenta van desde  $-1.5^{\circ}\text{C}$  hasta los  $7^{\circ}\text{C}$  en invierno. En verano la temperatura fluctúa entre los  $15$  y  $30^{\circ}\text{C}$  (Escoto, R. M. 1994; Minnich R. *et. al.*, 1994).

#### 4.5 Vegetación

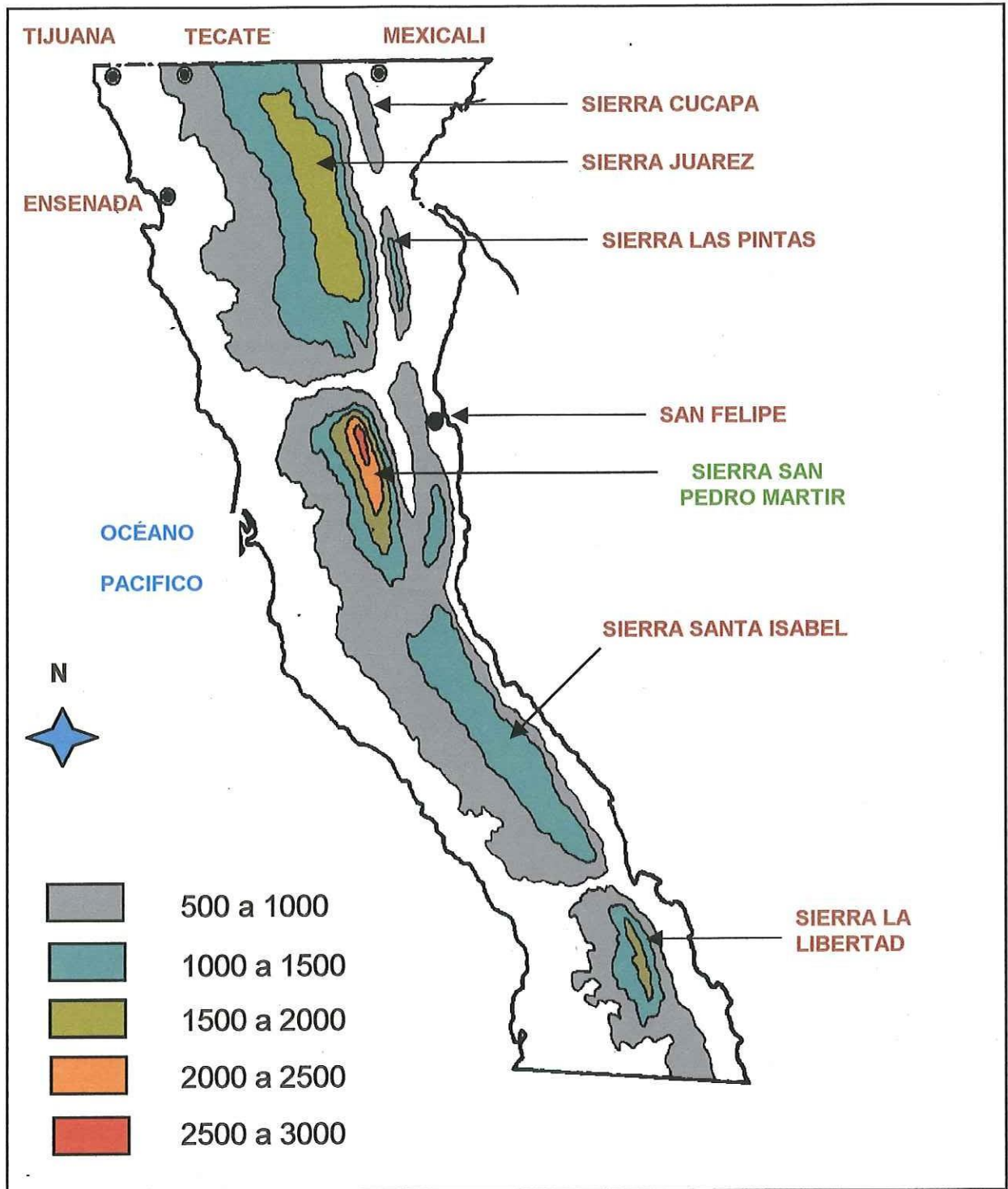
La Sierra de San Pedro Mártir cuenta con diversos tipos de vegetación.

El chaparral en la parte oeste es reemplazado por un bosque mixto de coníferas en la parte alta, conformado principalmente por *Pinus jeffreyi*, *P. lambertiana* y *Abies concolor* (Escoto, R. M. 1994; Minnich R. *et. al.*, 1994).

Algunos de los arbustos más importantes de éste bosque son *Arctostaphylos patula*, *A. pungens*, *Ceanothus cordulatus*, *Artemisia tridentata*, *Salvia pachyphylla* y *Symphoricarpus parishii*. En las ciénegas de Vallecitos y La Tasajera son comunes los bosques sub-alpinos de *Pinus contorta* y *Populus*

*tremuloides* (Escoto, R. M. 1994; Minnich R. *et. al.*, 1994; Peinado, M. *et al.*, 1994).

Entre los 1500 y 2700 m.s.n.m. se localiza el escarpe semiárido del lado este, el cual cuenta con un bosque bajo de *Pinus quadrifolia*. Por abajo de los 1500 m aparece otro pino denominado *P. monophylla*. Entre los arbustos más comunes que se presentan en el bosque pino piñonero se encuentran el *Arctostaphylos peninsularis*, *Garrya grisea*, *Quercus chrysolepis*, *Q. peninsularis*, *Q. cornelius-mulleri*, *Rhus ovata*, *R. trilobata*, *Cercocarpus betuloides*, *Fremontodendron californicum* y algunas suculentas como la *Yucca schidigera*, *Nolina parryi* y *Agave deserti* (Minnich, R. *et. al.*, 1987, 1994). Hacia el este, el escarpe por debajo de los 1200 m está cubierto por especies arbustivas micrófilas. Dominan especies como *Larrea tridentata*, *Ambrosia dumosa*, *Encelia farinosa*, *Olneya tesota*, *Cercidium floridum* y *Dalea spinosa*. Así mismo, se encuentran especies suculentas como *Fouqueria splendens*, *Agave deserti*, *A. moranii* y diversas especies de *Opuntia* spp. En el lado este de la parte sur de la sierra, hay numerosas poblaciones de *Brahea armata* (Minnich, R. *et. al.*, 1987; Peinado, M. *et al.*, 1994).



FUENTE: Modificado de INEGI, Anuario Estadístico

Figura 1. Orografía de Baja California

## 5. METODO

### 5.1 Localidades de muestreo

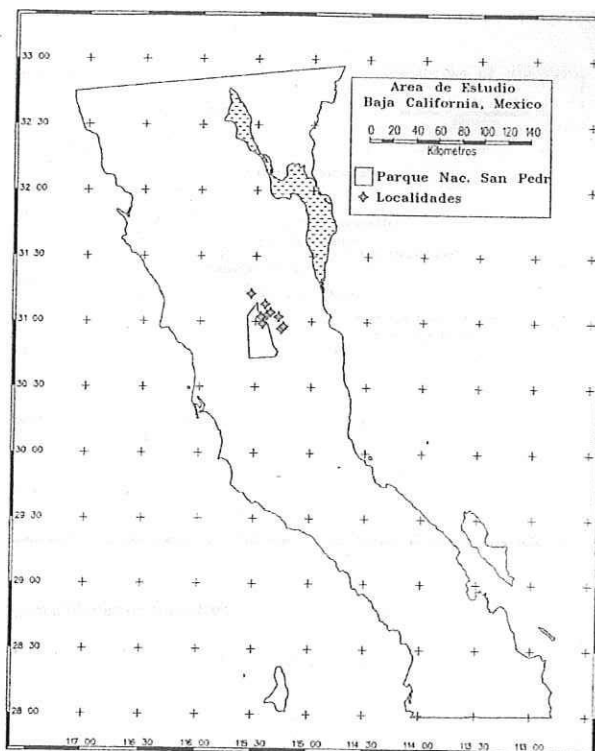
Durante el periodo de noviembre de 1997 a mayo de 1999, se muestrearon ocho diferentes localidades (Observatorio, Cerro del Picacho, Cañón del Diablo, Cañón del Diablito, Cañón La Encantada, Cañón La Providencia, Cañón La Esperanza y Cañón Los Colibríes) de la Sierra San Pedro Mártir, tanto de la parte Oeste como Este, cubriendo un rango de altitud de los 500 m.s.n.m. hasta los 2800 m (Figuras 2 y 3).

### 5.2 Características vegetales de las localidades de muestreo

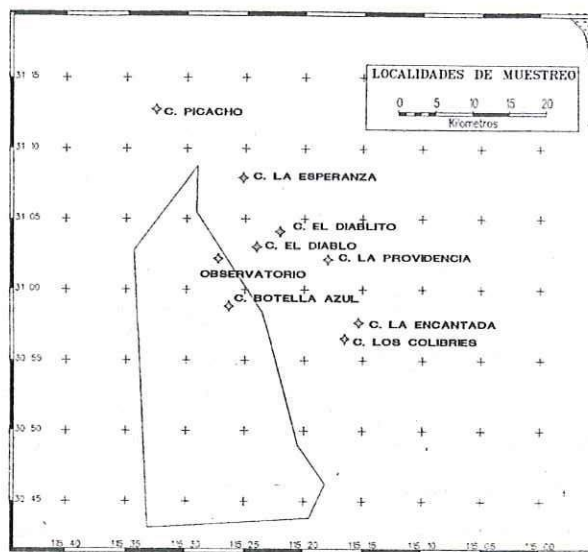
En el bosque de coníferas se encuentra la zona del Observatorio, el cual posee una estructura abierta, ya que cuenta con grandes espacios entre los árboles (Montoya, L. M. 1998). La vegetación que predomina en esta localidad es el pino (*Pinus jeffreyi*) y algunos de los arbustos que se encuentran presentes en el lugar son *Simmondsia chinensis*, *Ceanothus greggii*, *Arctostaphylos patula*, entre otros (Figura 4)(Cruz, V. D. 2000).

Con base en observaciones realizadas en campo, se clasificó a la zona de El Cerro del Picacho como un ecotono en el que se pueden encontrar especies como *Pinus quadrifolia* y *P. monophylla*. Algunos de los arbustos presentes en el lugar son *Ceanotnus greggi*, *Eriodictyon angustifolium*, *Rhus ovata* y algunas suculentas como *Agave desertii* y *Yucca schidigera* (Figura 5).

Hacia el lado este de la sierra, la zona de cañones, se caracteriza por presentar una vegetación de tipo matorral xerófito, en donde se encuentran



**Figura 2. Area de estudio: sierra San Pedro Mártir**

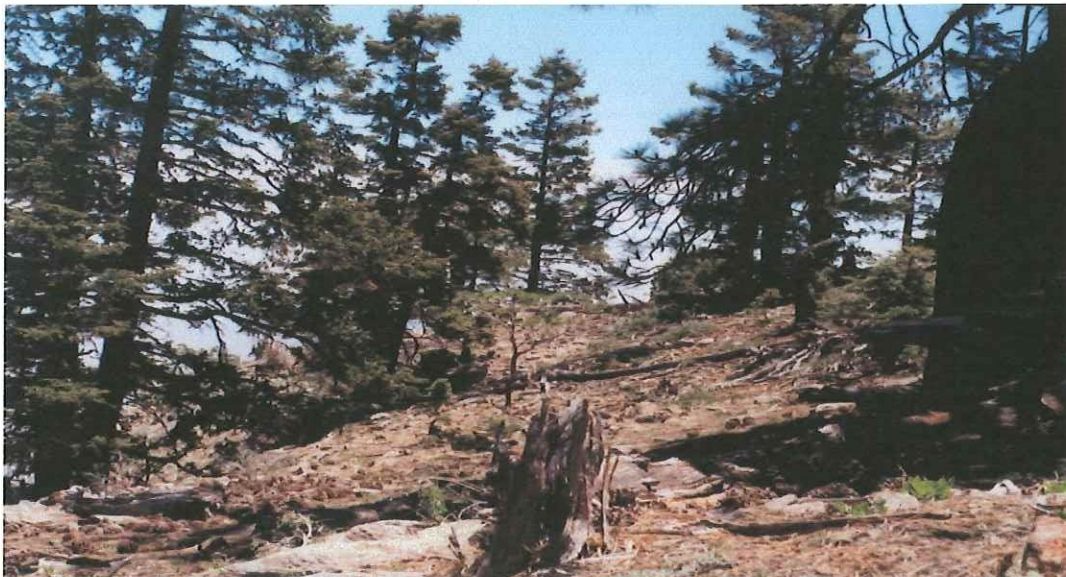


**Figura 3. Localidades de muestreo en la sierra San Pedro Mártir**

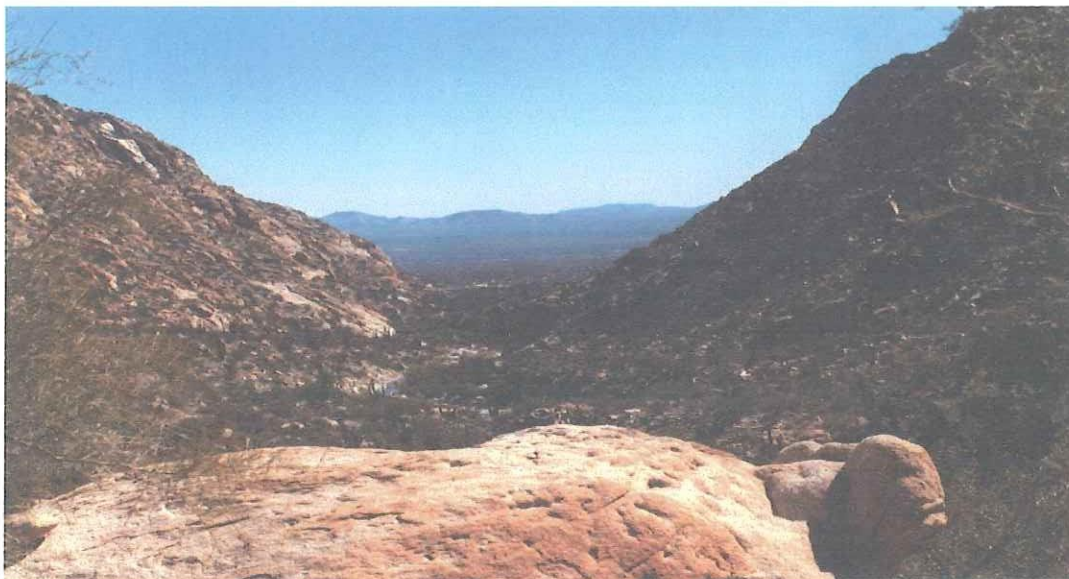
especies como *Larrea tridentata*, *Ambrosia dumosa*, *Encelia farinosa*, *Dalea spinosa*, *Fouquieria splendens*, *Cercidium microphyllum*, entre otras (Figura 6) (Minnich R., 1994).



**Figura 4. Localidad del Observatorio (avistamiento de borrego cimarrón *Ovis canadensis cremnobates*) en la sierra San Pedro Mártir**



**Figura 5. Localidad del Cerro del Picacho en la sierra San Pedro Mártir**



**Figura 6. Localidad del Cañón de La Encantada en la sierra San Pedro Mártir**

### 5.3 Colecta de las muestras

Las heces fecales así como el material vegetal para la colección de referencia fueron colectadas en las localidades de estudio arriba mencionadas.

Las heces fecales (Figura 7) fueron colocadas dentro de bolsas de plástico previamente etiquetadas con la localidad, coordenadas, altitud y fecha.

Las muestras vegetales que se utilizaron para realizar las laminillas de la colección de referencia se depositaron en bolsas de papel etiquetadas con los mismos datos de las heces.



**Figura 7. Heces fecales de borrego cimarrón en la localidad del Cerro del Picacho en la sierra San Pedro Mártir**

Dado que algunas localidades fueron muestreadas varias veces, el número de excretas colectadas fue de aproximadamente 1506 grupos (Cuadro I).

**Cuadro I. Localidades muestreadas y número de grupos fecales de borrego cimarrón encontrados en la sierra San Pedro Mártir**

FECHA			LOCALIDAD	VEGETACION	No. DE GRUPOS FECALES
Año	Mes	Día			
1997	Noviembre	29,30	Observatorio	Bosque de Coníferas	126
1997	Diciembre	13,14	C. La Providencia	Matorral Xerófilo	112
1998	Enero	16,18,19	1. La Esperanza C. del Diablo C. del Diablito	Matorral Xerófilo	32
1998	Febrero	13,14	C. del Diablo	Matorral Xerófilo	38
1998	Febrero	28	C. La Encantada	Matorral Xerófilo	48
1998	Marzo	1			
1998	Marzo	21,22	C. El Picacho	Ecotono	60
1998	Junio	7,9	Observatorio	Bosque de Pino	Aprox. 200
1998	Julio	6,7,8	Observatorio	Bosque de Pino	341
1998	Agosto	24	Observatorio	Bosque de Pino	Aprox. 300
1998	Octubre	24,25,26	C. La Encantada C. Los Colibríes C. Diablo	Matorral Xerófilo	94
1999	Mayo	22,23	Observatorio	Bosque de Pino	155

#### **5.4 Técnica microhistológica**

A continuación se describe paso a paso la técnica microhistológica que se utilizó para lograr la identificación de las especies consumidas por el borrego cimarrón.

##### **Secado**

El material vegetal y las heces fecales fueron deshidratados en una secadora de herbario.

##### **Molido**

Para el molido de las muestras vegetales y de las heces fecales se utilizó una licuadora o bien, un mortero.

##### **Homogenización**

Las muestras molidas de las plantas y excretas se mezclaron con agua destilada en un mortero o licuadora (durante un minuto a velocidad baja).

Posteriormente se tomó una alícuota de 2-4 cc.

##### **Depuración**

La alícuota se colocó en una caja petri con una solución  comercial de Cloralex al 6% (NaHClO) durante un minuto.

##### **Tamizado**

Las muestras de las plantas y de las heces fecales se vertieron en un tamiz #120 y se lavaron en agua corriente con una manguera a presión.

### **Montaje**

- Los portaobjetos fueron etiquetados con los datos pertinentes para ambas muestras.
- Se colocó el material de las muestras respectivamente en cada portaobjeto.
- Ambas muestras se sellaron con miel Karo, colocada previamente en los cubreobjetos.
- Las laminillas fueron expuestas a la flama de un mechero de alcohol, moviéndolas horizontalmente con el fin de acelerar el tiempo de secado de la misma.

### **5.5 Colección de referencia**

Con las 450 laminillas producto de la colección de referencia, es decir, del material vegetal, se procedió a realizar un catálogo fotográfico de estructuras celulares tomando como base siete tipos de éstas: tricomas, tipos de células, drusas, cristales, estomas, haces vasculares y glándulas. La técnica microhistológica sugiere que para identificar una especie se deben reconocer al menos tres estructuras celulares. Bajo este criterio se decidió tomar al menos seis fotografías por especie vegetal, o sea, se fotografiaron por lo menos tres estructuras vegetales de cada una de las especies de la colección de referencia con aumentos del 10 y 40X. Para tomar las fotografías se utilizó una cámara con un adaptador para microscopio y se usó un rollo de fotografía Kodak de 135 mm a color de asa 200 (permite la nitidez de las fotografías).

## 5.6 Análisis de las muestras problema

Las muestras problema las proporcionó Ayala Cano (2000), quien determinó los grupos fecales de hembras y de machos. En total se analizaron 64 muestras de ocho localidades (Cuadro II), de las cuales se obtuvieron tres laminillas, equivalentes a 60 campos en el microscopio. Se montaron en total 195 laminillas del material fecal. El análisis de las muestras se llevó a cabo comparando las estructuras celulares de las heces fecales con las registradas en el catálogo fotográfico de estructuras celulares de la colección de referencia.

Para ello se utilizó un formato como el que se muestra en el anexo 1.

**Cuadro II. Grupos fecales analizados por mes de colecta y localidad en la sierra San Pedro Mártir**

AÑO	MES	DIA	LOCALIDAD	No. DE GRUPOS FECALES	
				M	H
1998	Noviembre	29	Observatorio	2	2
1998	Diciembre	13	La Providencia	3	2
1998	Enero	16	La Esperanza	2	2
1998	Enero	18	C. Diablito	3	
1998	Enero	19	C. Diablo	2	2
1998	Febrero	14	C. Diablo	1	2
1998	Marzo	1	La Encantada	2	3
1998	Marzo	21	C El Picacho	3	1
1999	Mayo	22	Observatorio	1	2
1998	Junio	9	Observatorio	3	3
1998	Julio	7	Observatorio	3	3
1998	Agosto	24	Observatorio	3	3
1998	Octubre	24	La Encantada		2

1998	Octubre	25	Los Colibríes	1	3
1998	Octubre	26	C. Diablo	3	2
<b>No. total de muestras = 64</b>					

### 5.7 Procesamiento de los datos

Los resultados obtenidos del análisis microscópico fueron capturados en una base de datos con el propósito de obtener la frecuencia relativa de las plantas en cada una de las localidades, es decir, el número de veces que se repitió cada especie en cada una de las localidades. En ella se incluyeron cinco factores: localidad, estación, sexo, especie y forma de vida.

### 5.8 Determinación de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón

Para determinar los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, se realizó un análisis estadístico basado en un Modelo Lineal Generalizado (Programa estadístico GLIM v. 3.77, Royal Statistical Society, London, 1985). Este modelo considera un error de tipo Poisson, el cual asume que los datos son números enteros, cuyas varianzas son iguales a sus medias. Además, el modelo está ligado a una función logarítmica, la cual asegura que todos los valores ajustados son positivos (Crawley, 1993).

Se armó una primera matriz en la que se consideró tres factores: estación, sexo y especie. Las primeras tres columnas pertenecían a la estación, sexo y especie, mientras que a la cuarta y última columna, se le asignó la variable de respuesta (la frecuencia relativa de las especies). Se establecieron diferentes

niveles para cada factor, quedando la estación con cuatro, el sexo con dos y la especie con setenta y dos niveles.

Se hizo el análisis correspondiente con el GLIM del que se obtuvo las familias, las especies y las formas de vida más consumidas por los borregos de manera general. Asimismo, se determinaron las especies y formas de vida más consumidas por las hembras y por los machos. Por último, se elaboraron figuras en las que se muestra la preferencia del consumo de formas de vida por estación.

### **5.9 Determinación de los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón**

Para determinar los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón y en qué grado explican este comportamiento, se llevó a cabo el análisis en el GLIM, considerando cuatro factores: localidad, estación, sexo y forma de vida, con los que se elaboró una matriz de datos, en donde las cuatro primeras columnas eran la localidad, la estación, el sexo y la forma de vida de las especies, mientras que en la quinta y última columna se ubicó a la variable de respuesta, es decir, la frecuencia relativa de las formas de vida.

Asimismo, se determinaron niveles para cada uno de los factores: la localidad quedó con ocho niveles, la estación con cuatro, el sexo con dos y las formas de vida con seis ( Cuadro III).

**Cuadro III. Niveles establecidos para cada uno de los factores de la primer matriz**

Factor	Niveles							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Localidad	Observatorio	C. La Providencia	C. La Esperanza	---	C. del Diablo	C. La Encantada	C. El Picacho	C. Los Colibries
Estación	Primavera	Verano	Otoño	Invierno				
Sexo	Hembra	Macho						
Forma de vida	Arbol	Arbusto	Hierba	Pasto	Sufrutescente	Suculenta		

Con los resultados del análisis del GLIM para esta segunda matriz se obtuvo los porcentajes de explicación de cada uno de los factores con los que se determinó un modelo en el que se incluyeron los factores que influyen en la dieta del borrego cimarrón.

**5.10 Determinación de las formas de vida más consumidas por los machos del Cañón del Diablito**

Se elaboró una tercer matriz para una de las localidades en particular (Cañón del Diablito), la cual constó de tan solo dos columnas. La primera correspondiente a las formas de vida de las especies (dividida en seis niveles) y la segunda a la frecuencia relativa de las mismas, es decir, la variable de respuesta. Esto se hizo debido a que fue la única localidad que presentó solamente machos y no la condición hembra-macho como sucedió en las demás localidades.

Se realizó el análisis para todas y cada una de las matrices arriba mencionadas (puntos 5.7, 5.8 y 5.9) y como resultado del mismo se obtuvo una devianza total (variación total del sistema) y los cambios de devianza debida a los diferentes factores (de cada una de las matrices) así como para las interacciones de éstos.

Se determinó el grado de significancia ( $\alpha = 0.05$ ) de cada factor en el modelo mediante la tabla de  $X^2$ -Cuadrada considerando los grados de libertad para cada factor. Se utilizó la prueba t-Student para determinar entre qué niveles de los factores había diferencias significativas y se calculó de la siguiente manera:

$$t = (\text{estimado 1} - \text{estimado 2}) / \text{Error estándar 2}$$

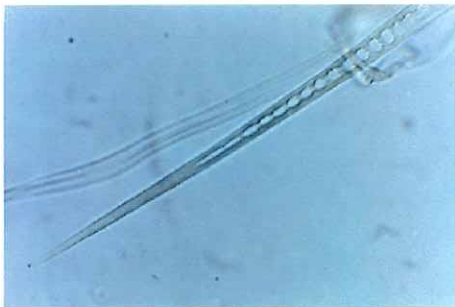
Tanto los valores estimados como el error estándar fueron obtenidos del análisis del GLIM.

## 6. RESULTADOS

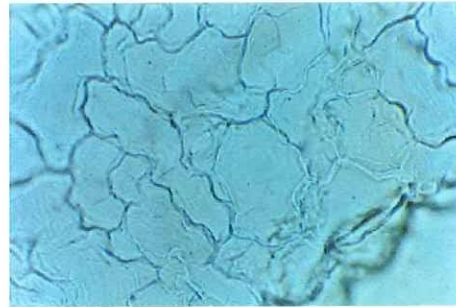
Esta sección se dividió en tres partes; la primera, contempla una muestra del catálogo de estructuras celulares que se elaboró a partir de la colección de referencia de las especies colectadas en la sierra San Pedro Mártir; la segunda parte, comprende lo relacionado a los hábitos alimentarios del borrego cimarrón y la tercera considera los factores más importantes en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón.

### 6.1 Colección de referencia

Se obtuvo un catálogo que consta de 587 fotografías (Figura 8) las cuales corresponden a un total de 90 especies. Este se dividió en dos partes, el área de pinos (correspondientes al Observatorio y Cerro del Picacho) y el área de cañones, y se encuentra organizado en orden alfabético por el nombre de cada una de las especies.



8a. *Quercus crissalis*



8b. *Astragalus* sp.

**Figura 8. Fotografías del catálogo de estructuras celulares**

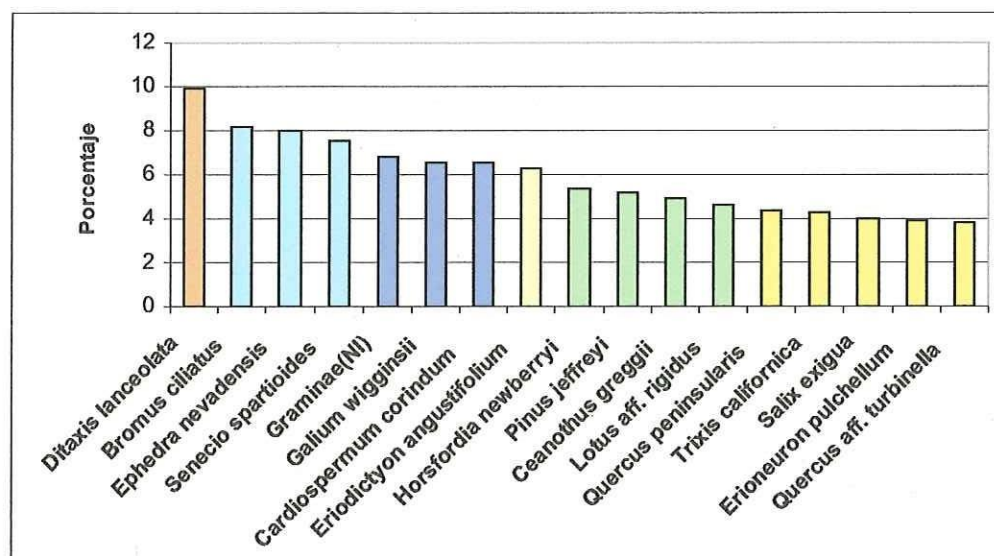
La figura 8a muestra una estructura celular llamada tricoma mientras que la figura 8b muestra células irregulares y algunos estomas.

## 6.2 Determinación de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón

Con el análisis del GLIM, para el caso de la matriz conformada con tres factores (estación, sexo y especie), se determinó lo siguiente:

### 6.2.1 Especies



Las setenta y dos especies vegetales significativamente más consumidas ( $p < 0.05$ ) por el borrego cimarrón, hasta las menos consumidas, se muestran en el cuadro IV, sin embargo, las diecisiete especies más importante por su consumo ( $p < 0.05$ ) se resumen en la figura 9:




**Figura 9. Porcentaje de las especies más importantes por su consumo en la sierra San Pedro Mártir**

En la presente figura se puede observar las diecisiete especies que más consume el borrego cimarrón. Las barras con un color igual indican que las especies vegetales presentan el mismo porcentaje.

**Cuadro IV. Especies consumidas por el borrego cimarrón en la sierra San Pedro Mártir**

Especie	Forma de Vida	Frecuencia	
<i>Ditaxis lanceolata</i>	Hierba		 Especies más consumidas
<i>Bromus ciliatus</i>	Pasto		
<i>Ephedra nevadensis</i>	Arbusto		
<i>Senecio spartioides</i>	Arbusto		
Graminae 1(NI)	Pasto		
<i>Galium wigginsii</i>	Hierba		
<i>Cardiospermum corindum</i>	Hierba		
<i>Eriodictyon angustifolium</i>	Arbusto		
<i>Horsfordia newberryi</i>	Sufrutescente		
<i>Pinus jeffreyi</i>	Arbol		
<i>Ceanothus greggii</i>	Arbusto		
<i>Lotus aff. rigidus</i>	Hierba		
<i>Quercus peninsularis</i>	Arbol		
<i>Trixis californica</i>	Sufrutescente		
<i>Salix exigua</i>	Arbol		
<i>Erioneuron pulchellum</i>	Pasto		
<i>Quercus aff turbinella</i>	Arbol		
<i>Eriogonium fasciculatum</i>	Arbusto		
<i>Simmondsia chinensis</i>	Arbusto		
<i>Acalipha californica</i>	Sufrutescente		
<i>Phlox austromontana</i>	Hierba		
<i>Blefaroneuron tricholepsis</i>	Pasto		
<i>Lotus aff. argophyllus</i>	Hierba		
<i>Carex globosa</i>	Hierba		
<i>Nolina palmeri</i>	Suculenta		
<i>Abronia villosa</i>	Hierba		
<i>Beloperome californica</i>	Sufrutescente		
<i>Lotus aff. scoparius</i>	Hierba		
<i>Baccharis sergiloides</i>	Arbusto		
<i>Astrolepis cochinchensis</i>	Hierba		
<i>Hyptis emoryi</i>	Arbusto		
<i>Bursera hindsiana</i>	Arbusto		
<i>Castilleja aff. foliosa</i>	Hierba		
<i>Janusia gracilis</i>	Hierba		
Compositae 1	Hierba		
<i>Salvia pachyphylla</i>	Hierba		
Graminae 2	Pasto		
Pasto indeterminado	Pasto		
Indeterminada	Hierba		
<i>Linanthus melingii</i>	Hierba		
<i>Ambrosia ambrosoides</i>	Hierba		
<i>Happlopapus arborescens</i>	Arbusto		
<i>Acacia greggii</i>	Arbol		
<i>Euphorbia palmeri</i>	Hierba		

<i>Encelia farinosa</i>	Sufrutescente	5.5	 Especies menos consumidas
<i>Aristida aff. fendleriana</i>	Hierba	5.4	
<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto	5.4	
<i>Monardella linioides</i>	Hierba	5.4	
<i>Janusia jamesii</i>	Hierba	5.3	
<i>Dalea sp.</i>	Hierba	4.5	
<i>Eriogonium elongatum</i>	Hierba	4.3	
<i>Cercidium microphyllum</i>	Arbol	4.2	
<i>Mimulus cardinalis</i>	Hierba	4	
<i>Keckiella anthirrinoides</i>	Arbusto	3.4	
<i>Philadelphus microphyllum</i>	Arbusto	3.2	
<i>Lupinus excubitus</i>	Hierba	3	
<i>Ambrosia dumosa</i>	Arbusto	3	
<i>Rhus ovata</i>	Arbusto	2.8	
<i>Stephanomeria sp.</i>	Hierba	2.7	
<i>Abies concolor</i>	Arbol	2.6	
<i>Caulanthus stenocarpus</i>	Hierba	2.6	
<i>Erigeron foliosum</i>	Hierba	2.2	
<i>Astragalus sp.</i>	Hierba	2	
<i>Arctostaphylos platyphylla</i>	Arbusto	2	
<i>Monardella macranta</i>	Hierba	2	
<i>Fouqueria splendens</i>	Arbusto	2	
Compositae 2	Hierba	1.5	
<i>Allium fimbriatum</i>	Hierba	1	
<i>Heterotheca martirensis</i>	Arbusto	1	
<i>Opuntia sp.</i>	Suculenta	1	

En el cuadro anterior se pueden observar las setenta y dos especies consumidas por el borrego cimarrón, en donde el color intenso indica las especies más consumidas y el menos intenso muestra las especies menos consumidas.

Por otro lado, las especies significativamente menos consumidas ( $p < 0.05$ ) que presentaron porcentajes por debajo del 0.5 % fueron: *Mimulus cardinalis*, *Keckiella anthirrinoides*, *Philadelphus microphyllus*, *Lupinus excubitus*, *Ambrosia dumosa*, *Rhus ovata*, *Stephanomeria* sp., *Abies concolor*, *Caulanthus stenocarpus*, *Erigeron foliosum*, *Astragalus* sp., *Arctostaphylos platyphylla*, *Monardella macranta*, *Fouquieria splendens*, Compositae 2, *Allium fimbriatum*, *Heterotheca martirensis*, *Opuntia* sp., *Paeonia californica* y *Ferocactus acanthodes*.

### **6.2.2 Formas de vida**


#### **Hierba**


Dentro de las herbáceas, las especies significativamente más consumidas ( $p < 0.05$ ) fueron *Ditaxis lanceolata*, *Senecio spartioides*, *Galium wigginsii*, *Cardiospermum corindum*, *Ceanothus greggii* y *Lotus* aff. *rigidus* (Cuadro V).

## Cuadro V. Hierbas consumidas por el borrego cimarrón en la sierra San

### Pedro Mártir

Espece	Frecuencia
<i>Ditaxis lanceolata</i>	39.1
<i>Galium wigginsii</i>	25.8
<i>Cardiospermum corindum</i>	25.7
<i>Lotus aff. rigidus</i>	18.3
<i>Phlox austromontana</i>	11.2
<i>Lotus aff. argophyllus</i>	10.3
<i>Carex globosa</i>	9.3
<i>Abronia villosa</i>	8.8
<i>Lotus aff. scoparius</i>	8.4
<i>Astrolepis cochinchinensis</i>	8.3
<i>Castilleja aff. foliosa</i>	7.9
<i>Janusia gracilis</i>	7.7
Compositae 1	7.4
<i>Salvia pachyphylla</i>	7.2
<i>Linanthus melingii</i>	6.6
<i>Ambrosia ambrosoides</i>	6.6
<i>Euphorbia palmeri</i>	5.7
<i>Aristida aff. fendleriana</i>	5.4
<i>Monardella linioides</i>	5.4
<i>Janusia jamesii</i>	5.3
<i>Dalea sp.</i>	4.5
<i>Eriogonium elongatum</i>	4.3
<i>Mimulus cardinalis</i>	4
<i>Lupinus excubitus</i>	3
<i>Stephanomeria sp.</i>	2.7
<i>Caulanthus stenocarpus</i>	2.6
<i>Erigeron foliosum</i>	2.2
<i>Astragalus sp.</i>	2
<i>Monardella macranta</i>	2
Compositae 2	1.5
<i>Allium fimbriatum</i>	1
<i>Paeonia californica</i>	1

 Especies más consumidas

 Especies menos consumidas

En el cuadro anterior, se pueden apreciar las especies de hierbas que más consume el borrego cimarrón (indicadas con color más intenso) y cómo va disminuyendo este consumo (conforme se degrada el color disminuye el consumo).

### Arbustos

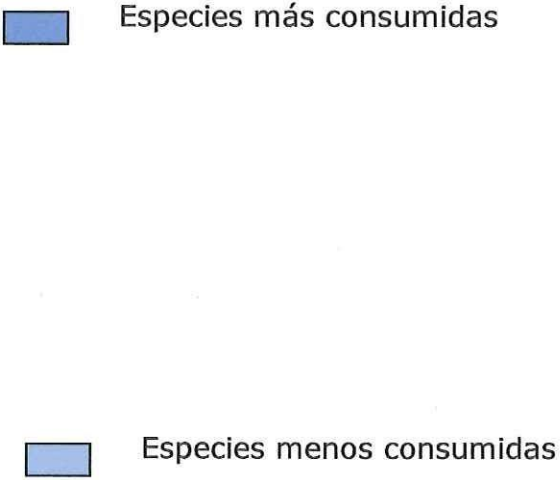
Los arbustos significativamente más consumidos ( $p < 0.05$ ) fueron:

*Ephedra nevadensis*, *Eriodictyon angustifolium*, *Senecio spartioides*, *Ceanothus greggii*, *Eriogonium fasciculatum* y *Simmondsia chinensis* (Cuadro VI).

### Cuadro VI. Arbustos consumidos por el borrego cimarrón en la sierra San

#### Pedro Mártir

Especie	Frecuencia
<i>Ephedra nevadensis</i>	30.6
<i>Eriodictyon angustifolium</i>	24.7
<i>Senecio spartioides</i>	29.6
<i>Ceanothus greggii</i>	19.5
<i>Eriogonium fasciculatum</i>	12.2
<i>Simmondsia chinensis</i>	12.2
<i>Baccharis sergiloides</i>	8.3
<i>Hyptis emoryi</i>	8.3
<i>Bursera hindsiana</i>	8.1
<i>Happlopapus arborescens</i>	6.3
<i>Keckiella anthirrinoides</i>	3.4
<i>Philadelphus microphyllum</i>	3.2
<i>Ambrosia dumosa</i>	2.8
<i>Rhus ovata</i>	2.7
<i>Arctostaphylos platyphyla</i>	2



En este cuadro se puede observar como el color más intenso corresponde a las especies de arbustos más consumidas y conforme el color se va degradando, el consumo de las especies disminuye.

## Pasto

Los pastos significativamente más consumidos ( $p < 0.05$ ) fueron: *Bromus ciliatus*, la Gramínea 1 no identificada (NI) y *Erioneuron pulchellum* (Cuadro VII).

### Cuadro VII. Pastos consumidos por el borrego cimarrón en la sierra San Pedro

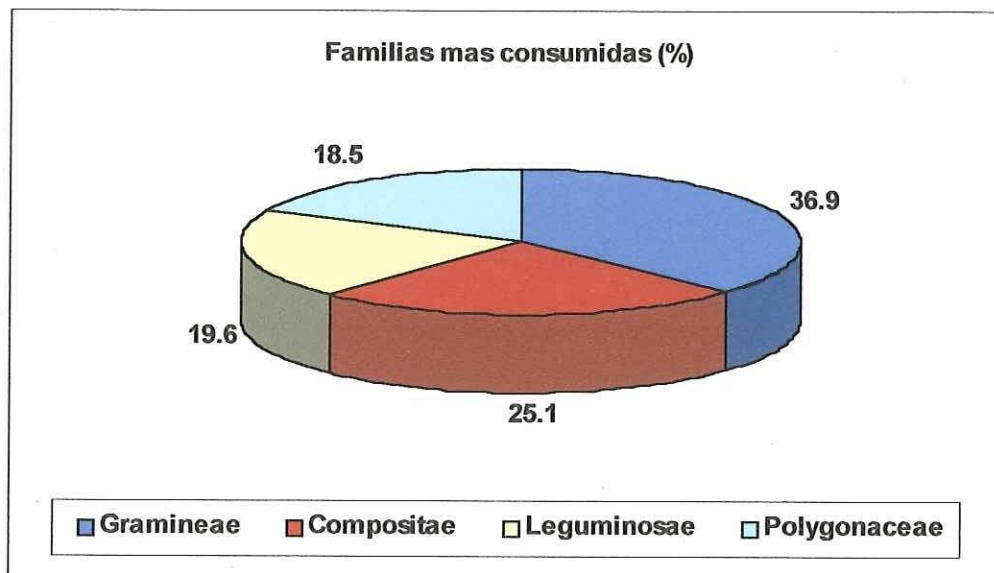
#### Mártir

Especie	Frecuencia	
<i>Bromus ciliatus</i>	32.4	■ Especies más consumidas
Gramínea 1(NI)	26.8	
<i>Erioneuron pulchellum</i>	15.5	
<i>Blefaroneuron tricholepsis</i>	11	■ Especies menos consumidas
Gramínea 2(NI)	6.9	
Pasto indeterminado	6.9	
<i>Cynodon dactylon</i>	5.4	

En este cuadro, además de observarse desde los pastos más consumidos hasta los menos utilizados, se puede apreciar que no se llegó a determinar las especies de todos los pastos, por lo que se resolvió indicarlos como familias (Gramínea 1 y 2) o como indeterminados.

#### 6.2.3 Familias

Se registraron 33 familias en total (Anexo 2), de las cuales tan solo cuatro resultaron ser las más consumidas ( $p < 0.05$ ): las gramíneas, las compuestas, las leguminosas y las poligonáceas (Figura 10).



**Figura 10. Porcentaje de las familias más importantes por su consumo en la sierra San Pedro Mártir**

En esta figura se observa que el porcentaje más alto le corresponde a la familia de las gramíneas, seguida por las compuestas y por las leguminosas, respectivamente. La familia de las poligonáceas es la que queda en último término con un porcentaje de 18.5.

Las familias menos consumidas ( $p < 0.05$ ) que presentaron un porcentaje por abajo del 1% fueron: Fouquieriaceae, Ericaceae, Liliaceae y Ranunculaceae.

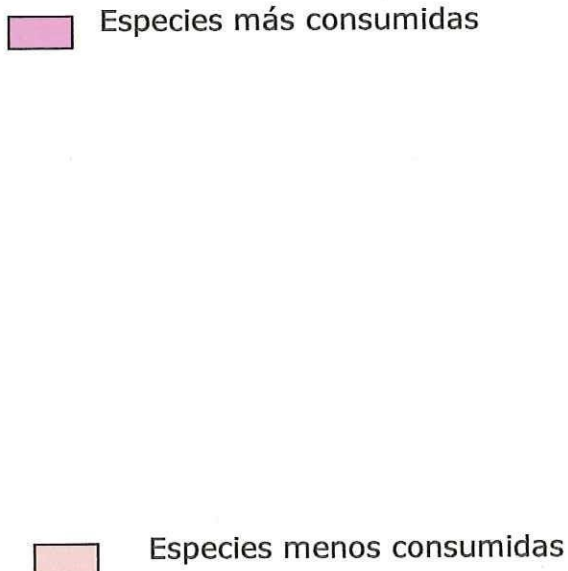
#### **6.2.4 Especies consumidas por hembras y machos en la sierra San Pedro Mártir**

Se determinaron las especies consumidas por las hembras, siendo las más importantes por su consumo la Graminae 1 no identificada (NI), *Ephedra*

*nevadensis*, *Ditaxis lanceolata*, *Lotus aff. rigidus*, *Pinus jeffreyi*, *Cardiospermum corindum*, *Eriodictyon angustifolium*, *Bromus ciliatus* (Cuadro VIII).

**Cuadro VIII. Especies vegetales consumidas por hembras en la sierra San Pedro Mártir**

Especie	Frecuencia
Gramínea 1(NI)	57.5
<i>Ephedra nevadensis</i>	43.4
<i>Ditaxis lanceolata</i>	43.2
<i>Lotus aff. rigidus</i>	38.6
<i>Pinus jeffreyi</i>	30.8
<i>Cardiospermum corindum</i>	26.2
<i>Eriodictyon angustifolium</i>	25.7
<i>Bromus ciliatus</i>	25
<i>Horsfordia newberryi</i>	24.9
<i>Erioneuron pulchellum</i>	20.5
<i>Ceanothus greggii</i>	18
<i>Galium wigginsii</i>	14.6
<i>Senecio spartioides</i>	11.3
<i>Quercus aff. Turbinella</i>	8.9
<i>Trixis californica</i>	6
<i>Salix exigua</i>	3.6
<i>Quercus peninsularis</i>	1



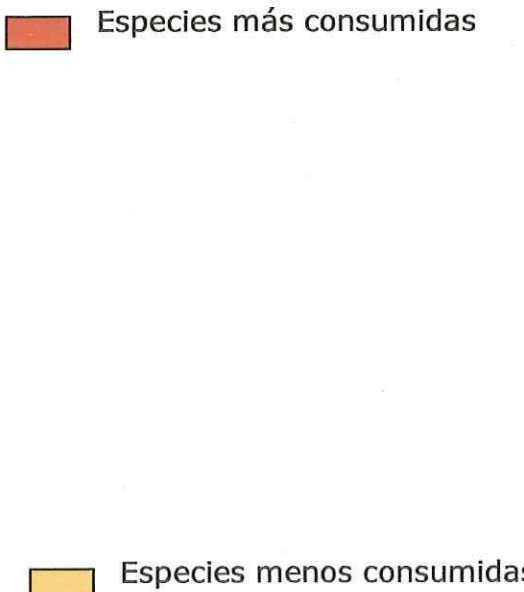
En el cuadro se observa a las plantas más consumidas por las hembras, siendo las ocho primeras las más importantes. Estas corresponden a la forma de vida de pasto, arbusto, hierbas, hierba, árbol, hierba, hierba y pasto, respectivamente. Con lo que se podría concluir que las hembras consumen preferentemente los pastos y las hierbas.

Por otro parte, se determinaron las especies mayormente consumidas por los machos, siendo las siguientes: *Quercus aff. turbinella*, *Ceanothus*

*greggii*, *Ditaxis lanceolata*, *Ephedra nevadensis*, *Bromus ciliatus*, *Eriodictyon angustifolium*, *Pinus jeffreyi*, *Lotus aff. rigidus* (Cuadro IX).

**Cuadro IX. Especies vegetales consumidas por machos en la sierra San Pedro Mártir**

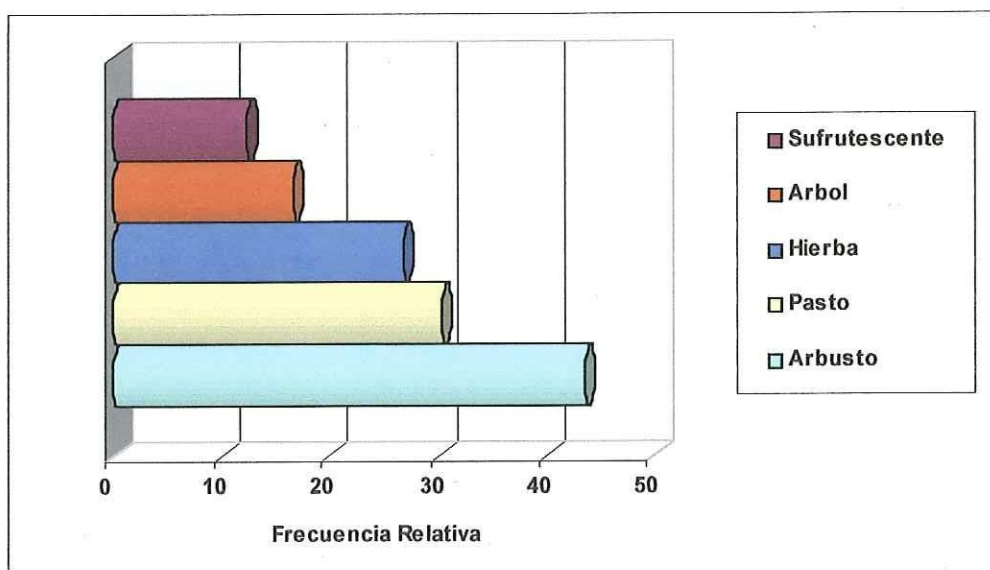
Especie	Frecuencia
<i>Quercus aff. turbinella</i>	53
<i>Ceanothus greggii</i>	52
<i>Ditaxis lanceolata</i>	49.1
<i>Ephedra nevadensis</i>	48.6
<i>Bromus ciliatus</i>	48
<i>Eriodictyon angustifolium</i>	47.8
<i>Pinus jeffreyi</i>	37.7
<i>Lotus aff. rigidus</i>	28.4
<i>Trixis californica</i>	27.5
<i>Cardiospermum corindum</i>	24
<i>Erioneuron pulchellum</i>	22.8
<i>Quercus peninsularis</i>	21
Gramínea 1(NI)	19.9
<i>Galium wigginsii</i>	15.9
<i>Horsfordia newberryi</i>	14.5
<i>Senecio spartioides</i>	13.8
<i>Salix exigua</i>	1



En el cuadro anterior se aprecian las especies vegetales desde las más consumidas hasta las menos consumidas. Son ocho las especies que se pueden considerar importantes por su consumo (las primeras ocho especies de la lista del cuadro), las que corresponden a las siguientes formas de vida: árbol, arbusto, hierba, arbusto, pasto, arbusto, árbol, hierba. Con esto, se podría decir que los machos consumen preferentemente arbustos.

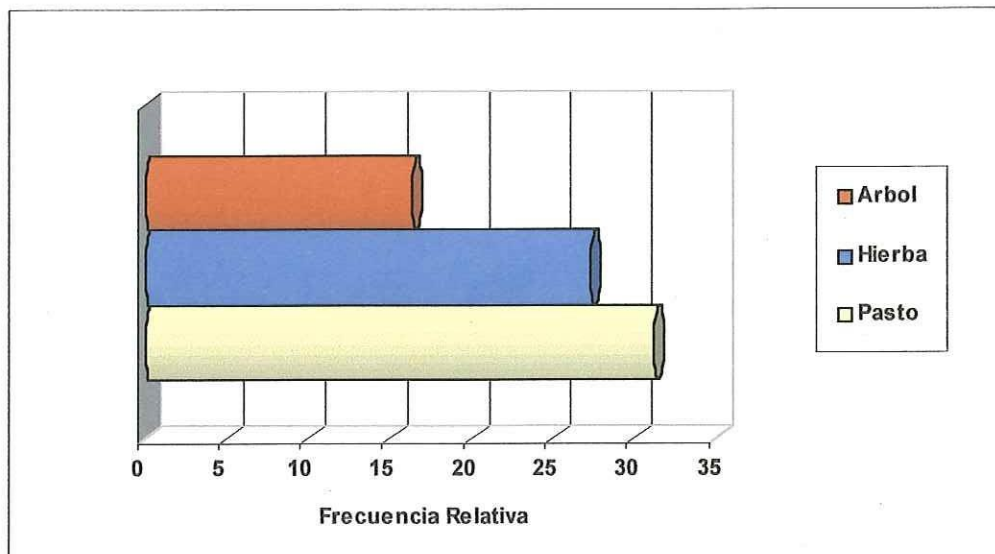
### 6.2.5 Preferencia del consumo de formas de vida por estación por parte del borrego cimarrón

A continuación se muestran las formas de vida más consumidas por el borrego cimarrón en cada una de las estaciones:



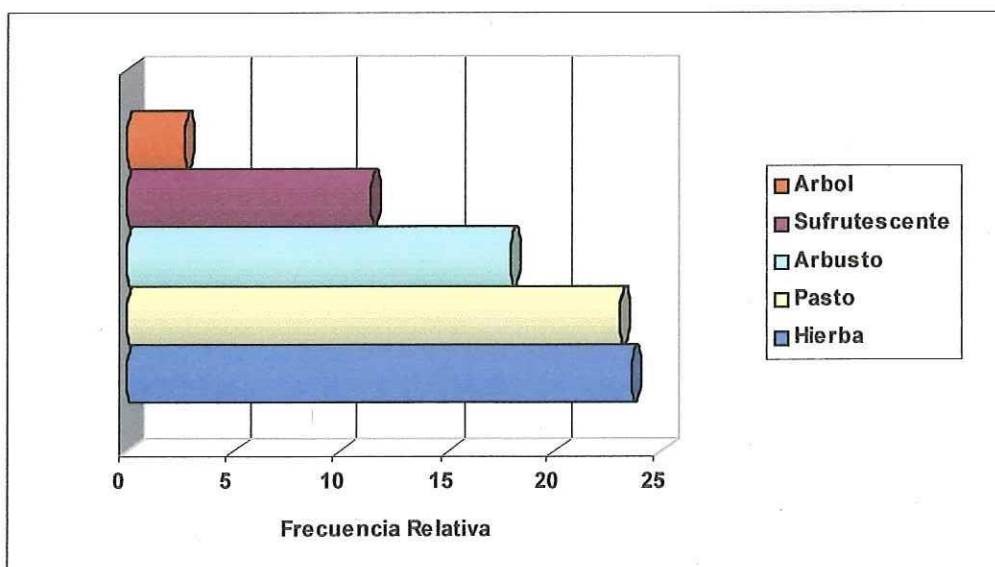
**Figura 11. Formas de vida consumidas en primavera por los borregos en la sierra San Pedro Mártir**

En esta figura, se puede observar claramente que en primavera los borregos prefieren los arbustos, seguido de los pastos y que además se presentan todos los niveles establecidos para las formas de vida (pasto, hierba, arbusto, árbol y sufrutescente), con excepción de la suculenta.



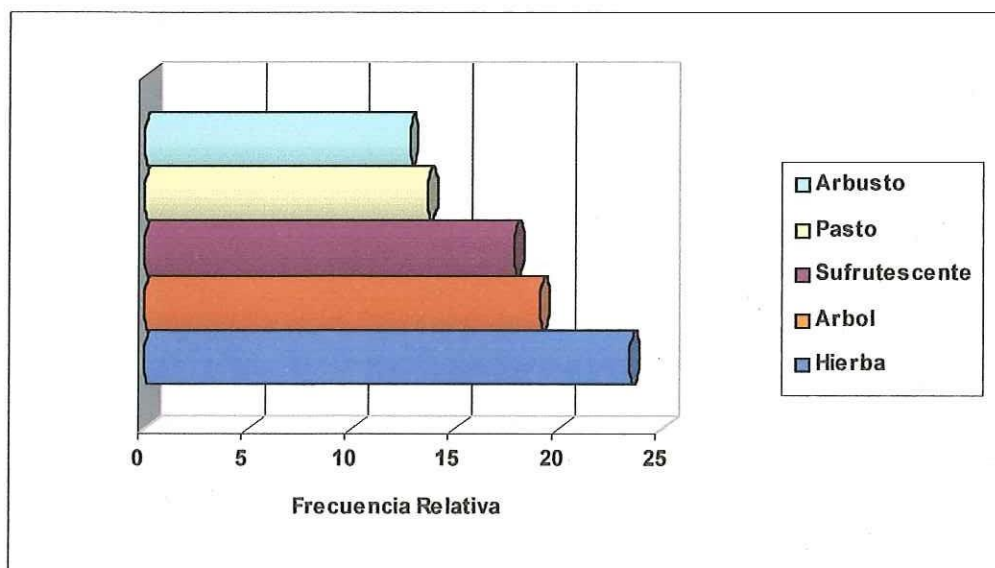
**Figura 12. Formas de vida consumidas en verano por los borregos en la sierra San Pedro Mártir**

En esta figura se observa que en esta estación solo se presentaron tres formas de vida (pasto, hierba y árbol), de las cuales los pastos fueron los más consumidos por el organismo, quedando en segundo término las hierbas.



**Figura 13. Formas de vida consumidas en otoño por los borregos en la sierra San Pedro Mártir**

Aquí, se puede observar que en otoño la preferencia por las hierbas es ligeramente mayor que la de los pastos y que al igual que la estación de primavera, se presentan todas las formas de vida, excepto la suculenta.



**Figura 14. Formas de vida consumidas en invierno por los borregos en la sierra San Pedro Mártir**

En la figura se ve que las hierbas son las preferidas por el borrego durante el invierno, seguida por los árboles y las sufrutescentes. En esta estación también se encuentran presentes todas las formas de vida, menos las suculentas.

### 6.3 Determinación de los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón

De los resultados del análisis del GLIM, de la segunda matriz en la que se incluyó cuatro factores (localidad, estación, sexo y formas de vida de las especies), se obtuvo una devianza total de 14597 con 108 grados de libertad.

La forma de vida fue la que explicó en un 43.5 % la dieta del borrego cimarrón, mientras que la estación y la localidad la explicaron en un 25.1 y 12.7 % respectivamente.

Se realizaron interacciones de segundo y tercer orden, siendo la localidad/sexo la única importante, ya que su porcentaje de explicación fue de 17.9. Todos los factores resultaron con diferencias significativas entre sus clases (Cuadro X). Para este caso el modelo resultante quedó de la siguiente manera: modelo = 1 + Loc + Est + FV + Loc/Sex

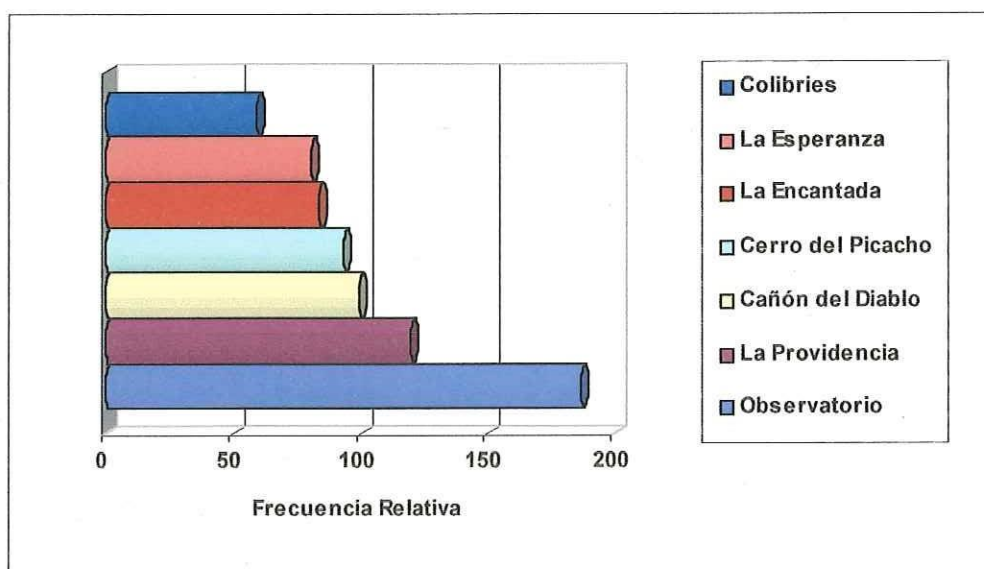
**Cuadro X. Porcentaje de explicación de la devianza total por factores**

Devianza total	14597		108 g.l.
FACTORES	% EXPLICACION	X <sup>2</sup> (0.05)	GRADOS DE LIBERTAD
LOCALIDAD	12.7	*	7
ESTACION	25.1	*	3
FORMA DE VIDA	43.5	*	5
LOCALIDAD/SEXO	17.9	*	8
<b>Devianza Explicada</b>	<b>99.2</b>		

\*(Significativo)

Dado que los factores arriba mencionados explican prácticamente el cien por ciento de la variación del sistema, se elaboraron figuras de cada uno de ellos con el propósito de dar una interpretación desde un punto de vista biológico al comportamiento de cada uno en relación a la dieta del borrego cimarrón, obteniéndose lo siguiente:

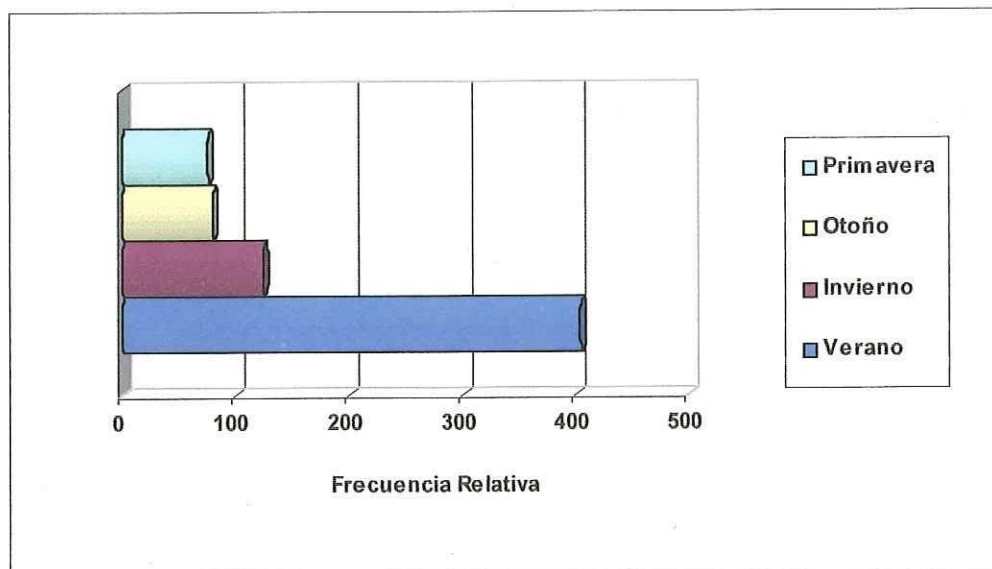
### 6.3.1 Localidades



**Figura 15. Consumo de recursos por localidad en la sierra San Pedro Mártir**

Se puede observar que el Observatorio difiere significativamente del resto de las localidades, por lo que es en ésta donde los borregos consumen una mayor cantidad de las especies que se encuentran disponibles en esta zona, mientras que en el resto de las localidades el consumo va disminuyendo.

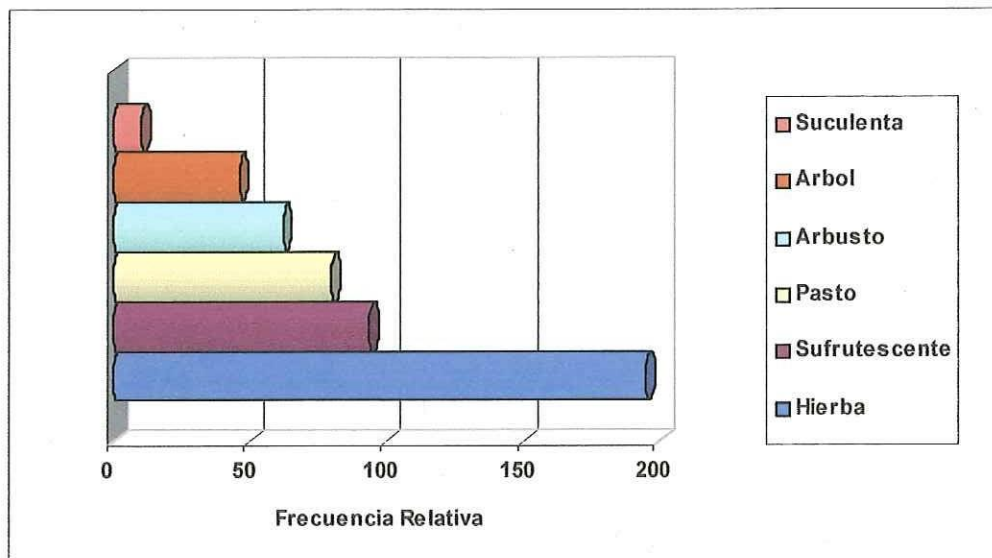
### 6.3.2 Estaciones



**Figura 16. Uso de los recursos por estación en la sierra San Pedro Mártir**

En la presente figura se ve que los hábitos alimentarios del borrego cimarrón varían a lo largo del año. Durante primavera y otoño, el organismo hace un uso muy semejante de los recursos que tiene disponibles en su hábitat, incrementándose éste en invierno y verano, siendo en esta última estación mucho más notorio el aumento.

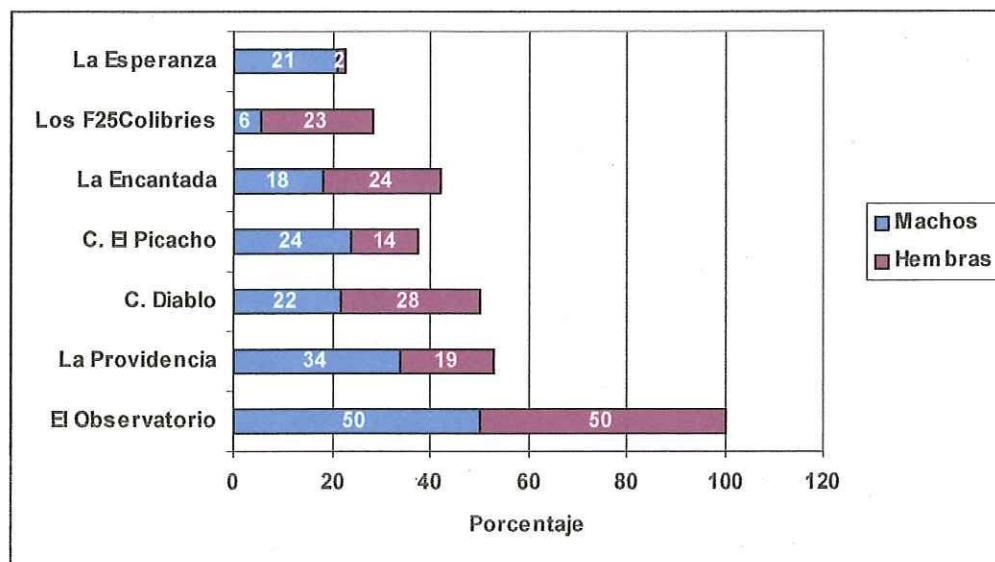
### 6.3.3 Forma de vida



**Figura 17. Consumo de forma de vida en la sierra San Pedro Mártir**

En la figura, se ve claramente que la forma de vida que más consume el borrego cimarrón es la herbácea, mientras que la menos consumida es la suculenta.

#### **6.3.4 Localidad por sexo**

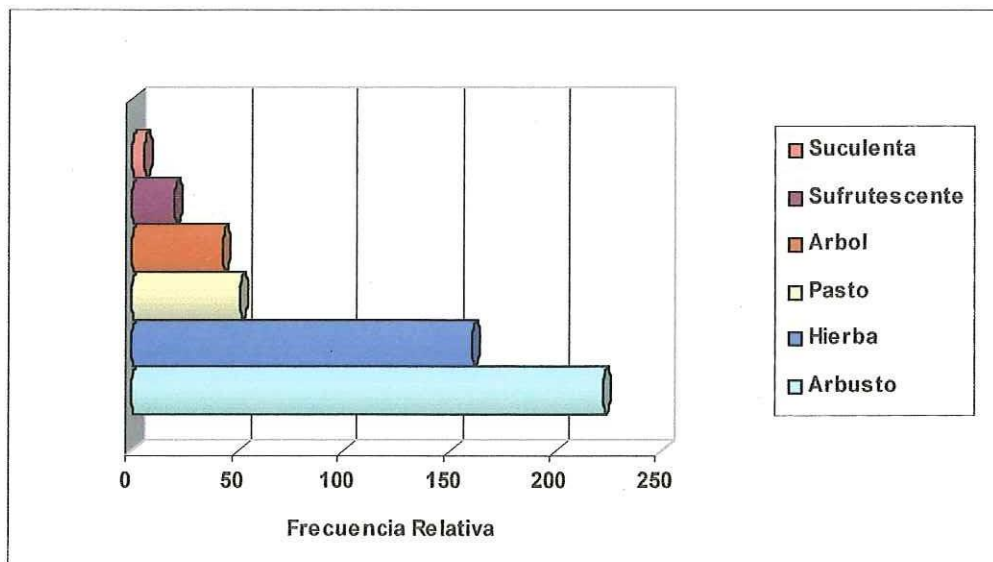


**Figura 18. Utilización de recursos por parte de hembras y machos en cada una de las localidades de la sierra San Pedro Mártir**

En esta figura se puede observar que en el Observatorio las hembras y los machos hacen uso de la misma cantidad de recursos, mientras que en las zonas de los cañones ambos sexos difieren significativamente en la utilización de éstos.

#### **6.4 Determinación de las formas de vida más consumidas por los machos del Cañón del Diablito**

En el Cañón del Diablito, localidad que se analizó por separado, se encontró que durante el invierno (estación en la que fue muestreada esta área) los borregos machos prefieren alimentarse principalmente de arbustos y en segundo término de hierbas (Figura 19).



**Figura 19. Consumo de formas de vida en la temporada invernal en el Cañón del Diablito en la sierra San Pedro Mártir**

En esta figura se observa que los arbustos es la forma de vida que más consume los borregos machos en esta localidad, seguida por las hierbas.

Además de que en esta figura se encuentran representados los seis niveles establecidos para las formas de vida (arbusto, hierba, pasto, árbol, sufrutescente y suculenta).

## **7. DISCUSION**

### **7.1 Colección de referencia**

El utilizar un catálogo de fotografías de estructuras celulares (Colección de referencia de las especies de la sierra San Pedro Mártir) para la determinación de la dieta del borrego cimarrón, es algo nuevo. No existe ninguna referencia de análisis fecal en el que se haya utilizado este método.

Los resultados de este trabajo muestran que puede ser de gran utilidad para que una persona que no tiene experiencia en la identificación a este nivel, se familiarice con los tipos de estructuras celulares, que son las que se observan en la muestra problema, además de facilitarle el proceso de identificación debido a que no es necesario tener todas las laminillas de la colección de referencia disponibles para estarlas cambiando constantemente hasta encontrar una estructura similar a la que se está observando en la muestra problema como se lleva a cabo en el método tradicional, tan solo se necesita observar las estructuras celulares de la muestra problema e ir comparándolas con las del catálogo, hoja por hoja, señalando aquellas que son semejantes y, en función de un conjunto de estructuras, llegar a determinar la especie. Por otro lado, el no tener la necesidad de montar laminillas para la colección de referencia, se traduce en un ahorro de tiempo, por lo que éste se puede invertir en elaborar laminillas de las muestras problema.

## **7.2 Determinación de los hábitos alimentarios del borrego cimarrón**

La mayoría de los trabajos que se han realizado sobre los hábitos alimentarios del borrego cimarrón, son de tipo descriptivo, es decir, solo mencionan las especies que consumen o en qué porcentajes consumen las diferentes formas de vida como pastos, hierbas y arbustos (Yoakum, J. 1962; Brown, R. M. y R. P. McQuivey, 1976; Brown, R. M. D.D. Smith y R. P. Mcquivey, 1977). La diferencia de éstos con el presente trabajo, radica en que los resultados obtenidos no sólo se describen, sino que se analizan. Por lo tanto, estamos hablando de dos tipos de estudios: los descriptivos y los analíticos, los cuales, en muchas ocasiones, resulta difícil realizar una comparación entre ellos. Es por esto que la mayor parte de los resultados que se presentan aquí, se sustentan principalmente en una integración de la información recabada en el campo y de los diferentes trabajos realizados en la sierra San Pedro Mártir (Escoto, R. M. 1994; Montoya, L. M. 1998; Ayala, C. S. 2000; Cruz, V. D. 2000).

### **7.2.1 Especies**

Debido a la diversidad de los hábitos alimentarios, el borrego cimarrón se considera una especie generalista (Gildart, B. 1999). Este comportamiento se puede observar claramente en la figura 4; en ésta se presentan las diecisiete especies más importantes por su consumo en donde se repiten los porcentajes, lo que indica que al borrego le da lo mismo alimentarse de una especie que de

otra. Por otro lado, en el cuadro III, en donde se muestran las especies consumidas por el organismo, se puede ver que dentro de las diecisiete especies, se encuentran representadas casi todos los tipos de formas de vida (hierbas, pastos, arbustos y sufrutescentes), con excepción de las suculentas, lo que también evidencia el comportamiento generalista.

### **7.2.2 Formas de vida**

#### **Hierba**

De las hierbas que fueron más consumidas por el borrego cimarrón (*Ditaxis lanceolata*, *Galium wigginsii*, *Cardiospermum corundum*, *Lotus aff. rigidus* *Phlox austromontana* y *Lotus aff. argophyllus*) la mayoría resultaron ser perennes, con excepción del género *Lotus* (Cruz, V. D. 2000). Esto puede deberse a la disponibilidad de las plantas, ya que las anuales solo están presentes durante la primavera y el verano, mientras que las perennes se encuentran disponibles a lo largo del año (Cruz, V. D. 2000).

#### **Arbusto**

En el cuadro V se presentan los arbustos que de acuerdo a la información obtenida por Cruz, V. D., 2000, son perennes.

De los arbustos más consumidos por el borrego cimarrón (*Ephedra nevadensis*, *Eriodyction angustifolium*, *Senecio spartioides*, *Ceanothus greggii*, *Eriogonium fasciculatum*, *Simmondsia chinensis*), el más importante posiblemente sea la jojoba, dado que en algunos estudios realizados en California, consideran a esta especie como clave en la dieta del borrego

(Browning, Jones *et. al.*, 1957, Jorgerson y Turner, 1972), además, de que es considerada como un alimento de aceptable calidad nutricional debido a que presenta un alto contenido de lípidos (39.14%) y de proteínas (29.13%) (Lucero, J. E. 1995). Otro arbusto que podría ser considerado como importante es *Ephedra nevadensis*, ya que, si bien, en la mayoría de los estudios sobre los hábitos alimentarios del borrego no se menciona esta especie en particular (con excepción del trabajo realizado por Deming, 1953), el género *Ephedra* sí es mencionado constantemente (Wilson, 1968; Deming, V. O. 1953; Barret, H. R. 1961; Dunaway, J. D. 1972; Brown R. M. y R. P. McQuivey, 1976; Brown, R. M. Smith y R. P. McQuivey, 1977; Ginnett, F. T. y L. C. Douglas, 1982).

Probablemente este género le resulte más palatable al borrego o posea propiedades de alto contenido nutricional como el caso de la jojoba.

### **Pasto**

Para el caso del área de pinos, se observaron borregos alimentándose de dos tipos de pasto: *Bromus ciliatus* y *Blefaroneuron tricholepsis* (com. pers. Acosta A), lo cual fue confirmado en la determinación de la dieta.

Se encontró que existe una clara preferencia hacia *Bromus ciliatus*, que es anual, posiblemente éste le resulte más palatable al organismo que la especie *Blefaroneuron tricholepsis* (pasto perenne) que se encuentra disponible a lo largo del año ( Cruz, V. D. 2000)

En la zona de cañones, es difícil determinar que especies de pastos resultan importantes en la dieta del organismo, con excepción de *Erioneuron*

*pulchellum*. Hay tres casos en los que no se logró determinar la especie como en el de las Graminae 1 y 2 y el pasto indeterminado. La especie *Cynodon dactylon* (pata de gallo), es una especie introducida (Seegmiller, F. R. y R. D. Ohmart, 1975), la cual es consumida, aunque en menor grado, por el borrego.

Tal vez sería interesante hacer un estudio bromatológico de este pasto en particular y conocer hasta qué punto le resulta benéfico al organismo, dado que no es una especie nativa y que además ha sido reportada como una especie importante en los hábitos alimentarios del borrego (Seegmiller, F. R. y R. D. Ohmart, 1975).

### **7.2.3 Familias**

De las cuatro familias reportadas en la figura 4, tres se presentaron de manera constante a lo largo del año: las gramíneas, las compuestas y las leguminosas. Esto muy probablemente se debe a que en la sierra San Pedro Mártir son las familias más comunes y que tienen una amplia variedad de géneros, más que otras familias (Cruz, V. D. 2000).

### **7.2.4 Especies consumidas por hembras y machos**

Tanto las hembras como los machos consumen las mismas especies (Cuadro VIII y IX), sin embargo, ambos sexos las utilizan de manera distinta.

Además las hembras probablemente presentan una mejor calidad nutricional ya que las especies que más consumen son hierbas y pastos, mientras que las especies que los machos consumen son principalmente arbustos. Esto quiere decir que sí existen diferencias en los hábitos

alimenticios entre los sexos y que son las hembras las que se alimentan principalmente de pastos y no los machos como lo indican muchos de los estudios realizados en este tópico en particular (Barret, H. R. 1964; Yoakum, J. 1966; Wilson, 1968; Brown R. M. y R. P. McQuivey, 1976); Sánchez, D. R. 1976; Brown, R. M., D. D. Smith y R. P. McQuivey, 1977;). Dado que las hembras son las encargadas de mantener la progenie de la población y de acuerdo a los resultados de la investigación realizada por Ayala, C. S. (2000), en donde se evidencia la presencia de organismos reproductivos la mayor parte del año llegando a presentar dos periodos de nacimientos y no uno como se ha manejado tradicionalmente, es completamente congruente que éstas busquen obtener una mejor nutrición que el sexo opuesto, que es precisamente lo que reflejan los resultados aquí expuestos.

#### **7.2.5 Preferencia del consumo de las formas de vida por estación por parte del borrego cimarrón**

Durante la primavera la forma de vida más consumida por los borregos fue la arbustiva. Posiblemente esto se deba a que es en esta época cuando los arbustos empiezan a obtener un nuevo follaje o a florecer (Deming, V. O. 1953); como es el caso de *Ephedra nevadensis* (arbusto significativamente consumido) que florece entre marzo y abril (Wiggins, I.1980; Hickman, J. L.1993), por lo que los borregos pueden aprovechar estos recursos que les brindan una mejor calidad nutricional.

Los pastos y las hierbas son los más consumidos en la estación de verano.

De alguna manera, estos resultados reflejan la estructura vegetal del Observatorio, ya que los pastos y las hierbas empiezan a surgir desde la primavera, y hay un segundo afloramiento durante el verano, siendo los brotes de pastos los predominantes (Cruz, V. D. 2000). Posiblemente debido a la disponibilidad de estos recursos es que los borregos consumen una mayor cantidad de estas formas de vida. Por otro lado, en el área de cañones, es en verano cuando ocurren las lluvias (Minnich R. *et al.* 1993) y por lo tanto es cuando empiezan a surgir nuevos individuos de las especies vegetales, por lo que podría ser que el borrego se alimente principalmente de pastos e hierbas al igual que los borregos del Observatorio.

En el otoño los borregos consumen casi la misma cantidad de hierbas que de pastos, posiblemente porque todavía se estén alimentando de los remanentes que quedan de la temporada de primavera y verano, que es cuando hay una mayor disponibilidad de los recursos (Deming, V. O. 1953; Cruz, V. D. 2000).

Durante el invierno preferentemente consumen hierbas, tal vez porque al caer la nieve los borregos buscan alimentarse de las hierbas que están debajo de ésta (Geist, V. 1971). La segunda forma de vida más consumida por los borregos en esta temporada son los árboles. Se ha encontrado que el borrego consume pino (Barret, H. R. 1964), los cuales mantienen su follaje a lo largo del año, por lo que en las zonas del Observatorio y del Cerro del Picacho, los borregos se alimentan de estos árboles, mientras que en la zona de cañones

posiblemente se alimenten de algunos árboles del género *Quercus*, los cuales mantienen su follaje a lo largo del año (Wiggins, I. 1980; Hickman, J. L. 1993).

Aunque en términos generales, en la temporada invernal se va a alimentar de lo que encuentre disponible en esos momentos (Deming, 1953) independientemente del lugar. De hecho se sabe que el borrego en invierno se mueve a diferentes lugares donde la nieve esté suave (para poder romper el hielo y así alimentarse) o donde no haya caído, con el propósito de encontrar alimento (Geist, V. 1971).

### **7.3 Determinación de los factores que influyen en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón**

Se logró determinar que los hábitos alimentarios del borrego son explicados de manera significativa ( $p < 0.05$ ) por tres factores y una interacción de segundo orden (localidad, estación, formas de vida y localidad/sexo):

#### **7.3.1 Localidades**

Para el caso de las localidades, se encontró que el Observatorio es la zona donde consumen una mayor cantidad de las especies que se encuentran ahí. Esta zona se encuentra ubicada aproximadamente en los 2000 y 2500 m.s.n.m., debido a esto, la captación de agua tanto de las lluvias de verano como de las de invierno, es mucho mayor que en zonas con altitudes más bajas (Minnich R. *et al.* 1994; Escoto, R. M. 1994) por lo que probablemente los recursos estén disponibles a lo largo del año lo que

sugiere que los organismos no tienen la necesidad de emigrar a otras zonas en busca de alimento.

Por otra parte, en las zonas de cañones los recursos se encuentran disponibles sólo en ciertas épocas del año, debido a que las lluvias ocurren principalmente durante el verano, mientras que en invierno la mayor precipitación ocurre en las partes más altas, formándose tan solo una sombra de lluvia en la vertiente este (Minnich R. *et al.* 1994), que es donde se ubican las zonas de los cañones, o sea, que durante el invierno no existe una precipitación como tal, por lo que los recursos pueden empezar a escasear debido a la falta de agua y a las bajas temperaturas ( $-1.5^{\circ}\text{C}$ ), además de que las evidencias (como por ejemplo excretas frescas) encontradas en el campo sugieren que los borregos bajan a los arroyos en donde encuentran especies de las cuales alimentarse. Tal vez la disminución del consumo de especies en los cañones, se deba precisamente a la fluctuación de la disponibilidad de recursos a lo largo del año.

La zona del Cerro del Picacho, también refleja una menor cantidad de consumo de especies. Esto podría deberse a que cuando se visitó esta zona, se encontraron varios parches de vegetación consumidos por el fuego (el incendio ocurrió entre 1997-1998). Es importante mencionar que el fuego es un factor que modifica la estructura del hábitat. Este modifica la cobertura vegetal e incluso puede llegar a variar la composición de especies (Montoya,

L. M. 1998), lo que finalmente repercute en una disminución de la disponibilidad de recursos en el área. Esto no quiere decir que el fuego sea del todo perjudicial para el borrego, dado que éste permite mejorar la calidad del alimento en las áreas que han sido incendiadas (Montoya, L. M. 1998), aunque esto va a depender de la intensidad y frecuencia de los incendios.

### **7.3.2 Estaciones**

Es en primavera cuando nuevas especies empiezan a surgir en la sierra San Pedro Mártir, la producción puede ser mucha o poca dependiendo de lo que haya llovido durante el invierno. El segundo surgimiento de vegetación se da durante el verano, después de las lluvias que ocurren en esta estación (Cruz, V. D. 2000), por lo que es en esta época cuando el borrego cimarrón tiene una mejor oferta de recursos, de ahí que los resultados indiquen la presencia de un mayor uso de éstos en esta temporada. Esto coincide con lo reportado por Deming, V. O. (1953), el cual establece que es en verano cuando el borrego cimarrón tiene una amplia variedad de alimento.

En segundo término se encuentra la estación invernal, en donde el organismo utiliza más recursos comparado con el de la estación de otoño y primavera. En este caso pasa lo contrario que en verano, es decir, la oferta de recursos es muy pobre por lo que el organismo se ve en la necesidad de alimentarse de lo que encuentre (Deming, V. O. 1953), lo que se ve reflejado en un aumento del uso de especies consumidas.

Durante la primavera y el otoño, probablemente los borregos centren su actividad de alimentación sobre especies de plantas que presentan una mejor calidad nutricional a diferencia de las otras dos estaciones en las que utilizan un mayor espectro de plantas. Durante la primavera se pueden alimentar de brotes que son ricos en proteínas, como lo indica Deming, V. O. (1953) en su estudio donde observó como los borregos se alimentaban de flores, brotes o vainas en la temporada primaveral.

Por otro lado, en la estación de otoño puede ser que el organismo se alimente de algunas hierbas o pastos producto del verano que todavía se encuentren presentes en el lugar.

### **7.3.3 Formas de vida**

En el caso del presente trabajo, se encontró que la forma de vida más consumida fue la herbácea, probablemente porque éstas son las que predominan (Cruz, V. D. 2000). Por otro lado, con base en las observaciones realizadas en campo, es muy probable que las hierbas también sean las predominantes en la zona de cañones.

La otra forma de vida preferida por los borregos resultó ser la sufrutescente. Esta preferencia posiblemente se deba a que este tipo de plantas presenta características entre hierba-arbusto, o sea, que son leñosas en su base pero no en la parte aérea, por lo que se podría pensar que es precisamente esta parte la que consumen. Este resultado no es comparable con ninguno de los estudios realizados sobre los hábitos

alimentarios de borrego cimarrón (Dunaway, J. D. 1972; Sánchez, D. R. 1976; Seegmiller, F. R. y R. D. Ohmart 1981) ya que estos solo consideran tres categorías de formas de vida: pastos, hierbas y arbustos.

Los pastos son los que quedan en tercer término, lo cual podría contrastar con muchas de las publicaciones relacionadas con los hábitos alimentarios del borrego cimarrón que consideran que la forma de vida preferida por éste son los pastos (Barret, H. R. 1964; Yoakum, J. 1966; Wilson, 1968; Brown, R. M. y R. P. McQuivey, 1976, Sánchez, D. R. 1976; Brown, R. M., D. D. Smith y R. P. McQuivey, 1977).

Para este caso en particular, el hecho de que los pastos no resulten ser la principal fuente de alimento para el borrego, se puede relacionar con la heterogeneidad que presenta la sierra San Pedro Mártir y con la poca disponibilidad de pastos en la zona (Cruz, V. D. 2000).

#### **7.3.4 Localidad por sexo**

Para este caso se encontró que tanto las hembras como los machos utilizan la misma cantidad de recursos en el Observatorio, esto puede deberse a que, como ya se mencionó con anterioridad, esta área al parecer presenta una disponibilidad continua de recursos a lo largo del año, por lo que tanto hembras como machos podrían tener la misma oportunidad de encontrar alimento. Otra posible explicación a esta igualdad en la cantidad de recursos usados probablemente se debe a que se tiene casi el mismo

número de heces fecales de hembras y machos en el Observatorio (153 y 157 respectivamente) (Ayala, C. S. 2000).

En el área de cañones la utilización de recursos varió entre ambos sexos, posiblemente esto pueda estar relacionado con los eventos reproductivos que ocurren a lo largo del año.

Ayala C. S. (2000), cita en su trabajo la posibilidad de que existan dos eventos reproductivos a lo largo del año: uno en otoño (septiembre-noviembre), naciendo los corderos en la temporada invierno-primavera (febrero-abril); y otro en verano (junio-agosto), naciendo los corderos en invierno (noviembre-diciembre). Al nacer los corderos es cuando las hembras se encuentran en periodo de lactancia, por lo que podría ser que este sexo se vuelva más selectivo con el fin de obtener la mayor cantidad de nutrientes que le permite criar exitosamente a su descendencia, ya que según estudios realizados en distintos mamíferos (ratas, monos, borregos, etc.), es durante la lactancia cuando las hembras demandan una gran cantidad de energía y nutrientes, y las reservas de lípidos que generan durante la preñez como un suplemento extra de energía, va disminuyendo conforme amamanta a sus crías (Bronson, F. H. 1989).

El cañón de La providencia muestra un menor uso de recursos por parte de las hembras, esto puede deberse a que la localidad se muestreó en el mes de diciembre, que coincide con la época de nacimiento de los corderos y, por lo tanto con el periodo de lactancia, en donde al parecer la

alimentación por parte de las hembras es más selectiva que la de los machos. Por otro lado, la proporción de sexos resultó sesgada hacia las hembras (8 hembras y 18 machos; Ayala, C. S. 2000), lo que también podría influir en los resultados, viéndose reflejada la mayor utilización de recursos por parte de los machos.

El Cañón del Diablo y La Encantada se visitó en tres ocasiones: en el mes de enero, febrero y octubre; y en el mes de febrero, marzo y octubre respectivamente. Durante los meses de enero a marzo, las hembras están en periodo de lactancia, mientras que en octubre se encuentran en la temporada de apareamiento. Los resultados de estas localidades muestran una mayor utilización de los recursos por parte de las hembras (para ambos casos). En estos resultados posiblemente influyó el hecho de no analizar los datos de los dos periodos (lactancia y apareamiento) de manera independiente y por tal motivo no se refleja una selectividad de las hembras por los recursos.

En la localidad de Los Colibríes, son las hembras las que hacen un mayor uso de los recursos. Dado que en el mes de octubre (fecha en la que se muestreó el área) es cuando las hembras se encuentran en la temporada de apareamiento, posiblemente su dieta no es tan selectiva como durante la lactancia, por lo que la cantidad de especies utilizada se podría incrementar.

Los resultados del Cañón de la Esperanza muestran que los machos utilizan más recursos que las hembras. Para este caso en particular, pueden

influir dos cosas en los resultados obtenidos; por un lado, el hecho de que la zona se visitó en el mes de enero (temporada de lactancia y por lo tanto posible selectividad de especies vegetales con altos contenidos nutricionales) y por otro lado, la baja proporción de hembras presentes en esta localidad (2 hembras y 6 machos; Ayala, C. S. 2000).

### **7.3.5 Determinación de las formas de vida más consumida por los machos del Cañón del Diablito**

Los machos de esta localidad consumieron una mayor cantidad de arbustos y en segundo término se alimentaron de hierbas; esto posiblemente esté relacionado a la disponibilidad de recursos. Como ya se mencionó con anterioridad, durante el invierno es cuando los recursos escasean; los arbustos son perennes (Wiggins, I. 1981; Cruz, V. D. 2000) y por lo tanto una fuente de alimento para el borrego en esta temporada crítica. Además, en la zona de cañones algunas hierbas florecen en invierno como *Ditaxis lanceolata* (Wiggins, I. 1980; Hickman, J. L. 1993) o florecen a lo largo del año como por ejemplo *Cardiospermum corindum* (Wiggins, I. 1980; Hickman, J. L. 1993).

## 8. Conclusiones

- El análisis fecal es un método útil y confiable para determinar los hábitos alimentarios del borrego cimarrón. A diferencia de otros métodos, éste tiene la ventaja de que las heces fecales son usualmente disponibles y no se necesitan ejemplares para lograr determinar los hábitos alimentarios de la especie.
- El catálogo fotográfico de estructuras celulares de 90 especies de plantas colectadas en la sierra San Pedro Mártir es una importante aportación de este trabajo.
- El borrego consumió un total de setenta y dos especies, de las cuales diecisiete resultaron ser las más importantes.
- La forma de vida más consumida por el borrego cimarrón es la herbácea.
- Las familias que los borregos consumen a largo del año de manera constante son las gramíneas, las compuestas y las leguminosas.
- Las hembras y los machos consumen las mismas especies vegetales, pero difieren en el uso de éstas.
- Durante la primavera el borrego prefiere alimentarse de arbustos, en el verano de pastos, en otoño consume casi la misma cantidad de pastos que de hierbas y en invierno prefiere las hierbas.
- Los factores que explican de manera significativa los hábitos alimentarios del borrego cimarrón son la localidad, la estación, la forma de vida y la interacción de segundo orden localidad por sexo.

## 9. Recomendaciones

- La mayoría de los estudios sobre los hábitos alimentarios de borrego cimarrón se han realizado principalmente en E.U.A., por lo que se sugiere realizar más estudios en México con relación al tema, sobre todo en Baja California que es donde se encuentra la subespecie probablemente mejor conservada (*Ovis canadensis cremnobates*) en México.
- Se sugiere realizar estudios de abundancia de las principales especies consumidas por el borrego cimarrón, que complementen los resultados obtenidos en la presente tesis y que sirvan como base para el manejo de este organismo en lo que respecta a sus hábitos alimentarios.
- Existe una escasez de estudios bromatológicos con relación a las especies consumidas por el borrego cimarrón, por lo que se recomienda retomar al menos las diecisiete especies más importantes con el fin de determinar el aporte nutricional de éstas a la dieta del organismo, ya que esto permitiría proponer estrategias de manejo de algunas de estas especies con el propósito de mejorar la alimentación de la población.
- Debido a que las hembras son las encargadas de procrear y de cuidar la descendencia de la población, se recomienda realizar un estudio en el cual se determinen los requerimientos nutricionales durante la preñez y principalmente durante el periodo de lactancia (que es el más crítico), con el fin de proponer estrategias de manejo encaminadas a proporcionar una

mejor disponibilidad de recursos nutritivos para la hembra que le permita criar a sus corderos exitosamente.

## 10. PROPUESTAS DE MANEJO BASADAS EN LOS HABITOS ALIMENTARIOS DEL BORREGO CIMARRON

- La alimentación del borrego cimarrón debe ser manejada con base en la gama de especies significativamente más consumidas y en los diferentes tipos de forraje (pastos, subarbustos o sufrutescentes, arbustos, hierbas y suculentas) que consume, debido al comportamiento generalista que este organismo presenta, por lo que la alimentación no se puede restringir o basar en una o dos especies, ni mucho menos limitar al borrego ofreciéndole un solo tipo de forraje en particular (como por ejemplo solamente pastos).
- En el presente trabajo se encontró que las diecisiete especies significativamente más importantes, son consumidas tanto por las hembras como por los machos (aunque las utilizan de manera diferente), por lo que se debería realizar un monitoreo de estas especies con el propósito de conocer su distribución y abundancia espacial y temporalmente, para de esta manera, mantener e incluso mejorar la alimentación preferencial del borrego, ya que posiblemente estas especies le brinde una mejor calidad nutricional que el resto de las plantas que no fueron significativamente consumidas.
- Las localidades son un factor importante en los hábitos alimentarios del borrego cimarrón; dentro de estas localidades, El Observatorio es una zona clave, debido a que al parecer los recursos están disponibles a lo largo del

año, por lo que se debería mantener intacto este hábitat como una estrategia de manejo para la conservación de la población.

➤ Debido a que se documentó la posibilidad de que existan dos eventos reproductivos (verano y otoño), es importante que las hembras cuenten con la disponibilidad de recursos necesarios para poder subsistir durante el periodo de preñez y sobre todo, durante el periodo de lactancia, por lo que se sugiere realizar un manejo de especies como *Ephedra nevadensis*, *Ditaxis lanceolata*, *Lotus aff. rigidus*, *Cardiospermum corindum*, *Eriodictyon angustifolium* y *Bromus ciliatus*, con el propósito de aumentar la disponibilidad de éstas ya que son las que mayormente consumen las hembras.

## 11. LITERATURA CITADA

📖 Aguilar, R. J. 1991. La Interesante Historia del Borrego Cimarrón en Baja California. Revista de divulgación científica, volumen 2. Facultad de Ciencias, Ensenada, Baja California. 3-7pp.

📖 Ayala, C. S. 2000. Desarrollo de una metodología para determinar los niveles de hormonas esteroidales (P,E,T) en excretas de la población de borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*) en la sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis para obtener el título de biólogo. Universidad Autónoma de Baja California. 111pp.

📖 Barret, H. R. 1964. Seasonal Food Habits of the Bighorn at the Desert Game Range, Nevada. Desert Bighorn Council. 85-93pp.

📖 Baumgartner, L. L., y A. C. Martín. 1939. Plant histology as an aid in squirrel food-habit studies. 3:266-268.

📖 Bronson, F. H. 1989. **Mammalian reproductive biology. The University of Chicago Press. Chicago y Londres. 325pp.**

📖 Brown, R. M. y R. P. McQuivey. 1976. Observations on the Food Habits of Desert Bighorn Lambs. Desert Bighorn Council. 40-41 pp.

📖 Brown, R. M.; D. D. Smith y R. P. McQuivey. 1956-1976. Food Habits of Desert Bighorn Sheep in Nevada, 1977. Desert Bighorn Council.

📖 Crawley, M. J. 1993. **Glim for ecologist. Blackwell Science Ltd. 379pp.**

📖 Cruz, V. D. Diagnósis de las formas de vida y biológicas de la flora vascular de la sierra San Pedro Mártir, Baja California. Tesis en curso para sustentar el grado de licenciatura. Univesidad Autónoma de Baja California.

📖 Deming, V. O. 1953. Some Bighorn Foods on the Desert Game Range. Desert Bighorn Council. 137-143pp.

📖 Dunaway, J. D. 1972. Winter Food Habits of California Bighorn Sheep un the Sierra Nevada. Desert Bighorn Council. 21-29pp.

📖 Dusi, J. L. 1949. Methods for the determination of food habits by plant microtechniques and histology and their application to cotton tail rabbit food habits. Journal of Wildlife Management. 13:295-298.

📖 Escoto, R. M. 1994. Balance del Agua del Suelo en tres Sitios de Estudio en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. Tesis para obtener el título de biólogo. Universidad Autónoma de Baja California. 96pp.

📖 Fish and Wildlife Service. 1949. Bighorn-Deer Food relationships Southern New Mexico. Journal of wildlife Management. 13 (4):417-419

📖 Gildart, B. 1999. Mountain Monarchs Bighorn Sheep. NorthWord Press. Minnetonka, Minnesota. 127pp.

📖 Geist, V. 1971. Mountain Sheep: A Study in Behavior and Evolution. The University of Chicago Press. Chicago. 383pp.

📖 Ginnet, F. T. y L. C. Douglas. 1982. Food Habits of Feral Burros and Desert Bighorn Sheep in Death Valley National Monument. Desert Bighorn Council. 81-86pp.

📖 Halloran, F. A. y H. B. Crandell. 1953. Notes on Bighorn Food in the Sonoran Zone. *Journal of wildlife Management*. 17(3):318-320.

📖 Hickman, J. L. 1993. **The Jepson Manual: Higher plants of California.** University of California press. California. 1237pp.

📖 Lucero, J. E. 1995. Determinación de la calidad nutricional de la flora utilizada como alimento por el grupo étnico Kolew de Arroyo de León, Baja California. Tesis para obtener el título de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. 92pp.

📖 Minnich, R; E. Franco-Vizcaino; J. Sosa Ramírez; M. G. Barbour; J. H. Burk and W.J. Barry. 1994. The Potential of the Sierra San Pedro Mártir as a Biosphere Reserve. Report to the Project on Natural Protected Areas of Mexico.

📖 Montoya, L. M. 1998. Evaluación del hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates* Elliot, 1903) con fines de manejo en la Sierra San Pedro Mártir, Baja California, México. Tesis para obtener el título de maestro en ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. 94pp

📖 Peinado, M.; F. Alcaraz; J. Delgadillo e I. Aguado. 1994a. Fitogeografía de la Península de Baja California, México. *Anales del Jard. Bot. MDRID* 51(2): 255-277.

📖 Peña, J. M. y R. Habib de Peña 1980. La Técnica Microhistológica. Serie Técnico Científica, volumen I. SARH..1-12 pp.

📖 Rodríguez, M. M. y G. Ruiz. 1993. Estudio poblacional y de hábitat del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis cremnobates*, Elliot 1904) en Cañada

Jaquejel y Arroyo Grande, Baja California, México: Periodo verano y otoño de 1992. Informe técnico final, convenio SEDESOL-UABC 8472. Ensenada Baja California. 9p.

📖 Sánchez, D. R. 1976. Analysis of Stomach Contents of Bighorn Sheep in Baja California. Desert Bighorn Council. 21-22pp.

📖 Schemnitz, D. S. 1980. Wildlife Management techniques manual. The Wildlife Society. Washington D.C. 113-115 pp.

📖 Seegmiller, F.R. y R. D. Ohmart. 1982. Desert bighorn lamb and adult-yearling diets from western Arizona. Desert Bighorn Council. 34-37pp.

📖 Todd y Hansen. 1973. Plant Fragments in the Feces of Bighorn as Indicators of Food Habits. Journal of Wildlife Management 37(3): 363-365.

📖 **Wiggins, I. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California. 1025 pp.**

📖 Yoakum J. 1966. Comparison of Mule Deer and Desert Bighorn Seasonal Food Habits. Desert Bighorn Council. 65-70pp.

📖 Yoakum, J. 1962. Bighorn Food Habit-Range Relationships in the Silver Peak Range, Nevada. Desert Bighorn Council. 95-102pp.

📖 Zuñiga, C. W. 1995. Obtención de una metodología de ordenamiento ambiental para un plan de manejo de la Cuenca de Santo Domingo, B.C. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias/UABC. 197 pp.



**Anexo 2**

Listado de las familias consumidas por el borrego cimarrón:

Acanthaceae

Agavaceae

Anacardiaceae

Brassicaceae

Burseraceae

Cactaceae

Compositae

Cyperaceae

Ephedraceae

Ericaceae

Euphorbiaceae

Fagaceae

Fouquieriaceae

Gramineae

Hidrophyllaceae

Labiatae

Leguminosae

Liliaceae

Malphigiaceae

Malvaceae

Nyctoginaceae

Pinaceae

Polemoniaceae

Polygonaceae

Polypodiaceae

Ranunculaceae

Rhamnaceae

Rubiaceae

Salicaceae

Sapindaceae

Saxifragaceae

Scrophulariaceae

Simmondsiaceae