

00377

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

EFFECTOS DE LA HERBIVORÍA DEL GANADO CAPRINO EN TRES ASOCIACIONES VEGETALES DEL VALLE DE TEHUACÁN, PUEBLA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

BIOL. TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS: Dr. ALFONSO VALIENTE BANUET

México D. F.

SEPTIEMBRE DE 2005

m. 349160



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



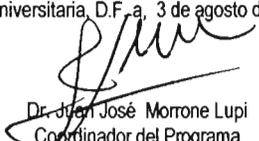
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 5 de julio del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del(a) alumno(a) Osorno Sánchez Tamara Guadalupe con número de cuenta 89230075 con la tesis titulada: "Efectos de la herbivoría del ganado caprino en tres asociaciones vegetales del Valle de Tehuacán, Puebla", bajo la dirección del(a) Dr. Alfonso Valiente Banuet.

Presidente: Dr. Alejandro Casas Fernández  
Vocal: Dr. Horacio Armando Paz Hernández  
Secretario: Dr. Alfonso Valiente Banuet  
Suplente: M. en C. Julia Carabias Lillo  
Suplente: Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F. a. 3 de agosto del 2005

  
Dr. Juan José Morrone Lupi  
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Tamara Gee Osorno Sánchez  
FECHA: 21 Septiembre 2005  
FIRMA: [Firma]

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a mi director de tesis, Dr. Alfonso Valiente Banuet, quien me apoyo para concluir esta investigación.

A mis sinodales: Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa, Dr. Alejandro Casas Fernández, Dr. Horacio Paz Hernández y la M en C. Julia Carabias Lillo por sus comentario que me permitieron mejorar este trabajo.

De manera especial agradezco el apoyo del Dr. Andrés Aluja Schunemann, quien participó como invitado en mi comité tutorial y quien me apoyo incondicionalmente.

Agradezco el apoyo de mis compañeros de laboratorio de Ecología de Comunidades: Adolfo, Amelia, Damián, Javier, Leticia, Lugini, Mónica, Nadia, Pedro y Rocío, y en especial a quienes me que me ayudaron en el trabajo de campo y en la elaboración de los mapas en Arc View: Alfonso Torres Ruiz, Jacinto Treviño Correón, José Arnoldo Flores Torres, Juan Pablo Castillo Landero y Ariel R. Alcántara Eguren.

A mamá Mica, a mi mamá Sandra del Carmen y mi Papá Marco Antonio por todo su amor y cuidados. A mis hermanas María de la Concepción, Anayeli y Belén, a mis tías: Sara, Silvia, Sonia y mi tío Dante Carlos y en general a toda mi familia por confiar en mi.

A mis amigas y amigos de toda la vida, por todo su cariño: Rosalba, Dania, Patricia, Saúl Segura, Ángel Serrano, Enrique Alzúa y a mis nuevas amigas y amigos.

Alfonso Torres Ruiz gracias por tu compañía y apoyo.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b> .....	<b>13</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>14</b>
ÁREA DE ESTUDIO.....	14
CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DEL GANADO CAPRINO EN SAN JUAN RAYA.....	16
<i>Determinación de rutas de manejo de hatos</i> .....	16
<i>Obtención del coeficiente de agostadero</i> .....	17
HÁBITO DE ALIMENTACIÓN DEL GANADO CAPRINO .....	18
ANÁLISIS DE LA REGENERACIÓN DE ESPECIES: FACILITACIÓN.....	19
DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD EN FUNCIÓN DE LA INTENSIDAD DEL FORRAJE0 .....	21
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DEL GANADO CAPRINO EN SAN JUAN RAYA.....	23
<i>Sistema de producción</i> .....	23
<i>Capacidad de carga del sistema y la intensidad de forrajeo</i> .....	27
HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN .....	31
ESPECIES FACILITADORAS.....	36
IMPACTO DEL FORRAJE0 EN LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LAS ASOCIADAS .....	38
DIVERSIDAD EN LAS ASOCIACIONES VEGETALES CANDELILLAR, IZOTAL Y TETECHERA BAJO DIFERENTES INTENSIDADES DE FORRAJE0.....	41
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>44</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>50</b>

## RESUMEN

La ganadería caprina siempre ha sido asociada a la degradación de las comunidades vegetales en zonas áridas y semiáridas, aún cuando los estudios que demuestran este efecto son muy escasos y los trabajos existentes se han referido sobretodo, a la dieta de estos rumiantes para mejorar los sistemas de producción. En esta tesis se evaluó el efecto del forrajeo del ganado caprino en los terrenos comunales del poblado de San Juan Raya, Puebla, con base en la caracterización del manejo del ganado por lo pobladores, la cual se basó en la georeferenciación de las rutas de recorrido, el tamaño de los hatos y las prácticas habituales de manejo. También se evaluó la selectividad en la dieta por parte de los caprinos. Se asumió una frecuencia aleatoria de consumo de plantas de acuerdo a la cobertura de las especies en tres asociaciones vegetales: tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis*, el izotal de *Yucca periculosa* y el candelillar de *Euphorbia antisiphilitica*.

Se esperaba que la diversidad de las asociaciones elegidas con condiciones ambientales similares cambiara en zonas con diferente intensidad de forrajeo y, por lo tanto, de sobrepastoreo. Asimismo, se esperaba que, dependiendo de la selectividad del forrajeo hacia ciertas especies, hubiera efectos en la diversidad al afectar indirectamente la regeneración de algunas especies, particularmente de las cactáceas que requieren de la facilitación.

Los resultados indican que el manejo de los hatos no sigue un patrón uniforme en los terrenos de San Juan Raya, concentrándose principalmente en pocos sectores de la propiedad comunal en donde predomina la tetechera de *N. mezcalaensis* y en menor proporción en el izotal y en el candelillar. La tetechera es la asociación vegetal más afectada ya que en sitios con una alta intensidad de forrajeo la diversidad es menor. En contraste, en el candelillar e izotal, donde la presión por herbivoría es moderada, la diversidad fue mayor en los sitios de pastoreo.

En estas asociaciones vegetales los caprinos seleccionan principalmente especies pertenecientes a las familias *Fabaceae*, *Turneraceae*, *Verbenaceae*, *Malpighiaceae*, *Rubicaceae*, *Euphorbiaceae* y *Asteraceae*.

En la tetechera de *N. mezcalaensis*, se constató que los caprinos no consumen plántulas de cactáceas; sin embargo, se encontró una menor diversidad de estas suculentas asociadas a especies facilitadoras preferidas por el ganado. Se consideró que este resultado se debe a la disminución de la cobertura de las plantas como un efecto indirecto de la actividad de los caprinos. De hecho, en estos sitios, especies como *Lippia graveolens* tienen un papel clave en la regeneración de las cactáceas.

Nuestros resultados indican que pese a que la ganadería caprina tiene poco impacto en la economía nacional como lo indican las estadísticas, ésta tiene un valor central en la economía de los núcleos familiares de la región, siendo sin duda la actividad de mayor importancia para la sobrevivencia de los núcleos campesinos. Su impacto ambiental podría disminuirse claramente mediante la elaboración de un programa de manejo del ganado caprino y la capacitación de los caprinocultores al seno de las comunidades.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito nacional, el sector productor de caprinos tiene una baja participación en el abasto de carne a nivel nacional, con tan sólo un 2 %; sin embargo, éste tiene una gran importancia dentro del sistema económico campesino de subsistencia, ya que mediante la ganadería caprina las poblaciones humanas han establecido una forma de ahorro y capitalización de sus recursos naturales (Marín, 2003). Así, la caprinocultura es un elemento que da soporte a la economía campesina cuando la agricultura, principalmente de temporal no es exitosa; o bien, cuando las cosechas son abundantes, les permite generar un valor agregado a los productos agrícolas a través de su transformación en carne. De tal forma, que el principal destino de la producción caprina es el autoconsumo y la venta doméstica (García, 1996).

A nivel mundial, las mayores densidades de ganado caprino se localicen en países con un alto índice de pobreza, concentrándose principalmente en las zonas áridas y semiáridas (Oba y Post 1999; Yahaya *et al.*, 2000; Rout *et al.*, 2002). México no es la excepción, siendo el estado de Puebla uno de los estados en la zona sur del país con una importante producción caprina (INEGI, 2001). Las estadísticas estatales muestran que dentro de los rumiantes los caprinos se ubican en el lugar número uno en número con 852,042 cabezas de animales, seguidos en orden de importancia por los bovinos y ovinos. La producción de carne caprina ocupa el 2º lugar, entre los rumiantes, con 4763.80 toneladas, siendo ampliamente superados por la producción de bovinos, mientras que la producción de leche de cabra en Puebla es mínima (Hernández, 2000). Según INEGI (2001), el aporte económico para el estado por el ganado caprino es de \$ 420,462.80 M/N.

Los municipios de mayor relevancia en cuanto a población de ganado caprino son: Tecamachalco, Izúcar de Matamoros, Tehuacán, Cholula y Zapotitlán, todos ellos localizados en el sur poblano (INEGI, 2001). Pese a que este estado presenta una producción caprina importante, en específico en la región de la Mixteca, es ahí en donde se concentran también las zonas de mayor pobreza del estado.

Desde el punto de vista biológico la ganadería caprina puede representar una presión para las comunidades vegetales de estos sitios, ya que el sistema de producción predominante se basa en el pastoreo extensivo. Consecuentemente, ha sido común el señalamiento de que los caprinos son uno de los principales factores de degradación de los ambientes áridos (García, 1996), considerándolos como la causa principal de la desertificación en Sudán y Palestina (Arkell, 1950) o de la deforestación en la cuenca mediterránea (Papanastasis, 1985).

En México, diversos autores han considerado a la práctica del pastoreo como una de las actividades que degradan más significativamente el paisaje debido a que es baja la posibilidad de un pastoreo trashumante (Manzano y Nívar, 2000; Olgúin *et al.*, 2002), y generalmente el pastoreo que se realiza es de tipo sedentario con rutas bien definidas, promoviendo el sobrepastoreo a lo largo de éstas (Manzano y Nívar, 2000).

Otros estudios han especulado que la presencia de las cabras en la región desértica de Tehuacán afecta el reclutamiento de las poblaciones de cactáceas columnares, debido a que estos herbívoros consumen plántulas recién establecidas y/o reducen el dosel de plantas nodrizas afectando el establecimiento de nuevos individuos (Arias *et al.*, 2001). Así como a los daños causados por los campesinos a los tallos de las cactáceas adultas, al darlos a las cabras para saciar su sed (Esparza-Olgúin *et al.*, 2002)

No obstante estas afirmaciones, sorprende que son muy pocos los estudios que han abordado el tema de los hábitos de alimentación del ganado caprino, su selectividad así como su impacto (Negi *et al.*, 1993), por lo que sin duda tales afirmaciones incluyen aseveraciones poco sustentadas. De hecho, la evidente ausencia de estudios impide asociar con claridad esta práctica con la degradación de los ambientes y la pérdida de biodiversidad (Papanastasis, 1985).

La mayoría de los trabajos sobre ganado caprino se han enfocado a la descripción de su dieta con el fin de mejorar los sistemas de producción, sin tomar en cuenta que estos animales viven en un contexto de interacciones bióticas, bajo el efecto del ambiente físico, y de dinámicas de largo plazo de la vegetación, que en su conjunto pueden ser los responsables de generar diferentes grados de

degradación ambiental y en los que la actividad de los caprinos no necesariamente tiene un papel central.

En consecuencia, es importante determinar el papel real que tienen los caprinos como herbívoros. De acuerdo con la teoría ecológica la herbivoría es capaz de promover efectos directos en las comunidades vegetales disminuyendo la diversidad pero también de manera indirecta manteniéndola. Consecuentemente, un aspecto crucial en la evaluación del impacto, es analizar los hábitos alimenticios de las cabras y determinar que tan selectivos o generalistas son. Un depredador generalista en las cadenas tróficas de las zonas áridas, produce un alto grado de conectividad en la comunidad (Polis, 1991) y su impacto sería muy diferente al de un depredador que consume un número limitado de especies. El impacto de las cabras en la vegetación depende en gran medida de su hábito alimenticio; es decir, de la variedad de especies que forman parte de su dieta y/o la preferencia por alguna estructura de tamaño. Las cabras se pueden comportar como verdaderos depredadores, si causan la muerte de las plantas, lo cual puede ocurrir si consumen individuos completos (i.e. plántulas), o como herbívoros, si sólo remueven una parte de su presa (Begon, 1996). Los estudios realizados indican que la dieta de estos rumiantes se considera como mixta porque se compone de plantas de distintas formas de vida (arbustos, hierbas, pastos, etc.), y la proporción en que consumen cada grupo depende de la calidad y cantidad de recursos disponible en el ambiente donde se encuentren (Dumont *et al.*, 1995). De hecho, el hábito alimenticio de las cabras está influido a su vez, por varios factores como los nutrientes, metabolitos secundarios y las estructuras físicas que sirven de defensa las plantas (Belovsky, 1986; Owen-Smith y Cooper 1987; Bryant *et al.*, 1991). Sin embargo, se reconoce que las cabras cuentan con una notable habilidad para seleccionar su alimento (Hoffman, 1989; Ibarra, 1990).

Se ha reportado que en ambientes secos estacionales, estos rumiantes seleccionan principalmente arbustos (Bullock, 1985; Owens, 1991; Cuartas y García-González, 1992; Walker *et al.*, 1994; Aldezabal y Garin 2000; Manzano y Nívar, 2000) y que la familia de las leguminosas es un componente importante de su alimentación. Por ejemplo, en una selva baja de Venezuela, se encontró que

las leguminosas son un componente principal de su dieta debido a los altos valores de proteína cruda (Flores *et al.*, 1998) y niveles moderados de taninos que presentan (Yahaya *et al.*, 2000). Al hacer la comparación con otros grupos de plantas, se encontró que las gramíneas, aún cuando fueron consumidas con frecuencia, presentaron un alto contenido de fibra cruda, que dificultó su digestión. En el caso de las cactáceas éstas almacenaron una alta cantidad de agua en su tejido, pero tuvieron un bajo contenido de proteína cruda en la corteza (Acosta, 1986).

La información obtenida a través de los estudios de hábitos alimenticios es importante debido a que ello permitiría: 1) mejorar la asignación de forraje en distintos sistemas de producción, 2) predecir el resultado del sobrepastoreo en un sitio deteriorado, 3) seleccionar especies útiles para programas de reforestación en lugares afectados por la ganadería, y 4) determinar la sustentabilidad de esta actividad en un ambiente en particular (Holechek *et al.*, 1982).

Debido a que las cabras son una especie domesticada, su impacto en la vegetación depende de las rutas de pastoreo marcadas por los pastores, por lo que la evaluación del manejo (como sería la elección de sitios de pastoreo y la intensidad de uso de estas áreas) se convierte en un tema central, lo que implica analizar los aspectos de la organización campesina. Así, el impacto y dirección (positiva o negativa) de los efectos que provoca el ganado caprino está ampliamente relacionado con el manejo, la capacidad de carga de un sistema y la presión de forrajeo ejercida sobre éste. Así, una intensidad de forrajeo baja o intermedia ejercida sobre un sistema, sin rebasar su capacidad de carga, puede favorecer la producción de biomasa y mantener la diversidad. Esto último puede ocurrir cuando el ganado forrajea especies competitivamente dominantes (en términos de biomasa o cobertura) permite que otras especies tengan acceso a más recursos (McNaughton, 1985; Belsky, 1992; Negi *et al.*, 1993). Al mismo tiempo, una presión de forrajeo alta puede promover daños en la vegetación. Por ejemplo, Paton *et al.*, (1999), encuentran en un matorral mediterráneo de Chile, que en áreas con una intensidad de forrajeo intermedio las plantas muestran una respuesta compensatoria en la producción de biomasa y ésta es mayor a la de

áreas no forrajeadas. Pero que a un nivel alto de forrajeo hay una disminución en la producción de la biomasa incluso, aun menor que en las áreas no forrajeadas.

En lo que se refiere a los efectos del forrajeo de las cabras en la vegetación éstos se pueden abordar desde distintos enfoques, que pueden ir desde efectos directos en la producción de biomasa de plantas que consumen o los cambios en la arquitectura de individuos. Por ejemplo, Oba y Post (1999) demuestran en el caso de *Acacia tortilis*, que existe un impacto positivo en la producción de biomasa debido a que esta especie compensa el tejido perdido por ramoneo con una producción neta mayor de nuevas ramas. De manera análoga, otras especies de *Acacia* (*A. xanthophloea*, *A. nigricens* y *A. karroo*) presentan un crecimiento compensatorio en respuesta al forrajeo de cabras (Bergström 1992). Sin embargo, en ninguno de estos casos se explica el efecto sobre la capacidad reproductiva de las plantas consumidas.

McNaughton (1979) explica que el impacto positivo en la producción de biomasa se debe a mecanismos de tolerancia a la herbivoría que compensan el tejido removido. La compensación puede promoverse debido a un mayor potencial de actividad del tejido que queda en la planta, ya que se presenta un incremento de fotosíntesis y a que existe una redistribución hormonal que promueve la división y la elongación celular. En el caso de los pastos, la compensación de tejido se da por el crecimiento vegetativo de la planta por medio de rizomas o estolones (Milchunas *et al.*, 1988).

Cuartas y García-González (1992) encuentran en un bosque mediterráneo dominado por *Quercus ilex*, que la interacción planta-herbívoro es aceptable en términos de biomasa (estimando una producción neta aérea de *Q. ilex* por año de 4.1 a 8.7 Tm/ Km<sup>2</sup>/ y un consumo de 0.7 Tm/ Km<sup>2</sup>/ año de las cabras). Sin embargo, encuentran que las cabras afectan la anatomía de las plantas debido a que consumen la yema terminal de los individuos juveniles (< 1.5 m), lo que causa una reducción del tamaño de los entrenudos. Este daño apical modifica la arquitectura de los individuos resultando en una apariencia de crecimiento horizontal.

La selección de plantas cierto tamaño pueden influir también en la dinámica regenerativa de una población. Por ejemplo, si comen individuos juveniles retardan la tasa de crecimiento y reproducción de éstos (Zamora *et al.*, 2001). Cuando seleccionan plántulas reducen el número de plantas establecidas y propiciar que algunas especies sean más débiles para competir con otras de la comunidad. Seif el Din y Oviedo (1971) al realizar un experimento de laboratorio con *Acacia senegal* para probar si las cabras afectan o no de forma directa la sobrevivencia de las plántulas, encuentran que existe una etapa crítica durante los primeros 38 días, en la que los ungulados podrían tener un severo impacto en el establecimiento.

A nivel de la comunidad, la mayoría de los estudios se han enfocado en determinar los cambios en la composición debidos al forrajeo. Los aún muy escasos estudios sugieren que la presencia de los caprinos afecta la composición debido a un forrajeo selectivo ya que a largo plazo modifica la capacidad de competencia de las plantas forrajeadas con respecto a otras presentes en la comunidad (Anderson y Holte, 1981; Hayashi, 1996).

Es importante considerar que en una comunidad la interacción entre distintas especies se desarrolla en un contexto de coexistencia múltiple de especies y que es viable que la interacción entre dos especies se pueda ver afectada por la presencia de una tercera (Sharon y Strauss 1991). La teoría ecológica indica que los herbívoros pueden tener un papel central en el mantenimiento de la diversidad (Paine, 1965, 1966). En este sentido, los efectos indirectos en la adecuación de una planta ocurren por ejemplo, cuando el incremento de una especie resulta en el decremento de otra, no porque éstas compitan por el mismo recurso, sino por que comparten el mismo herbívoro (Polis, 1991; Olf, 1998) o cuando los folívoros o florívoros propician cambios en las estructuras florales que influyen la preferencia y la eficiencia de un polinizador, afectando así el patrón de movimiento de polen entre plantas (Mothershead y Marquis, 2000; Sharaf y Price, 2004).

La diversidad de una comunidad vegetal puede ser afectada si los herbívoros consumen una "especie clave", debido a que estas especies juegan un

papel importante en el mantenimiento de la organización y diversidad de una comunidad ecológica (Scott, 1993) o en la dinámica de un ecosistema (Brown, 1990). En específico para las zonas áridas, los árboles o arbustos perennes que facilitan el establecimiento exitoso debajo de su dosel de un alto número de otras especies pueden ser considerados como "especies clave" (Hunter y Aarssen 1988; Callaway y Pugnaire, 1999). Cabe señalar que la desecación puede ser el mayor obstáculo del reclutamiento de especies vegetales (Khurana y Singh, 2001), por lo que para ciertas especies, los microambientes que presentan alta humedad son decisivos para la incorporación de nuevos individuos. Consecuentemente, las plantas facilitadoras conocidas como nodrizas, tienen un papel central en el reclutamiento de tales especies ya que proveen sombra, y protegen a las plántulas de otras especies de la radiación solar, temperaturas extremas y pérdida de agua. Con ello proporcionan microambientes de suelos húmedos, oxigenados y con nutrimentos. Algunas veces de forma indirecta se fija nitrógeno con lo que se aumenta la sobrevivencia y productividad (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998; Pugnaire y Valladares, 1999).

Un número importante de estudios sobre los caprinos se ha desarrollado en zonas áridas y semiáridas del mundo. El desierto es un ambiente difícil para el establecimiento de la vida, debido a que el agua es el principal factor limitante. La temperatura frecuentemente excede los 40° C y la concentración de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo suele ser baja. Debido a ello, este ambiente ofrece pocos nichos espaciales y un limitado número de refugios para la protección de los organismos a condiciones físicas extremas. La limitación de recursos como el agua, los nutrimentos y el espacio provoca interacciones como la competencia, la facilitación y la depredación que determinan de manera importante la composición y diversidad de una comunidad por efectos directos o indirectos (Polis, 1991). Consecuentemente, las interacciones positivas juegan un papel importante en el desierto, beneficiando a otros integrantes de la comunidad mediante mecanismos como el transporte a un ambiente apropiado de los gametos o propágulos (Diamond y Case, 1986; Begon *et al.*, 1998).

En particular en los bosques de cactáceas del Valle de Tehuacán, destaca la importancia que desempeñan los murciélagos y algunas especies de aves en la dispersión dirigida de semillas de cactáceas bajo la copa de árboles y arbustos los cuales facilitan la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas (Godínez-Álvarez *et al.*, 2002; Valiente-Banuet *et al.*, 2002). Debido a que el dosel no forma una capa continua en las zonas áridas, este patrón de reclutamiento depende fuertemente de la dispersión por animales (Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 1998). En las comunidades áridas de México especies como *Mimosa luisana*, *Olneya tesota*, *Prosopis juliflora* y *Cercidium microphyllum* son especies clave dado que modifican el ambiente proporcionando recursos a otras (Suzán *et al.*, 1996; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Pugnaire y Valladares, 1999; Tewksbury y Lloyd, 2001). Se ha sugerido que las leguminosas son particularmente importantes como facilitadoras, dada su capacidad para fijar nitrógeno (Vitousek, 1993), por lo que un forrajeo selectivo del ganado caprino sobre estos componentes florísticos podría tener un efecto importante en la regeneración de especies beneficiadas de una interacción de facilitación. Actualmente se reconoce que hasta el 60% de las especies de una comunidad de zonas áridas presentan patrones de establecimiento asociados a arbustos y árboles (Valiente-Banuet *et al.*, 1991). Muchas especies de cactáceas y otras suculentas pueden depender de una planta nodriza cuando son jóvenes porque la proporción superficie/volumen es baja y disipan mucho calor (Pugnaire y Valladares, 1999).

En el Valle de Tehuacán el reclutamiento de las cactáceas columnares está fuertemente asociado a plantas nodrizas. Sin embargo, esta asociación es dinámica. Valiente-Banuet *et al.* (1991) sugieren que las cactáceas adultas pueden competir con sus nodrizas promoviendo un proceso de exclusión competitiva. La competencia es un proceso en el que una entidad (individuo, población, especie) limita el acceso de una segunda entidad al recurso; por ejemplo, hay plantas que presentan mecanismos que inhiben el establecimiento de otras plantas cercanas reduciendo la posibilidad de competencia por explotación de algún recurso. De

esta manera, la especie dominante ocupa el tiempo o el espacio más productivo (Polis, 1991).

Consecuentemente, el ganado caprino puede afectar las interacciones de tipo comensalista como la facilitación, debido a que usualmente selecciona plantas leñosas perennes como parte de su forraje, lo cual podría promover cambios en la composición y la diversidad de una comunidad vegetal (Owen-Smith y Cooper, 1987; Oba y Post, 1999; Yahaya *et al.*, 2000). Sin embargo, también pueden intervenir en el mantenimiento de la diversidad de la comunidad al controlar la densidad de especies competitivamente dominantes, evitando que éstas monopolicen los recursos y sean capaces de excluir por competencia a otras especies (Paine, 1966). En un sistema como el Serengueti, que presenta una fuerte influencia de herbívoros, éstos últimos evitan que algunas especies de pastos altos crezcan lo suficiente como para competir con especies de pastos más pequeños. En parcelas protegidas de herbívoros, los pastos altos crecen a su máximo y dominan a los pequeños, con la subsiguiente disminución de la diversidad (Belsky, 1992).

Por otro lado, y en relación con el manejo, la herbivoría puede tener también un efecto negativo al presentarse una alta intensidad de forrajeo, como ha ocurrido en algunas islas, donde las cabras al ser introducidas y rebasar la capacidad de carga del sistema han tenido un impacto dramático, afectando la abundancia de especies endémicas, la composición y la riqueza de las comunidades. (Loope *et al.*, 1988; Hamann, 2001; Donlan *et al.*, 2002; León de la Cruz *et al.*, 2003)

En particular en el valle de Tehuacán, existe una larga tradición del uso de los recursos vegetales locales para la ganadería caprina. Desde la época colonial el ganado caprino representaba uno de los bienes más valiosos. Una vez al año se realizaba la matanza y la esquila comunales (sebo o lana) de su ganado, para vender los productos en los tianguis regionales, práctica que se sigue realizando hasta el presente. Los hatos se traían desde las costas de Oaxaca y Guerrero en travesías de varios meses. Al llegar a Puebla se rentaban terrenos donde pastaban alrededor de sesenta mil animales para después de un tiempo ser

trasladados a las haciendas en Tehuacán y realizar la matanza (García, 1996). De hecho, la tradición del mole de caderas presente hasta nuestros días en Tehuacán de esta larga historia de manejo de hatos de chivos.

Dentro del municipio de Zapotitlán, la comunidad de San Juan Raya es un pueblo donde la caprinocultura es una práctica económica importante, ya que de un total de 40 familias, 15 (37.5 %) se dedican a ella. Cuatro familias son los productores más importantes con hatos de entre 250 y 300 animales cada uno. La tenencia de la tierra es de tipo comunal, aunque también existe la pequeña propiedad privada. Este tipo de tenencia se convierte en un factor clave para conducir a los hatos por todas partes dentro del territorio de la comunidad. El área de influencia de este núcleo de población está constituido por diferentes comunidades vegetales, entre las que destacan bosques de cactáceas dominados por *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *N. macrocephala*, el candelillar dominado por *Euphorbia antisiphylitica*, izotales de *Yucca periculosa* y mezquiales de *Prosopis laevigata* (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

En el presente trabajo se evaluaron los efectos del ganado caprino en las asociaciones vegetales de candelillar, izotal y tetechera, con el fin de determinar 1) las características del sistema de manejo de los hatos; es decir, la caracterización de patrones de pastoreo, la capacidad de carga del sistema y la intensidad de forrajeo en las tres asociaciones vegetales señaladas, 2) la selectividad de los caprinos, en las especies de plantas forrajeadas, 3) el efecto indirecto del forrajeo en el establecimiento y diversidad de las especies asociadas a plantas facilitadora en la tetechera y, 4) el efecto del pastoreo en las asociaciones vegetales, considerando como variable de respuesta a la diversidad.

Tomando como eje guía la información obtenida sobre los hábitos alimenticios y la intensidad de forrajeo, se esperaba que dependiendo de la intensidad del forrajeo, del ganado caprino existiera un efecto inversamente proporcional sobre la diversidad en cada asociación vegetal, y que además afectara de forma indirecta interacciones como la facilitación en la tetechera, asumiendo que en zonas de mayor intensidad la tasa de regeneración por arbusto facilitador podría ser menor que en zonas de baja intensidad. Asimismo, si las

cabras consumieran plántulas a una intensidad de forrajeo intermedia, sin rebasar la capacidad de carga, se podrían esperar efectos nulos o positivos en la diversidad, debido a que en este caso se ejercería un control de especies dominantes como las cactáceas. Pero si la intensidad del forrajeo fuera alta, entonces se esperaría que las cabras se comportaran como depredadores afectando negativamente las poblaciones, promoviendo incluso la eliminación y a la pérdida de diversidad de la comunidad.

Si las cabras seleccionan adultos, en especial de especies leñosas que actúan como facilitadoras en la comunidad, y si la intensidad de forrajeo es intermedia, se esperaría que las plantas compensasen el tejido removido y que la tasa de regeneración de los cactus no se viera afectada. Pero si la intensidad del forrajeo fuera alta, entonces reducirían de forma directa el dosel de las especies facilitadoras, inhibiendo la producción de tejido e indirectamente afectarían la regeneración de las especies asociadas.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar el impacto del forrajeo del ganado caprino sobre tres comunidades vegetales del Valle de Tehuacán: candelillar; izotal y tetechera.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Caracterizar los factores del manejo del ganado caprino, incluyendo las rutas de pastoreo, el número de animales por ható, el tiempo de pastoreo, la distancia de los recorridos, la intensidad de forrajeo con el fin de determinar la posible existencia de sobrepastoreo.

- Determinar el hábito de alimentación del ganado caprino y si existe preferencia por alguna especie vegetal y estructura de tamaño, dependiendo de la edad y sexo de las cabras.
- Determinar el efecto indirecto de la herbivoría por caprinos en la regeneración de especies de la comunidad en la tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis*.
- Determinar si existe una relación significativa entre la intensidad del forrajeo sobre la diversidad vegetal.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

San Juan Raya se encuentra ubicado en la cuenca de Zapotitlán de las Salinas, Puebla (Figura 1), entre los 18°11'49'' latitud norte y los 97°23'59'' - 97°39'32'' longitud oeste. Esta zona se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán – Cuicatlán, al sur del Valle de Zapotitlán. Se ubica a una altitud de 1750 m. Tiene una temperatura media anual de 25° C y una precipitación media anual de 455.5 mm.

La fisonomía y estructura de la vegetación de esta zona varía considerablemente. Por ejemplo, el mezquital consta de pocas especies leñosas y generalmente todas las plantas arbustivas tienen una altura parecida; en contraste, existen comunidades como la tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis* (especie endémica del Valle de Tehuacán) en donde se pueden distinguir de 4 a 5 estratos con dominancia repartida entre varias especies (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

Las familias Asteraceae, Fabaceae y Poaceae están bien representadas llegando a constituir una parte importante de la flora. Las fabaceas y las gramíneas son familias cuantitativamente dominantes en algunas asociaciones vegetales, en tanto que las cactáceas están representadas por una gran

diversidad de taxa. Especies de los géneros *Gochnatia*, *Viguiera*, *Zaluzania* y *Zinnia* juegan el papel de dominantes o codominantes. (Dávila *et al.*, 1993; Rzedowski, 1996).

Uno de los tipos de asociaciones predominantes es la tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *N. macrocephala*. En varias localidades esta tetechera mantiene la mayor densidad de cactáceas columnares con 1600 ind/ha de *N. mezcalaensis* y 200 ind/ha de *N. macrocephala*. La diversidad de árboles de talla pequeña y arbustos es elevada con especies como *Ipomoea arborescens*, *Eysenhardtia polystachia*, *Pseudosmodingium multifolium*, *Acacia subangulata* y *A. constricta* entre otras (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

Otra asociación importante es el izotal de *Yucca periculosa* es posible encontrar especies como *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia pilifera* y *Stenocereus stellatus* y otras especies tales como: *Fouquieria formosa*, *Mimosa lacerata*, *M. luisana* y *Cercidium praecox*. También existe como comunidad vegetal importante el candelillar de *Euphorbia antisiphilitica*, con la presencia de especies como *Prosopis laevigata*, *Acacia subangulata*, *Viguiera dentata* y *Montanoa mollissima*. (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

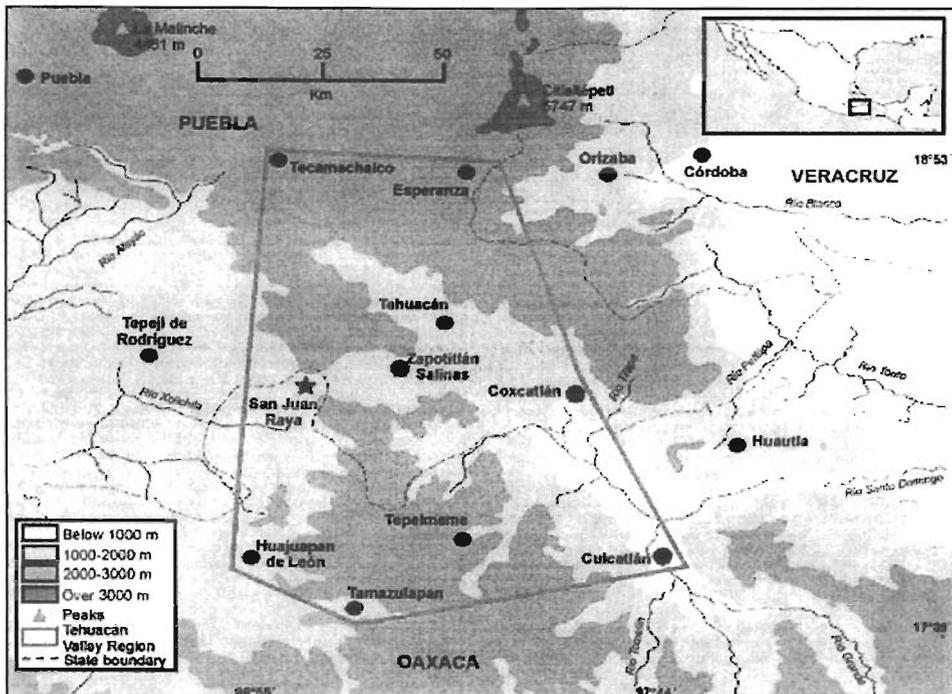


Figura 1. Ubicación geográfica del Valle de Tehuacán. (★) Ubicación de la zona de estudio. (Tomado de Dávila *et al.*, 2002)

## Caracterización del manejo del ganado caprino en San Juan Raya

### *Determinación de rutas de manejo de hatos*

Para caracterizar las rutas de pastoreo, las cuales dependen de la conducción que hace el pastor de sus hatos, se delimitó el área ocupada por los terrenos pertenecientes al pueblo de San Juan Raya. Esta área fue subdividida en 4 cuadrantes usando un mapa topográfico del estado de Puebla, escala 1: 50,000. Para analizar las zonas a las cuales se dirigen los hatos dentro del pueblo de San Juan Raya, se esquematizaron las coordenadas de cada ruta y se construyó una tabla de frecuencia observada. Los valores esperados fueron obtenidos asumiendo una distribución uniforme de las rutas en los cuatro cuadrantes. El diseño experimental asumió una tabla de contingencia de  $2 \times 4$  en donde el primer

factor fue la época del año (secas y lluvias) y el segundo los cuatro cuadrantes. Esta tabla de contingencia se analizó estadísticamente con una prueba de  $\chi^2$  (Zar, 1978), asumiendo como hipótesis nula una distribución de frecuencias uniforme en los cuadrantes en las dos épocas del año.

En el campo se trabajó con 8 de los 15 hatos existentes en San Juan Raya, realizándose 38 recorridos en total, 18 en época de secas y 20 durante la de lluvias. La dirección que tomaron los hatos en sus recorridos dentro del territorio de San Juan Raya se georeferenció con un GPS 12 CX marca GARMIN. Para generar las imágenes de las rutas se usó el programa Arc View 3.2, trabajando a una escala 1:50,000.

Para el análisis de la preferencia de los lugares donde se realizan los recorridos se tomaron también en cuenta factores como la topografía del lugar y la época del año.

#### *Obtención del coeficiente de agostadero*

Para determinar si existe sobrepastoreo dentro del territorio de San Juan Raya, se usó el coeficiente de agostadero reportado por la COTECOCA, el cual indica la superficie necesaria para mantener una unidad animal (UA) sin dañar la vegetación (1) y una fórmula para determinar si existe sobrepastoreo o subutilización del área (2).

(1)

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{ha}{\text{coeficiente de agostadero reportado para esa condición}}$$

(2)

$$\text{Carga} = \left( \frac{\text{Carga aplicada}}{\text{Capacidad de carga}} \right) \times 100 - 100$$

Para determinar la intensidad de forrajeo (número de animales que forrajean en un sitio o la frecuencia de uso del sitio) se tomaron datos de la frecuencia de visitas a cada tipo de vegetación. Durante los recorridos se tomaron datos cada media hora del sitio en donde se encontraban forrajeando los caprinos. La cantidad de visitas a cada tipo de comunidad se dividió entre el total de visitas y se obtuvo un porcentaje de uso de cada comunidad.

Con el fin de caracterizar el sistema de producción durante los recorridos se realizaron entrevistas semiestructuradas (Hernández *et al.*, 2003 y Serrano, 2005) para conocer aspectos generales del manejo de los hatos como son el número de familias que se dedican a criar chivos en el pueblo, los productores más importantes, la comercialización local, suplementos alimenticios, plantas tóxicas, enfermedades más frecuentes, reproducción y mortalidad de los cabritos. Además se hicieron anotaciones del número de animales por hato, distancia recorrida y tiempo de pastoreo.

### **Hábito de alimentación del ganado caprino**

El trabajo de campo se realizó en la época de lluvias, periodo en el que las plantas caducifolias presentan hojas y estructuras reproductivas visibles.

El experimento se realizó en el candelillar, izotal y la tetechera. El área de las parcelas experimentales fue de 20 × 50 m (1000 m<sup>2</sup>) cuya localización fue obtenida usando un posicionador geográfico marca Garmin. Las parcelas se instalaron en zonas determinadas previamente como de baja intensidad de forrajeo con ayuda de los datos de capacidad de carga por cuadrante y porcentaje de frecuencia de visitas a cada una de las asociaciones vegetales.

Los cuadrantes se determinaron temporalmente con cuerdas. Se condujeron hasta ellos 20 cabras pertenecientes a un solo hato por ocasión y en total se trabajó con 3 diferentes hatos, con un total 60 cabras por cada tipo de asociación vegetal. La entrada de cada grupo de cabras se realizó por distintas partes de la parcela. La unidad experimental fue cada cabra elegida al azar. Se

anotó el sexo y la edad de cada una. La variable de respuesta fue la frecuencia de consumo. La observación de la alimentación fue directa, a una distancia entre 3 y 5 m y la duración del periodo de observación de cada cabra se estandarizó a 5 minutos.

La información que se tomó fue la siguiente: lista de las especies consumidas, la frecuencia de consumo de cada especie, su tiempo de consumo y la categoría de tamaño de las plantas consumidas; de 0 a 30 cm categoría (A) de 31 a 1.5 m categoría (B) y de 1.5 m en adelante, categoría (C).

La hipótesis nula asumió la no preferencia de consumo y tiempo por alguna especie ni tipo de tamaño. Los datos se analizaron estadísticamente con una prueba de  $\chi^2$ , con un intervalo de confianza de 0.05. El número esperado fue el número de visitas ponderado por la cobertura de las especies. Cuando se rechazó la hipótesis nula se realizó un análisis de residuales estandarizados para determinar las especies que contribuyeron significativamente a la prueba estadística. Los valores de residuales  $> 2$  en valor absoluto, fueron considerados como significativos con un 95% de confianza, siendo el signo indicativo de preferencias positiva o negativas (Everitt, 1977).

### **Análisis de la regeneración de especies: facilitación**

Para determinar cuáles son las especies que permiten la regeneración de cactáceas debajo de su dosel, en zonas de tetechera con diferente intensidad de forrajeo se aplicó el método del individuo más cercano. En este método la distancia que se consideró fue aquella medida entre un arbusto aleatorio y su vecino o vecinos (cactáceas) más próximos. Cuando se encontraron varios estratos se consideró como nodriza sólo a la planta más alta. Se tomaron datos de la cobertura (diámetro mayor \* diámetro menor) y altura de todos los arbustos encontrados dentro un cuadrante de 10 \* 50 m. La cobertura fue calculada de la siguiente forma: Cobertura = Área total (en m<sup>2</sup>) calculada con base en la medición

de dos diámetros perpendiculares de las copas de los árboles y arbustos de acuerdo a la siguiente formula:

$$C = \left\{ \left[ \frac{d1 + d2}{4} \right]^2 \right\} \pi$$

Donde: C = Cobertura promedio, d1 = 1er diámetro de la cobertura de la copa, d2 = 2º diámetro de la cobertura de la copa.

Se contabilizó el número de cactus debajo del dosel de cada especie. Para las cactáceas globosas y pequeñas se consideraron individuos de todos los tamaños, para las cactáceas columnares se contaron solamente los individuos menores a 50 cm, debido a que se encuentran debajo de las nodrizas únicamente en sus primeras etapas.

Con los datos de asociación de cactáceas con nodrizas se elaboró una tabla de contingencia, considerando el número de cactáceas que crecen bajo el dosel de plantas perennes (Zar, 1978). La hipótesis nula asumió que el número de cactáceas que se encuentran debajo de cada planta leñosa es una función de su cobertura (Valiente-Banuet *et al.*, 1991).

Una vez determinadas las plantas "nodrizas" importantes, se determinó el impacto del forrajeo en la riqueza y abundancia de plantas que se establecen debajo de su dosel. Tomando en cuenta la información obtenida en el campo acerca del manejo, se escogieron 2 zonas que presentaron el mismo tipo de vegetación con condiciones ambientales similares pero con distinta intensidad de forrajeo (alta intensidad de forrajeo versus baja intensidad), determinada por el coeficiente de agostadero (superficie necesaria para mantener una unidad animal UA sin causar daños a la vegetación).

En las zonas de alta y baja intensidad de forrajeo se tomaron medidas de cobertura (diámetro mayor \* diámetro menor) y la altura de las plantas nodrizas. También se tomaron datos de la riqueza y abundancia de las especies asociadas. La hipótesis nula era que la diversidad de especies asociadas a plantas nodrizas está asociada al tamaño del dosel. El análisis de los datos se hizo mediante un

análisis de ANOVA realizado en el programa SPSS. La altura se tomó como una covariable.

Se obtuvieron los residuales estandarizados (Haberman en Greig-Smith, 1983) como una forma de determinar la significancia de cada celda de las tablas de contingencias. De esta manera se pudo detectar bajo qué especies de arbustos la abundancia de cactáceas era mayor a la esperada, lo que indicó cuáles eran las principales plantas facilitadoras que permiten la regeneración de las cactáceas. Los residuales se distribuyen de manera normal con media de 0 y varianza de 1, por lo que cualquier valor mayor a  $|z|$  (el 5% de la distribución normal) es significativo.

### **Diversidad de la comunidad en función de la intensidad del forrajeo**

Se realizaron muestreos de la vegetación para evaluar la diversidad, regeneración, y riqueza de especies en zonas de alto y bajo impacto de forrajeo. Para tal efecto, se determinó el tamaño mínimo de los cuadrantes en cada asociación vegetal, según la curva de acumulación de especies. Se realizaron muestreos en área con distinta intensidad de forrajeo para cada tipo de asociación vegetal. En el izotal y el candelillar se montaron 3 cuadrantes de 25 × 25 m, en tanto que para la tetechera el tamaño de los cuadrantes fue de 20 × 20 m. Cada uno de los cuadrantes fue dividido a su vez en cuadros de 10 × 10 m, para obtener las frecuencias como una medida de la distribución. Se contó el número de individuos de cada especie dentro de cada cuadro; la altura de las plantas y dos diámetros perpendiculares de la cobertura de la copa en metros para obtener su volumen.

Se comparó la riqueza, así como el número de especies, compartidas de los sitios con diferente intensidad de forrajeo.

También, se hizo una comparación de la similitud florística entre sitios por medio del índice de similitud florística de Jacqard (Magurran, 1988), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_j = \frac{j}{[(a+b)-j] \times 100}$$

Donde:  $C_j$  = índice de Jacquard,  $j$  = # de spp. comunes entre las dos muestras,  $a$  = # de spp. de la 1ª muestra y  $b$  = # de spp. de la 2ª muestra.

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Weaver (Moreno, 2001)

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Para probar la hipótesis nula de que la diversidad proveniente de dos muestras son iguales, se siguió el procedimiento propuesto por Hutcheson (Moreno, 2001)

Para cada muestra se calculó el índice de diversidad ponderado ( $H_p$ ), en función de la frecuencia de cada especie:

$$H_p = \frac{(N \log N) - (\sum f_i \log f_i)}{N}$$

Donde  $f_i$  = frecuencia (número de individuos) registrada para la especie  $i$

Para cada parcela se calculó la varianza del índice de diversidad ponderado:

$$\text{var} = \frac{\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2 / N}{N^2}$$

Después se calculó la diferencia de las varianzas de ambas muestras:

$$D \text{ var} = \sqrt{\text{var}_1 + \text{var}_2}$$

Se obtuvo el valor de  $t$

$$t = \frac{H_{p1} - H_{p2}}{D \text{ var}}$$

Finalmente se calcularon los grados de libertad asociados con el valor de  $t$

$$g.I = \frac{(\text{var}_1 + \text{var}_2)^2}{(\text{var}_1^2 / N_1) + (\text{var}_2^2 / N_2)}$$

Además se calcularon índices de diversidad como el índice de Simpson para los diferentes sitios.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  individuo entre el número total de individuos de la muestra.

La abundancia relativa de las especies de los diferentes sitios se obtuvo a través de índices de dominancia (I. D). El I. D. se basa en la frecuencia, densidad y cobertura de las especies (Osorio *et al.*, 1996). A partir de los muestreos realizados en la zona de estudio se calculó el índice de dominancia (I. D.) de acuerdo con la fórmula:

$$I.D. = \text{Cobertura}(m^2) * \text{Frecuencia} (\%) * \text{Densidad}(\text{No. ind} / m^2)$$

## RESULTADOS

### Caracterización del manejo del ganado caprino en San Juan Raya

#### *Sistema de producción*

La comunidad de San Juan Raya se compone de alrededor de 150 personas pertenecientes a 40 familias, de las cuales 15 (37.5 %) se dedican a criar caprinos y cuatro de éstas son los productores más importantes con más de 200 cabezas.

Existen dos mercados regionales importantes para vender a los animales: el mercado de Tehuacán que funciona los sábados y el mercado de Tepeji de Rodríguez que funciona los martes, aunque incidentalmente pueden llegar hasta el pueblo compradores particulares. El precio de las cabras varía según el sexo, edad, tamaño, época del año o la premura de su venta (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Precio promedio de venta de las cabras en los mercados locales (2004).

CARACTERÍSTICAS DEL EJEMPLAR	EDAD	VALOR EN PESOS MEXICANOS
Macho capado	4 a 6 años	Entre 1,500 y 1800
Macho semental	4 a 6 años	1,100
Macho capado	1 año	500
Hembras	3 ó 4 años	600
Cabritos	De 4 meses a un año	300

El tipo de venta de los animales es mixto; durante agosto y octubre hay una temporada importante de comercialización y se llegan a vender grupos de hasta 40 ó 60 animales, sin embargo, a través del año la necesidad económica de la familia en un momento dado determinada que el propietario lleve continuamente a sus cabras a los mercados locales, sin que sea un impedimento importante la edad de los animales. En el momento de realizar las entrevistas, los propietarios de los hatos comentaron que el abono producido por las cabras es utilizado para fertilizar los terrenos de siembra. Aunque también se comercializa, con un precio de 400 pesos la carga.

No existe un control en los partos, por lo que se presenta una alta incidencia de abortos. Las hembras tienen dos periodos reproductivos al año, en octubre y en abril y en cada periodo pueden parir 2 crías. Para los dueños de los hatos es difícil mantener vivas a las crías que nacen en el mes de abril que corresponde a la época seca del año y el alimento es escaso. De hecho, esta es la etapa en la que se registra la mayor mortalidad. Entre los dos y cuatro meses después de haber nacido los cabritos se destetan y comienzan a salir al monte. Es

la época seca del año cuando los cuidados se intensifican, complementando la alimentación con una variedad de forrajes como: rastrojo, cáscaras de soya, frijol, maíz y alfalfa y se les suministra sal cada semana o una vez al mes, dependiendo del dueño. Las enfermedades más comunes son la neumonía durante el invierno y enfermedades gastrointestinales en el verano. En la época de lluvias se detectan sobretodo enfermedades en las patas, pezuñas y vías respiratorias. Para combatir estas enfermedades no existe asistencia técnica de sanidad permanente, lo que propicia que la gente invierta tiempo y dinero en asistir a los módulos de atención más cercanos o que deje sin asistencia a sus animales. Los apareamientos se realizan sin control y no hay programas de mejoramiento.

Las personas que siembran además de tener cabras, algunas veces recurren a dar su hato temporalmente para ser cuidado por otra persona del pueblo que como pago recibe la mitad de los cabritos nacidos en la siguiente época de parto o algunos (la minoría) optan por pagar a pastores que cobran por cabra 10 pesos o 100 pesos por día más maíz y sal para su consumo.

La persona que va al cuidado del hato además de conducirlo evita que las cabras se alimenten de plantas tóxicas como el casahuate (*Ipomoea murucoides*) y el capulincillo (*Karwinskia humboltiana*) y proporciona otras plantas que complementan su alimentación como son: nopal (*Opuntia* spp), biznaga (*Echinocactus platiacanthus*), y la cacaya (escapo de *Agave marmorata*), cortando escapos de agaves o cladodios de las opuntias.

Las cabras en todos los hatos de San Juan Raya son criollas con cruza de algunos sementales de raza nubia. El tamaño de los hatos va de 50 hasta 250 cabezas; el promedio número promedio de cabras por hato es de 118, número que no varía significativa a través del año ( $T = 0.237$ ,  $p = 0.818$ ,  $gl\ 9$ ). Existe una proporción mayor de hembras en los hatos, seguida por los cabritos y solo unos cuantos machos (capados y sementales). Por ejemplo las proporciones de un solo hato pueden ser: 49 hembras adultas, 82 juveniles (50 hembras 32 machos) y 5 machos adultos. La razón de estas proporciones es que un solo macho semental se aparee con varias hembras.

El pastoreo del ganado caprino es una de las actividades más importantes para los campesinos, tanto es así que se dedica a esta actividad todos los días de la semana llevando al monte al ganado para que se alimente, en jornadas diurnas que van en promedio desde las 11:00 hasta las 19:00 horas durante todo el año. Participan en esta actividad todos los integrantes de la familia.

El ganado únicamente es conducido dentro de los límites del pueblo sin ninguna restricción. No existe diferencia significativa en la dirección que siguen los hatos durante el año (época de secas y de lluvia). Es decir, existe un patrón de rutas seguido por los hatos durante todo el año independientemente de la temporada ( $T=1.56$   $p = 0.215$  *gl* 3) (Cuadro 2).

No existe un uso homogéneo de los recursos pues hay preferencia de los dueños de los hatos por dirigirlos hacia la zona noroeste ( $\chi^2= 21$ ,  $p = 0.05$ , *gl* 3), pues en ésta la topografía es poco accidentada, el dosel de las plantas no es cerrado, existen rutas y hay menos plantas tóxicas que en otras zonas. En esta parte son importantes por su extensión dos comunidades vegetales, el izotal que se encuentra en una topografía de planos ondulados con inclinaciones que varían del 0 al 8 % y la tetechera que se encuentra en una topografía de lomeríos con una inclinación de 6 a 17 % (Cuadro 3) (SARH, 1978). La zona noroeste del territorio es la más visitada (55.26 %) y presenta una condición de sobrecarga del 427 % (Cuadro 4), (Figuras 2, 3 y 4).

La mayor intensidad de forrajeo se observó en la tetechera con una frecuencia de visita del 74 %, seguida por el izotal 15 % y el candelillar 11% (Figura 5).

**Cuadro 2.** Dirección que toman los hatos a través del territorio de San Juan Raya durante el año.

ZONA	ÉPOCA DE SECAS VISITAS EN (%) N = 18	ÉPOCA DE LLUVIAS VISITAS EN (%) N = 20
Noroeste	56	55
Suroeste	22	20
Noreste	6	5
Sureste	17	20

**Cuadro 3.** Dirección de las rutas que toman los hatos considerando la topografía (N = 38).

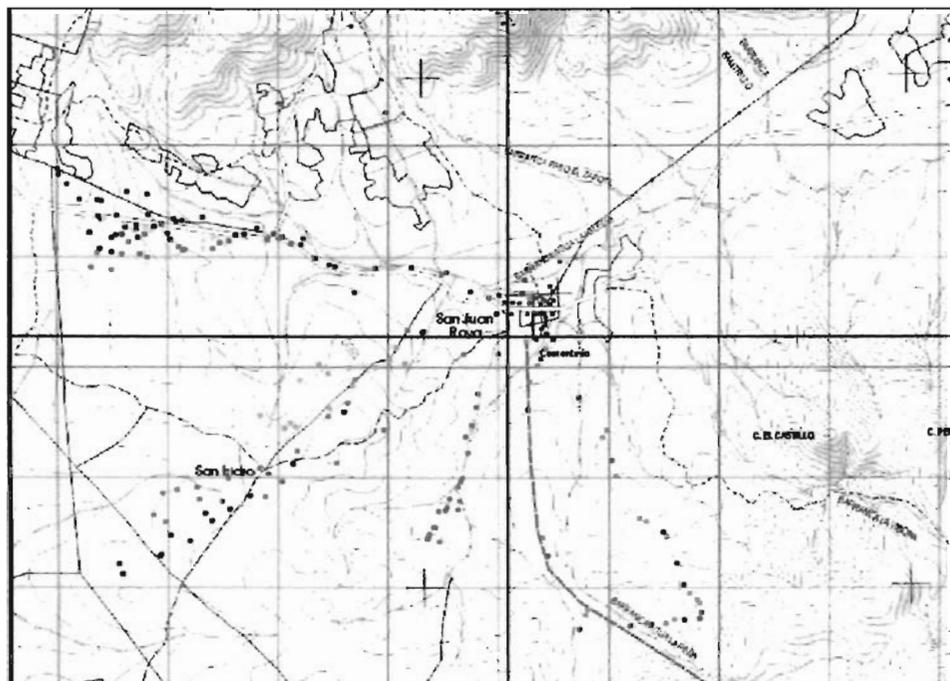
DIRECCIÓN	PORCENTAJE DE VISITAS
Oeste (planos ondulados y lomeríos predominantemente)	73.68
Este (cerriles y lomeríos predominantemente)	26.31

**Cuadro 4.** Dirección que toman los hatos a través del año considerando todos los recorridos (N = 38) y las condiciones de la vegetación obtenidas con el índice de agostadero (COTECOCA).

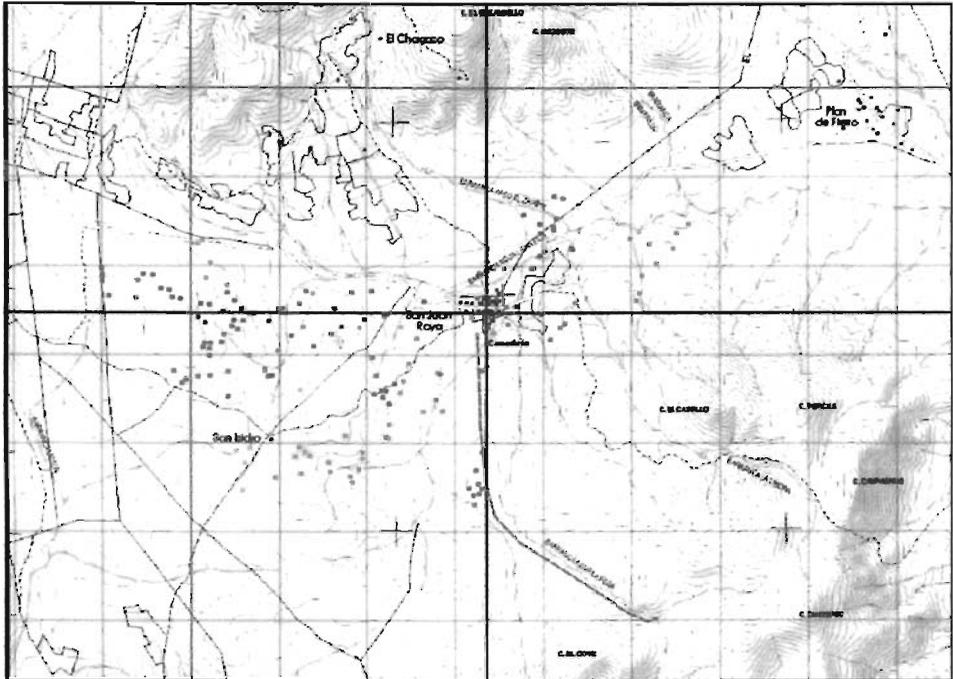
CUADRANTE	PORCENTAJE DE VISITAS	CONDICIÓN DE LA VEGETACIÓN	
		SOBRECARGA	SUBUTILIZACIÓN
Noreste	55.26 %	427 %	
Suroeste	18.42 %	81 %	
Sureste	5.26 %		45 %
Noroeste	21.05 %	250 %	

#### *Capacidad de carga del sistema y la intensidad de forrajeo*

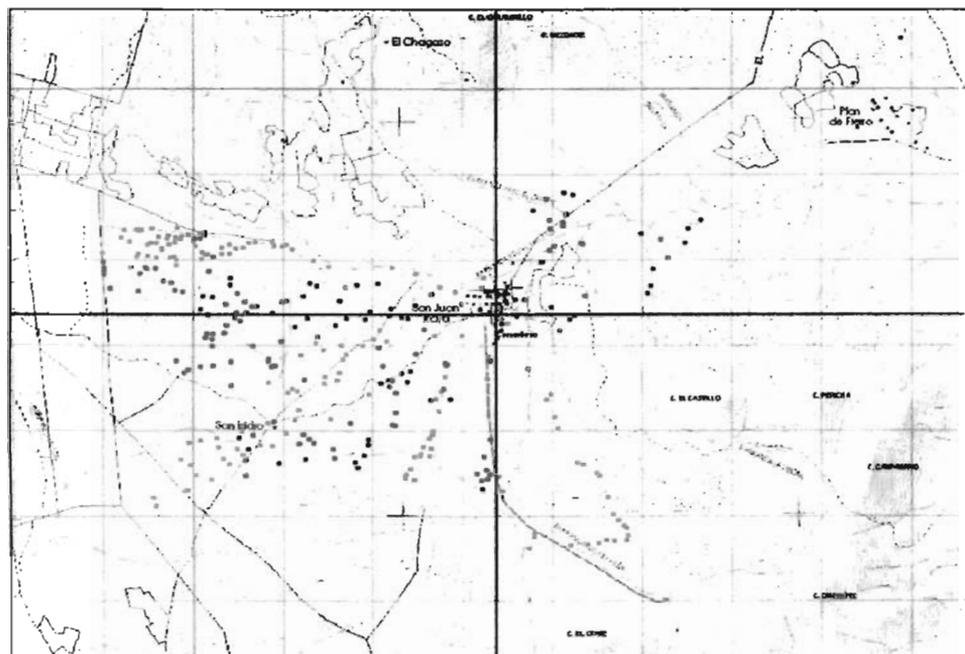
Se estimó una superficie para San Juan Raya de 4000 ha; según el índice de agostadero, la vegetación que se encuentra dentro del territorio de San Juan Raya presenta una capacidad de carga de 153.39 UA ó 889.6 cabras por lo que sería necesario 26.07 ha para mantener una UA. La carga aplicada o número de animales que se encuentran realmente es de 203.46 UA o 1180 cabras, por lo tanto, existe un sobrepastoreo del 32.64 %.



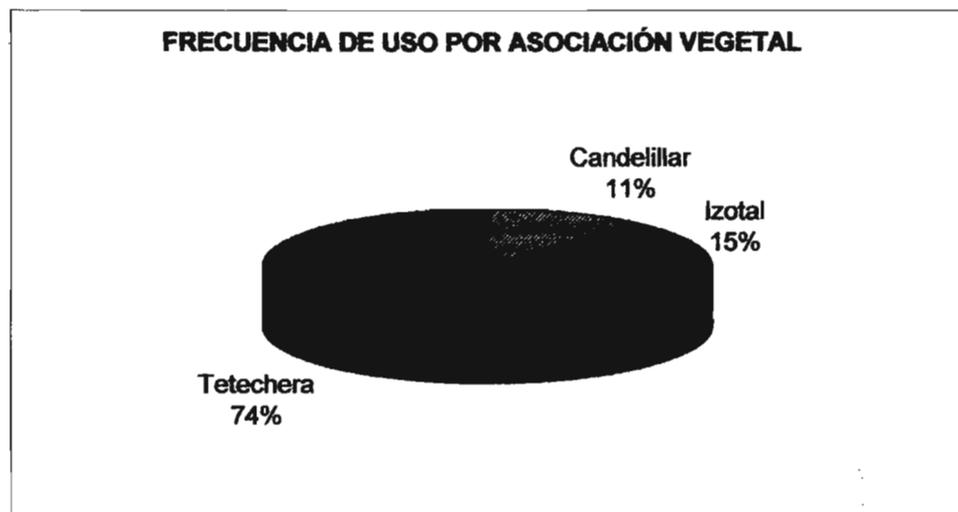
**Figura 2.** Imagen (Arc View) con base al mapa topográfico 1:50 000. Rutas durante la época de secas (n = 18) dentro del territorio de San Juan Raya.



**Figura 3.** Imagen (Arc View) con base al mapa topográfico 1:50000. Rutas durante la época de lluvia (n = 20) dentro del territorio de San Juan Raya.



**Figura 3.** Imagen (Arc View) con base al mapa topográfico 1:50000. Rutas durante todo el año (n = 38) dentro del territorio de San Juan Raya. Los puntos rojos representan los recorridos en la época de secas y los azules los recorridos en la época de lluvias.



**Figura 5.** Frecuencia de visita del ganado caprino a cada asociación vegetal (candelillar, izotal y tetechera) ( $\chi^2 = 1$ ,  $p < .05$ , g.l. 2).

## Hábitos de alimentación

En los tres tipos de asociación vegetal (candelillar, izotal y tetechera) las cabras consumieron preferentemente las plantas que se encuentra dentro de la categoría de tamaño que va de 0.50 a 1 m de altura ( $\chi^2 = 1166$ ,  $p = .05$ , g.l. 2), incluso los cabritos de ambos sexos prefirieron plantas que se encuentran en esta categoría ( $\chi^2 = 16$ ,  $p = .05$ , g.l. 2).

Las especies que fueron consistentemente seleccionadas en las tres asociaciones son arbustos y árboles que pertenecen a las familias: Fabaceae y Turneraceae.

Las especies leñosas que fueron principalmente seleccionadas en el candelillar son arbustos como *Bouvardia erecta*, *Turnera difusa*, *Dalea* sp. y *Mimosa luisana* (Cuadro 5). En cuanto a las especies herbáceas y pastos las cabras muestran una preferencia por el consumo de *Loeselia caerulea* (Cuadro 6).

En lo que respecta al tiempo que invierten las cabras en forrajear las diferentes especies encontradas en el candelillar, se observó que *Bouvardia erecta*, *Turnera difusa*, *Dalea* sp. y *Aeschynomene compacta* son las especies que seleccionan.

ESPECIE	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Bouvardia erecta</i>	0.32	0.28	10	19
<i>Turnera diffusa</i>	9.24	8	53	17
<i>Mimosa luisia</i>	0.19	0.16	5	12
<i>Dalea</i> sp.	17.08	15	52	10
<i>Aeschynomene</i> spp.	64.57	56	100	7
<i>Senna wislizeni</i>	1.99	2	11	7
<i>Croton niveus</i>	18.42	16	26	3
<i>Echinopterys</i> spp.	9.80	8	17	3
<i>Ayenia fruticosa</i>	21.06	18	27	2
<i>Bursera schlegelii</i>	44.84	39	40	0
<i>Columbrina</i>	6.82	6	4	-1
<i>Foliosa</i> no/c	1.49	1	0	-1
<i>Buddleja</i> sp.	10.20	9	2	-2
Cactaceae	6.00	5	0	-2
<i>Gonathia hirsuta</i>	13.71	12	4	-2
<i>Lippia graveolens</i>	10.09	9	3	-2
<i>Viguiera dentata</i>	9.54	8	3	-2
<i>Pseudosmodium mutifolium</i>	13.07	11	0	-3
<i>Opuntia</i> sp.	22.13	19	0	-4
<i>Yucca peruviana</i>	14.39	12	0	-4
<i>Acacia subarborescens</i>	46.44	40	9	-5
<i>Euphorbia angustifolia</i>	82.26	71	34	-5
<i>Mimosa lacerata</i>	38.03	33	0	-6
Otras (Acanthaceae, Agavaceae, Bromeliaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Passifloraceae, Rhamnaceae)	18.41	16	16	0

**Cuadro 5** Sección de  $\chi^2$ . Los valores de frecuencias de consumo (observados y esperados) se encuentran en función de la cobertura de cada especie ( $m^2$ ). El valor del residual ajustado  $> 2$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $\chi^2 = 1084$  g.l. = 23;  $p < 0.05$ )

ESPECIE - HERBACEAS	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Loesselia caribaea</i>	15.47	2	12	7
Pastos ( <i>Bouteloua</i> spp., <i>Paspalum</i> sp.)	322.80	46	50	1
<i>Sanvitalia frutescens</i>	0.67	0	0	0
<i>Acalypha</i> sp.	4.00	1	0	-1
<i>Viguiera</i> sp.	11.33	2	0	-1
<i>Tagetes micrantha</i>	3.40	0	0	-1
<i>Gomphrena sanguinolenta</i>	8.73	1	0	-1
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	66.67	10	0	-3

**Cuadro 6.** Los valores de frecuencias de consumo (observados y esperados) se encuentran en función de la cobertura de cada especie ( $m^2$ ). El valor de los residuales ajustados  $> 2$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $\chi^2 = 57$  g.l. = 7;  $p < 0.05$ ).

En el izotal algunas de las especies seleccionadas con respecto a la cobertura son *Echinopterys eglandulosa*, *Dalea sp*, *Aeschynomene compacta*, *Turnera diffusa* y pastos (Cuadros 7 y 8) en tanto, que algunas de las especies seleccionadas en función del tiempo son *Aeschynomene compacta*, *Echinopterys eglandulosa*, *Dalea sp*, *Bouvardia erecta*, y *Turnera diffusa*.

ESPECIE	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Echinopterys eglandulosa</i>	2	0.46	13	19
<i>Turnera difusa</i>	11	3	29	17
<i>Dalea sp.</i>	45	11	57	15
<i>Aeschynomene compacta</i>	176	43	102	10
<i>Ayenia fruticosa</i>	95	23	63	9
<i>Bursera schlechtendalii</i>	11	3	16	8
<i>Bouvardia erecta</i>	28	7	25	7
<i>Croton niveus</i>	40	10	22	4
<i>Lantana achyranthifolia</i>	16	4	12	4
<i>Schaefferia stenophylla</i>	11	3	8	3
<i>Senna wislizenii</i>	19	5	9	2
<i>Mimosa luisana</i>	23	6	8	1
<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	25	6	5	0
<i>Rubiaceae</i>	58	14	14	0
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	19	5	3	-1
<i>Viguiera dentata</i>	47	12	8	-1
<i>Colubrina sp.</i>	24	6	0	-2
<i>Rhamnaceae</i>	51	13	6	-2
<i>Ipomoea arborescens</i>	80	20	5	-3
<i>Mimosa lacerata</i>	48	12	3	-3
<i>Acacia subangulata</i>	190	47	17	-4
<i>Fouquieria formosa</i>	142	35	4	-5
<i>Acacia constricta</i>	152	37	2	-6
<i>Yucca periculosa</i>	202	50	0	-7
Otras ( <i>Asteraceae</i> , <i>Acanthaceae</i> , <i>Agavaceae</i> , <i>Cactaceae</i> , <i>Buddlejaceae</i> , <i>Euphorbiaceae</i> , <i>Fagaceae</i> , <i>Rhamnaceae</i> , <i>Krameriaceae</i> )	174	43	7	-6

Cuadro 7. Se realizó una  $X^2$ . Los valores de frecuencias de consumo (observados y esperados) se encuentran en función de la cobertura de cada especie ( $m^2$ ). El valor de los residuales ajustados  $|> 2|$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $X^2= 1268$ ; g.l.= 24;  $p < 0.05$ )

En la tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis* las cabras no seleccionaron cactáceas columnares para su alimentación en ningún estadio (plántulas, juveniles o adultos). Las especies que si fueron seleccionadas con respecto a la cobertura son: *Aeschynomene compacta*, *Dalea* sp., *Perymenium* sp., *Senna wislizenii*, *Justicia mexicana*, *Turnera diffusa* y *Montanoa tehuacana*, además de *Crotalaria* sp. (Cuadro 9 y 10) en tanto, que algunas de las especies seleccionadas en función del tiempo son *Dalea* sp, *Croton niveus*, *Senna* sp., *Montanoa tehuacana*, *Turnera diffusa*, *Crotalaria* sp. y *Aeschynomene compacta*.

ESPECIES	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Pastos (Bouteloua sp, Paspalum sp)</i>	197	29	47	17
<i>Ruellia bisuto-glandulosa</i>	1	0	0	0
<i>Dichondra argentea</i>	1	0	0	0
<i>Zinnia peruviana</i>	1	0	0	0
<i>Acalypha</i> sp.	2	0	0	-1
<i>Tagetes micrantha</i>	15	2	0	-1
<i>Gomphrena decumbens</i>	2	0	0	-1
<i>Loesselia caerulea</i>	25	4	2	-1
<i>Sanvitalia fruticosa</i>	5	1	0	-1
<i>Viguiera</i> sp.	84	12	0	-4

Cuadro 8. Se realizó una  $X^2$ . Los valores de frecuencias de consumo (observados y esperados) se encuentran en función de la cobertura de cada especie ( $m^2$ ). El valor de los residuales ajustados  $|> 2|$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $X^2= 28$  g.l.= 9;  $p < 0.05$ ).

ESPECIE	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESI. AJUST.
<i>Turnera difusa</i>	0	0.08	7	24
<i>Senna wislizenii</i>	5	2	25	17
<i>Aeschynomene compacta</i>	12.54	5	37	15
<i>Dalea sp</i>	13.62	5	27	10
<i>Justicia mexicana</i>	0	0.14	4	10
<i>Montanoa tomentosa</i>	6	2	17	10
<i>Croton niveus</i>	3	1	11	9
<i>Perymenium sp.</i>	20.29	7	32	9
<i>Lippia graveolens</i>	67.80	24	54	6
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	63.87	23	49	5
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	17.39	6	19	5
<i>Lantana camara</i>	18.09	7	14	3
<i>Zaluzania sp.</i>	28.19	10	18	2
<i>Buddleja sp.</i>	24.48	9	5	-1
<i>Acacia cochliacanta</i>	82.47	30	21	-2
<i>Agave peacockii</i>	14.08	5	0	-2
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	17.97	6	1	-2
<i>Mimosa luisana</i>	32.55	12	6	-2
<i>Quercus sp.</i>	15.06	5	1	-2
<i>Beaucarnea gracilis</i>	22.82	8	0	-3
<i>Viguiera dentata</i>	56.03	20	7	-3
<i>Yucca periculosa</i>	56.21	20	7	-3
<i>Agave marmorata</i>	34.96	13	0	-4
<i>Agave salmiana</i>	39.35	14	0	-4
<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	75.50	27	5	-4
<i>Hechtia podantha</i>	95.15	34	1	-6
<i>Lysiloma acapulcense</i>	270.28	97	30	-7
Otras (Burseraceae, Cactaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Rubicaceae)	31	11	7	-1

**Cuadro 9.** Se realizó una  $\chi^2$ . Los valores de frecuencias de consumo (observados y esperados) se encuentran en función de la cobertura de cada especie ( $m^2$ ). El valor de los residuales ajustados  $|> 2|$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $\chi^2= 1825$ ; g.l.= 28;  $p < 0.05$ )

ESPECIE	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Crotalaria incana</i>	1.50	0	24	98
<i>Zinnia peruviana</i>	0.50	0	0	0
<i>Evolvulus alsinoides</i>	14.29	1	0	-1
<i>Nama dichotomum</i>	10.00	1	0	-1
<i>Solanum trydinamum</i>	7.14	1	0	-1
Pasto ( <i>Bouteloua sp.</i> , <i>Paspalum sp.</i> )	444.29	40	19	-4

**Cuadro 10.** Se realizó una  $\chi^2$ . Los valores de frecuencias de consumo (observados y esperados) se encuentran en función de la cobertura de cada especie ( $m^2$ ). El valor de los residuales ajustados  $|> 2|$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $\chi^2= 4234$ ; g.l.= 5;  $p < 0.05$ )

## Especies facilitadoras

En la tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaenis*, presente en un sitio de bajo impacto de forrajeo, se observó que varias plantas perennes tuvieron valores observados de cactáceas significativamente mayores a los esperados de acuerdo a su cobertura relativa. Estas fueron: *Acacia constricta*, *Croton niveus*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Lippia graveolens*, *Montanoa tehuacana* y *Senna wislizenii*. *E. antisyphilitica* presentó el mayor número de cactáceas asociadas a una especie en particular, seguida por *A. constricta* y *M. tomentosa*. (Cuadro 11).

La mayor cobertura en este sitio la presentaron especies arbóreas como *Acacia cochliacanta*, *Buddleja sp.*, *Lysiloma acapulcense*, sin embargo; el número de cactáceas que crecieron bajo estas especies fue menor al esperado.

En una tetechera de *N. mezcalaenis* presente en un sitio de alto impacto de forrajeo, se observó que las especies nodrizas son diferentes con respecto a la tetechera de bajo impacto. En este lugar especies como *Lippia graveolens*,

*Echinopterys eglandulosa*, *Calliandra eryophylla* y *Asteraceae* actúan como nodrizas. El arbusto perenne *Lippia graveolens* presentó la mayor cobertura, y el resultado de los residuales ajustados (18) indica que es la principal nodriza (Cuadro 12).

ESPECIES	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	77.21	49	163	18
<i>Montanoa tomentosa</i>	18.34	12	55	13
<i>Acacia constricta</i>	20.03	13	52	11
<i>Croton niveus</i>	12.64	8	29	8
<i>Senna wislizenii</i>	14.63	9	31	7
<i>Limpia graveolens</i>	55.70	35	70	6
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	15.86	10	26	5
<i>Lantana camara</i>	12.27	8	21	5
<i>Quercus</i> sp.	29.73	19	40	5
<i>Acacia cochliacanta</i>	146.15	92	126	4
<i>Pseudosmodingium multifolium</i>	67.19	42	68	4
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	10.27	6	13	3
<i>Dalea</i> sp.	28.41	18	25	2
<i>Echinopterys eglandulosa</i>	8.48	5	11	2
<i>Acacia subangulata</i>	19.10	12	14	1
<i>Viguiera dentata</i>	67.37	42	52	1
<i>Bursera schlechtendalii</i>	7.80	5	5	0
<i>Aeschynomene compacta</i>	16.45	10	7	-1
<i>Buddleja</i> sp.	106.23	67	60	-1
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	10.06	6	4	-1
<i>Agave salmiana</i>	18.33	12	6	-2
<i>Bursera fagaroides</i>	8.97	6	2	-2
<i>Mimosa lacerata</i>	14.61	9	3	-2
<i>Perymenium</i> sp.	18.65	12	5	-2
<i>Yucca periculosa</i>	26.48	17	10	-2
<i>Agave marmorata</i>	75.83	48	27	-3
<i>Beaucarnea gracilis</i>	24.50	15	5	-3
<i>Mimosa luisana</i>	18.16	11	2	-3
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	12.60	8	0	-3
<i>Agave peacockii</i>	37.98	24	0	-5
<i>Pilosocereus chrysacanthus</i>	50.74	32	0	-6
<i>Lysiloma acapulcense</i>	233.59	147	80	-6
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	154.56	97	18	-8
<i>Hechtia</i> sp.	178.40	113	9	-10
Otras ( <i>Acanthaceae</i> , <i>Asteraceae</i> , <i>Bignoniaceae</i> , <i>Burceraceae</i> , <i>Burceraceae</i> , <i>Cactaceae</i> , <i>calastraceae</i> , <i>Convolvulaceae</i> , <i>Euphorbiaceae</i> , <i>Fabaceae</i> , <i>Lauraceae</i> , <i>Malpighiaceae</i> , <i>Malvaceae</i> , <i>Rhamnaceae</i> , <i>Rubiaceae</i> , <i>Rutaceae</i> , <i>Turneraceae</i> y <i>Verbenaceae</i> )	69.57	44	25	-3

Cuadro 11. Se realizó una prueba de  $X^2$ . El valor del residual ajustado  $> 2$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $X^2= 1118$ ; g.l.= 34;  $p < 0.05$ )

ESPECIES	COBERTURA	ESPERADOS	OBSERVADOS	RESIDUALES AJUSTADOS
<i>Lippia graveolens</i>	204.24	199	400	18
Asteraceae	17.25	17	57	10
<i>Echinopterys eglandulosa</i>	66.12	64	125	8
<i>Lantana camara</i>	8.94	9	31	8
<i>Calliandra eryophylla</i>	41.51	40	75	6
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	14.48	14	28	4
<i>Schaefferia stenophylla</i>	37.98	37	45	1
<i>Croton niveus</i>	5.94	6	9	1
<i>Hechtia</i> sp.	7.14	7	6	0
<i>Ipomoea murucoides</i>	5.37	5	5	0
<i>Viguiera dentata</i>	29.47	29	29	0
<i>Mimosa luisiana</i>	84.45	82	77	-1
<i>Hintonia</i> sp.	5.37	5	0	-2
<i>Yuca periculosa</i>	51.55	50	38	-2
<i>Agave salmiana</i>	14.33	14	2	-3
<i>Ipomea arborescens</i>	23.72	23	9	-3
<i>Opuntia decumbens</i>	10.15	10	0	-3
<i>Acacia subangulata</i>	24.03	23	4	-4
<i>Opuntia pilifera</i>	20.64	20	0	-4
<i>Acacia constricta</i>	102.95	100	53	-5
<i>Cnidoscylus tehuacanensis</i>	62.98	61	26	-5
<i>Beaucamea gracilis</i>	25.86	25	2	-5
<i>Mascagnia parvifolia</i>	26.06	25	1	-5
<i>Pseudosmodium multifolium</i>	91.82	89	32	-6
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	93.05	91	0	-10
Otras (Acanthaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Bromeliaceae, Burseraceae, Cactaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Rubiaceae, Turneraceae, Ulmaceae, Verbenaceae,	26.11	25	20	-1

**Cuadro 12.** Se realizó una prueba de  $\chi^2$ . El valor del residual ajustado  $> |2|$  señala las diferencias significativas para cada especie. ( $\chi^2= 748$ ; g.l.= 225;  $p < 0.05$ )

### Impacto del forrajeo en la riqueza y abundancia de las asociadas

Las principales especies que permiten la regeneración de cactáceas bajo su dosel en zonas de baja intensidad de forrajeo son *Euphorbia antisiphilitica*, *Montanoa tomentosa*, *Acacia constricta*, *Lippia graveolens*, *Eysenhardtia polystachya* y *Lantana camara*. En tanto que en las zonas de alta intensidad las principales nodrizas son *Lippia graveolens*, *Asteraceae* sp., *Calliandra eryophylla*,

*Echinopterys eglandulosa*, *Lantana camara*, y *Gochnatia hypoleuca*. Algunas especies de nodrizas variaron en función de la intensidad de forrajeo; sin embargo, no hubo diferencia significativa en el número de nodrizas en lugares de baja y alta intensidad ( $t = 0.38$ ; g.l. 2  $p > 0.05$ ).

En lo que respecta al número total de individuos asociados a nodrizas en los sitios con diferente intensidad de uso, no existió diferencia significativa ( $t = 0.62$ ; g.l. 2  $p > 0.05$ ) y en promedio se presentaron 367 individuos.

En cuanto a la estructura de tamaños de los individuos de *N. mezcalaensis*, tampoco hubieron diferencias significativas en el número de individuos presentes por categoría de tamaño. Categoría A ( $t = 0.96$ ; g.l. 2  $p > 0.05$ ) Categoría B ( $t = 0.62$ ; g.l. 2  $p > 0.05$ ) Categoría C ( $t = 0.76$ ; g.l. 2  $p > 0.05$ ).

Existe un efecto de la intensidad de forrajeo en relación, al número de individuos asociados a nodrizas (Cuadro 8). En zonas de baja intensidad de forrajeo se encontró una mayor diversidad (0.314) que en las zonas de alta intensidad (0.112). Estos resultados fueron significativamente diferentes ( $t = 5.131$  g.l.  $\infty$   $p < 0.05$ ) (Figura 9).

**Cuadro 8.** Análisis de ANOVA. Con factores Intensidad de forrajeo (alta y baja) y especie, Covariable la cobertura y variable de respuesta el número de individuos asociados a las especies.

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ASO					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	238731.564 <sup>a</sup>	109	2190.198	1444.009	.021
Intercept	59.915	1	59.915	39.502	.100
COB	10.983	1	10.983	7.241	.227
INTEN	1134.859	1	1134.859	748.218	.023
SPP	100148.067	76	1317.738	868.791	.027
INTEN * SPP	40229.642	31	1297.730	855.600	.027
Error	1.517	1	1.517		
Total	282416.000	111			
Corrected Total	238733.081	110			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = .999)

### DIVERSIDAD DE ESPECIES ASOCIADAS A NODRIZAS

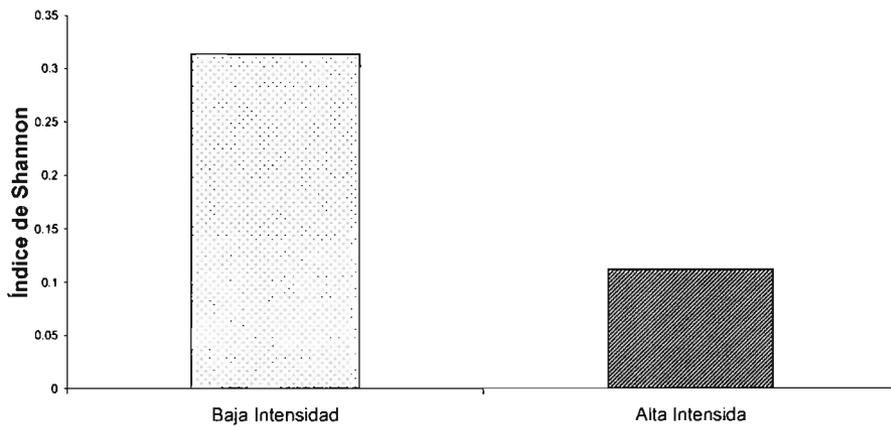


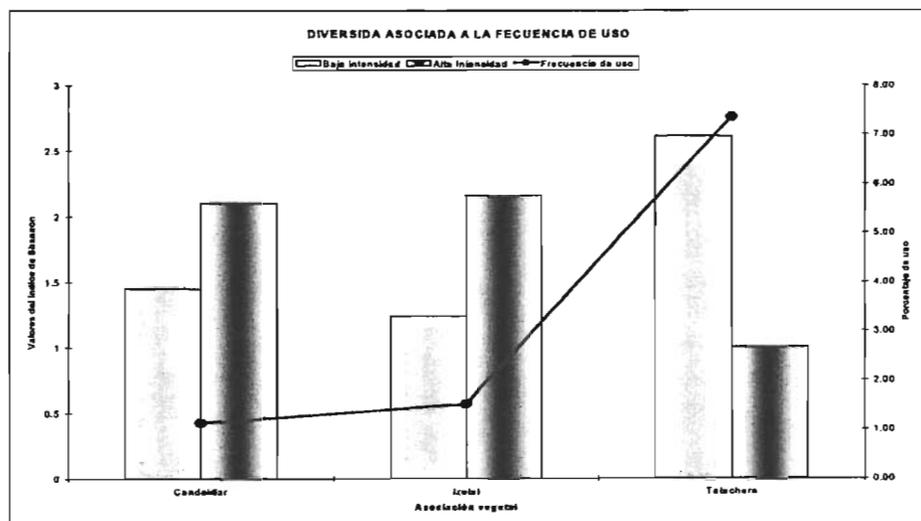
Figura 9. Comparación del índice de diversidad de Shannon en las zonas de baja y alta intensidad ( $t = 89.77$  g.l. 2  $p < 0.05$ ).

### Diversidad en las asociaciones vegetales candelillar, izotal y tetechera bajo diferentes intensidades de forrajeo.

La diversidad de las especies medida por el índice de Shannon en el candelillar e izotal fue más alta en sitios con alta intensidad de forrajeo que en sitios de baja intensidad. Mientras que en la tetechera la frecuencia de visitas fue la más alta y la diversidad fue la menor (Cuadro 13 Figura 6).

INDICE DE SHANNON			
Asociación vegetal	Frecuencia de visitas (%) <sup>2</sup>	Baja Intensidad	Alta intensidad
candelillar	11	1.45	2.1
izotal	15	1.24	3.39
tetechera	74	2.56	.97

**Cuadro 13.** Valores de diversidad (índice de Shannon) y de la frecuencia de visitas del ganado caprino a las distintas asociaciones vegetales. candelillar ( $t = 55.16$  g.l. 2  $p < 0.05$ ), izotal ( $t = 151.96$  g.l. 2  $p < 0.05$ ), tetechera de *N. mezcalaensis* ( $t = 89.77$  g.l. 2  $p < 0.05$ ).



**Figura 6.** Las barras indican el índice de diversidad de Shannon. Se encontraron diferencias significativas para los valores de todas las asociaciones analizadas, candelillar ( $t = 55.16$  g.l. 2  $p < 0.05$ ), izotal ( $t = 151.96$  g.l. 2  $p < 0.05$ ), tetechera de *N. mezcalaensis* ( $t = 89.77$  g.l. 2  $p < 0.05$ ).

Al observar los índices de similitud florística de Jaccard (Figura 7) se encontró la mayor similitud entre las zonas con alta y baja intensidad en el candelillar con un valor de 0.65 la menor similitud de especies se presentó en los sitios de tetechera con un valor de 0.41.

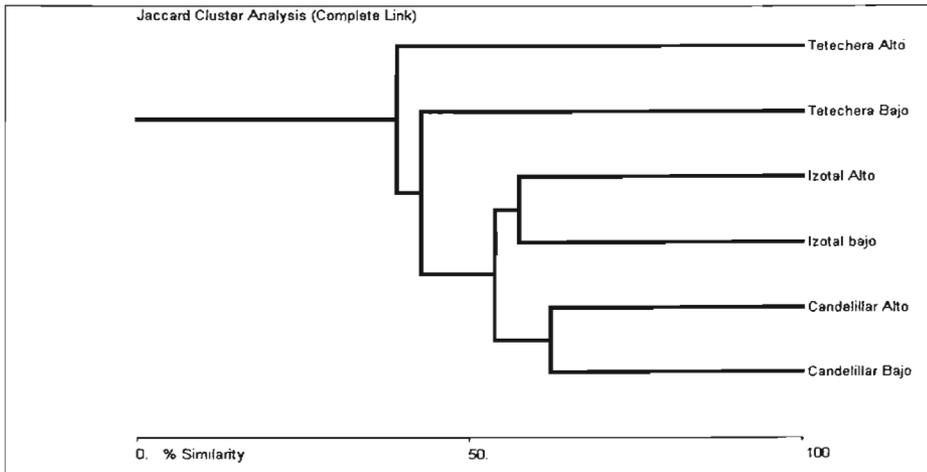


Figura 7. Análisis de similitud florística de Jaccard.

Con base en los muestreos realizados en las tres asociaciones vegetales fue posible hacer una comparación de las características de dominancia y abundancia entre las especies del candelillar, izotal y tetechera en sitios de alto y bajo impacto de forrajeo de cabras y ver cómo varía la dominancia de árboles y arbustos o la abundancia de hierbas a lo largo de todos los sitios comparados. Ese análisis es resumido en los Cuadros 14, 15 y 16.

Para el candelillar y el izotal en ambas intensidades de forrajeo los resultados indican que la especie dominante respectivamente es *Euphorbia antisyphilitica* y *Yucca periculosa*. En el caso de la tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis*, si bien esta es la especie dominante en el sitio de baja intensidad de

forrajeo, en los sitios de alta intensidad aunque es una de las más dominantes es *Lippia graveolens* la que ocupa el primer lugar.

**Cuadro 14.** Índice de Dominancia (I.D.) para las plantas presentes en el candelillar

BAJA INTENSIDAD		ALTA INTENSIDAD	
<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	4097	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	2621
<i>Aeschynomene compacta</i>	2875	<i>Lippia graveolens</i>	956
<i>Ayenia fruticosa</i>	1111	<i>Ayenia fruticosa</i>	456
<i>Mimosa lacerata</i>	317	<i>Mimosa lacerata</i>	390
<i>Turera diffusa</i>	261	<i>Salvia</i> sp	186

**Cuadro 15.** Índice de Dominancia (I.D.) para las plantas presentes en el izotal

BAJA INTENSIDAD		ALTA INTENSIDAD	
<i>Yucca periculosa</i>	2611	<i>Yucca periculosa</i>	1397
<i>Aeschynomene compacta</i>	2221	<i>Aeschynomene compacta</i>	353
<i>Mimosa lacerata</i>	561	<i>Viguiera dentata</i>	332
<i>Acacia subangulata</i>	397	<i>Acacia subangulata</i>	278
<i>Ayenia fruticosa</i>	291	<i>Mimosa lacerata</i>	153

**Cuadro 16.** Índice de Dominancia (I.D.) para las plantas presentes en la tetechera de *N. mezcalaensis*

BAJA INTENSIDAD		ALTA INTENSIDAD	
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	12991	<i>Lippia graveolens</i>	5242
<i>Hechtia</i> sp.	2230	<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	2562
<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	642	<i>Calliandra eryophylla</i>	540
<i>Buddleja</i> sp.	477	<i>Yuca periculosa</i>	490
<i>Lysiloma acapulcense</i>	441	<i>Echinopterys eglandulosa</i>	349

## DISCUSIÓN

La caprinocultura en San Juan Raya ha permitido a las familias campesinas diversificar sus actividades de subsistencia, convirtiéndose en una alternativa productiva y de empleo. Sin embargo, el sistema de producción actual presenta limitantes similares a las reportadas para otras poblaciones de la región (Carrasco, 1992; García, 1996 y Hernández, 2000). Algunas de estas limitantes observadas mediante el trabajo de campo son: una deficiente nutrición del ganado, que se acentúa sobretudo en la época de secas, prácticas inapropiadas de cruzamiento, la presencia continua de enfermedades y un sistema de pastoreo que determina la existencia de zonas con alta presión de forrajeo.

Según el coeficiente de agostadero aplicado (COTECOCA, 1978) la vegetación en San Juan Raya se encuentra en condiciones de sobrepastoreo. Sin embargo, es importante señalar que el manejo que hacen los pastores de los hatos es esencial no sólo para determinar la capacidad de carga de un sistema, sino también por que la preferencia por conducir a los hatos por rutas bien definidas promueve que existan zonas específicas que presentan conjuntamente una alta densidad de animales y una alta frecuencia de visitas, lo cual puede ser un factor importante que deteriora las condiciones del ambiente en esos sitios.

Se confirmó al igual que en otros trabajos (Carrasco, 1992; Molinillo y Monasterio, 1997) que uno de los principales factores que influye en la elección y frecuencia de visitas a los lugares de pastoreo es la topografía del territorio. Esto puede estar relacionado con el esfuerzo que realizan los pastores durante los recorridos, debido a que las personas invierten en promedio 8 horas diarias en las jornadas de trabajo, pero prefieren visitar lugares planos mas que lugares con mayor pendiente. Factores como la topografía, propician que el uso de los recursos vegetales en San Juan Raya no sea homogéneo y que la actividad caprina se concentre principalmente en parches de algunas asociaciones vegetales (tetechera, izotal y candelillar), mientras que los recursos de otras son subutilizados (mezquital).

Dado que la adecuación de las plantas depende entre otras cosas de la dinámica poblacional de los herbívoros y de la intensidad y la frecuencia del daño (Archer y Pyke, 1991; Pare, 1999), en el presente estudio además de su evaluar la capacidad de carga, se evaluó la frecuencia de visitas a las diferentes asociaciones vegetales. Lo cual dio una mejor idea de las zonas que son más vulnerables a la actividad caprina. Para determinar el efecto del ganado caprino en las tres asociaciones vegetales se tomaron como indicadores la diversidad biológica y las consecuencias en los procesos responsables del mantenimiento de ésta, como es la facilitación. Debido a que la intensidad de forrajeo puede afectar el número de especies presentes en un lugar como lo señalan Paton *et al*, (1999).

Los resultados obtenidos en el candelillar e izotal indican que en los sitios de alta intensidad de forrajeo, es decir, aquellos que fueron visitados más frecuentemente por el ganado, ubicados dentro de las rutas de pastoreo la diversidad fue mayor, que en aquellos sitios donde se determinó una intensidad de forrajeo baja. De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio, esto podría explicarse por que en comparación con la tetechera, el candelillar e izotal presentaron significativamente un menor grado de perturbación de forrajeo del ganado caprino, de hecho, se podría considerar que en estas asociaciones el nivel de perturbación es intermedio.

Varios autores sugieren (Conell, 1978; Anderson y Holte 1981; Sousa, 1984; Hobbs, 1992) que cuando la perturbación en un sistema no rebasa la capacidad de carga, se crea una oportunidad para que nuevos individuos se establezcan. La perturbación intermedia puede favorecer la diversidad al evitar la exclusión competitiva dentro de una comunidad (Conell, 1978)

También existen algunas especies de niveles tróficos altos, que pueden evitar que una especie vegetal monopolice los recursos y se constituya como dominante (Paine, 1966). En este sentido, el ganado caprino podría influir en la diversidad del candelillar y el izotal de forma positiva, debido a que consume especies competitivamente dominantes como *Turnera difusa*, en el caso del candelillar y en el caso del Izotal *Aeschynomene compacta*.

El índice de similitud florística de Jaccard mostró que a pesar de la diferente intensidad de forrajeo las zonas de candelillar e izotal comparadas son semejantes. Un estudio realizado por Valiente-Banuet *et al*, (2000) sobre la Vegetación del Valle de Tehuacán, presenta datos que coinciden con los arrojados por el presente estudio sobre la composición del candelillar e izotal, sugiriendo así que el forrajeo no tiene efectos importantes en la composición de estas comunidades cuando no se rebasa la capacidad de carga.

La tetechera de *N. mezcalaensis* fue la asociación vegetal que dentro de las rutas de pastoreo presentó la frecuencia de visitas significativamente más alta. De hecho, existen algunas variables que indican que en los sitios de alta intensidad de forrajeo, al rebasar la capacidad de carga hay cambios en la dominancia. También se determinó en zonas de alta intensidad de forrajeo de esta asociación vegetal un decremento de la diversidad. Algunas especies afectadas son *Lysiloma acapulcense*, *Acacia cochliacanta*, y *A. subangulata*.

En lo que se refiere a los efectos indirectos del forrajeo de los caprinos evaluados en la tetechera, se encontró que el dosel, en los sitios de alta intensidad de forrajeo disminuyó significativamente, lo cual como lo sugiere Conell, (1978) puede provocar condiciones ambientales más estresantes para el establecimiento y sobrevivencia de las especies asociadas. Esta situación indirectamente afectó la regeneración de especies de cactáceas asociadas a nodrizas (Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae y Verbenaceae).

A pesar de que disminuyó la diversidad de cactáceas asociadas, en el caso específico de la tasa de regeneración de *N. mezcalaensis*, los datos sugieren que no hay diferencias significativas entre los sitios de alta y baja intensidad de forrajeo, lo cual se puede explicar debido a que las semillas de esta especie se consideran altamente eficientes para establecerse en diferentes ambientes (Medina, 2004). A pesar de que la regeneración de esta especie no es afectada por el forrajeo, si hubo un cambio en el porcentaje de individuos asociados a cada especie nodriza, encontrándose la mayor cantidad de individuos asociados debajo del dosel de *L. graveolens* en zonas donde la actividad de los caprinos es muy intensa.

En los sitios de alta intensidad de forrajeo de la tetechera, la presencia de *L. graveolens* fue muy importante como nodriza debido a que en sitios de alta intensidad de forrajeo se encontró un mayor número de individuos de cactáceas agregadas a cada arbusto de esta especie, por lo que su presencia puede ser clave para mantener la diversidad de su comunidad (Tewkbury y Lloyd, 2001). La respuesta diferencial de las poblaciones al forrajeo podría estar influyendo en la alta densidad de *L. graveolens* en los sitios de alta intensidad de forrajeo Luken (1990), aunque también podría estar determinada por el sistema de uso de los recursos de la población, es decir, debido a que el orégano es una planta con valor medicinal y económico Casas *et al.*, (2001) para la población.

Cabe mencionar que sería importante evaluar el papel que juega *Euphorbia antisyphilitica* como especie facilitadora en el candelillar, debido a que los muestreos en la tetechera de bajo impacto de forrajeo, la señalan como una de las especies importantes en la regeneración de cactáceas.

La evaluación del hábito alimenticio indica que los caprinos seleccionan su alimento y que el consumo de las especies que forrajean se mantiene constante en todas las asociaciones vegetales que visitan. En zonas de baja intensidad de forrajeo donde generalmente no se les conduce eligen principalmente las siguientes familias Fabaceae, Turneraceae, Verbenaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae y Asteraceae. Observaciones de campo indican que la preferencia en sitios con alta intensidad de forrajeo en donde ya están establecidas rutas de paso, la elección se mantiene hacia algunas de éstas (Fabaceae, Euphorbiaceae, Verbenaceae y Asteraceae), e incorporan otras como Cactaceae y Fouquieriaceae. En el caso de la familia de las Cactáceas cabe destacar que su consumo no ocurre comúnmente y que solo incrementa en la época de secas cuando los recursos son escasos, además de que solo se observó el consumo de *Opuntia pillifera*.

Contrario a lo especulado por Esparza-Olguín *et al.*, (2002) se puede decir que el forrajeo del ganado caprino no afecta directamente la dinámica poblacional de cactáceas columnares de esta zona, ya que no se observó que tuvieran una preferencia por plantas con una estructura de tamaño menor a 50 cm. En este

sentido, los resultados de este estudio muestran que los caprinos no consumen plántulas de cactáceas y que no se les puede considerar como depredadores de estas plantas.

El presente trabajo confirma la preferencia de las cabras por el estrato arbustivo en las zonas áridas (López y Zárate, 1900; Peinado-Lucena *et al.* 1992; Genin y Pijoan, 1993). El patrón de consumo encontrado en la vegetación de San Juan Raya coincide con lo reportado por Ramírez (1999) para el noreste de México ya que el ganado en esta región consume arbustos como *Acacia rigidula*, *Cercidium macrum* y *Polieria angustifolia* y por Acosta (1998) para la selva baja de Venezuela en donde los caprinos prefieren arbustos de la familia de las leguminosas. Según McCammon-Feldman (1981), el consumo de plantas leñosas en las zonas semiáridas puede estar caracterizado por el contenido de proteína que generalmente va de moderado a alto, el bajo contenido de fibra y la moderada digestibilidad.

La abundancia de las arbustivas en San Juan Raya representa un excelente recurso alimenticio para las cabras, el uso de este recurso debería ser apoyado con una suplementación con especies nativas. En este sentido, será importante hacer estudios específicos acerca de la calidad nutricional de especies como *Dalea sp*, *Aeschynomene compacta*, *Prosopis laevigata*, *Perymenium mendezii*, *Senna sp* y *Crotalaria sp*, *Bouvardia erecta*, *Turnera difusa*, *Echinopterys eglandulosa* y *Montanoa tehuacana*. Debido a que dichas especies son seleccionadas principalmente por el ganado caprino y que para algunas de ellas ya ha señalado su uso como forraje (Casas *et al.*, 2001).

El manejo adecuado de los caprinos es imprescindible debido a que de seguir concentrándose solo en algunos manchones como en el caso de la tetechera de *N. mezcalaensis* se pondrá en peligro la permanencia de esta asociación y de la diversidad que guarda. Las acciones de reforestación con especies nativas con potencial forrajero y especies como *Acacia constricta*, *Euphorbia antisiphylitica* y *Lippia graveolens* importantes facilitadoras serán de fundamental importancia para llevar a cabo la recuperación de zonas degradadas.

## CONCLUSIONES

- Los resultados del presente estudio indican para los casos del candelillar e izotal que no existen evidencias contundentes de que necesariamente la diversidad decrece cuando la intensidad de forrajeo es alta, siempre y cuando no se rebase la capacidad de carga del sistema, como sucedió en el caso de la tetechera. Los cambios causados en la diversidad pueden variar dependiendo principalmente de la intensidad de forrajeo (frecuencia de visitas), así como, de la capacidad de respuesta de cada una de las comunidades (Crawley, 1983; Molinillo y Monasterio, 1997; Paton *et al.*, 1999).
- La información obtenida en este trabajo permite un mejor acercamiento y comprensión del sistema, lo cual es importante para promover estrategias de manejo, conservación y restauración más adecuadas. En específico, para impulsar una estrategia de restauración de las zonas afectadas por la práctica de la ganadería caprina, será conveniente realizar un ordenamiento ecológico comunitario del territorio, que cuente con un programa de manejo para optimizar el uso de los recursos y organizar de una mejor manera las actividades relacionadas con el pastoreo. Este plan de manejo deberá incluir la capacitación técnica con módulos que fomenten una caprinocultura planeada, organizada y rentable.
- Se propone la propagación de especies claves que favorecen la regeneración de cactáceas como *Euphorbia antisiphilitica*, *Acacia constricta* y *Lippia graveolens*. Así como, especies nativas con potencial forrajero como *Dalea sp*, *Aeschynomene compacta*, *Prosopis laevigata*, *Perymenium mendezii*, *Senna sp* y *Crotalaria sp*, *Bouvardia erecta*, *Turnera difusa*, *Echinopterys eglandulosa* y *Montanoa tehuacana*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, H. I. 1986. Ramoneo de las cabras en un bosque seco tropical: especies consumidas y su valor nutritivo. *Revista de la facultad de agronomía (LUZ)* 7: 1 64 – 71.
- Aldezabal, A. y Garin. I. 2000. Browsing preference of feral goats (*Capra hircus* L.) in a Mediterranean mountain scrubland. *Journal of Arid Environments* 44: 133 – 142.
- Anderson, E. J. y Holte, E. K. 1981. Vegetation development over 25 years without grazing on Sagebrush-dominated rangeland in southeastern Idaho. *Journal of Range Management* 34: 1 25 – 29.
- Archer, S. y Pyke, D. A. 1991. Plant-animal interactions affecting plant establishment and persistence on revegetated rangeland. *Journal of Range Management* 44: 6 558 – 565.
- Arias, T. A. A., Valverde, V. T. M. y Reyes, S. J. 2001. *Las plantas de la región de Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UNAM. 72 p.
- Begon, M., Harper. L. J., Townsend. R. C. 1988. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Ediciones Omega. Barcelona. 886 p.
- Belovsky, G. E. 1986. Herbivore optimal foraging: a comparative test of three models. *The American Naturalist* 124 (1): 97 – 115.
- Belsky, A. J. 1992. Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. *Journal of Vegetation Science* 3: 187 – 200.
- Bergström, R. 1992. Browse characteristics and impact of browsing on trees and shrubs in African savannas. *Journal of Vegetation Science* 3: 315 – 324.
- Brown, H. J. y Heske. J. E. 1990. Control of a Desert-Grassland Transition by a Keystone Rodent Guild. *Science* 250: 1705-1707.
- Bryant, J. P., Provenza, F. D., Pastor, J., Clausen, T. P., Reichardt, P. B. Y Toit, J. T. 1991. Interactions between woody plants and browsing mammals

- mediated by secondary metabolites. *Annual Review of Ecology Systematics* 22: 431-446.
- Bullock, J. D. 1985. Annual diets of hill sheep and feral goats in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology* 22: 423 – 433.
- Callaway, R. M. y Pugnaire F. I. 1999. Facilitation in plant communities. En: Pugnaire F. I. y Valladares F. (eds) *Handbook of Functional Plant Ecology*, p. 623 - 648. Marcel Dekker Inc., New York.
- Carrasco, B. C. 1992. Diagnóstico de la situación y efecto de la asesoría en ganado caprino en la población de San Sebastián Frontera, municipio de Chazumba, Oaxaca. Tesis de licenciatura, Chapingo, México. 85 p.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A., Dávila, P. 1999. Reproductive biology and the process of domestication of the columnar cactus *Stenocereus stellatus* in Central Mexico. *American Journal of Botany* 86: 534-542.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Viveros, J. L., Caballero, J., Cortéz, L., Dávila, P., Lira, R. y Rodríguez, I. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 55: 129 – 166.
- Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science*. 199: 1302 – 1310.
- Crawley, J. M. 1983. *Herbivory. The dynamic of animal-plant interactions*. University of California press. 437 p.
- Cuartas, P. y García-González. R. 1992. *Quercus ilex* browse utilization by Capryni in Sierra de Carzola and Segura (Spain). *Vegetatio* 99: 317 – 330.
- Diamond, J. y Case, J.T. 1986. *Community ecology*. Harper & Row, Publishers, New York. 665 p.
- Donlan, J. C., Tershy, R. B. y Croll, A. D. 2002. Islands and introduced herbivores: conservation actions as ecosystem experimentation. *Journal of Applied Ecology* 39: 235 – 246.

- Dumont, B., Meuret, M., Prud'hon, M. 1995. Direct observation of biting for studying behavior of goats and llamas on garrigue rangelands. *Small Ruminant Research* 16: 27 -35.
- Esparza-Olguín, L., Valverde, T. y Vilchis-Anaya, E. 2002. Demographic análisis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, México. *Biological Conservation* 103: 349 – 359.
- Esparza-Olguín, L., Valverde, T. Y Vilchis-Anaya, E. 2002. Demographic analysis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Mexico. *Biological Conservation* 103: 349 – 359.
- Everitt, B.S. 1977, The analysis of contingency tables. Halsted press. New York, 128 p.
- Flores, I. O., Bolivar, D., Botero, A. J. y Ibrahim, M. A. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 10: 1 1 – 7.
- García, H. A., 1996. La caprino cultura en la mixteca oaxaqueña, Orígenes. *Ciencias* 44: 28 – 31.
- Genin, D y Pijoan, A. P. 1993. Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, México. *Small Ruminant Research* 10: 1 – 11.
- Godínez-Alvarez, 2002
- Godínez-Alvarez, H y Valiente-Banuet, A. 1998. Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments* 39: 21 - 31.
- Hamann, O. 2001. Demographic studies of three indigenous stand-forming plant taxa (*Scalesia*, *Opuntia* and *Bursera*) in the Galápagos Islands, Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 10: 223 – 250.
- Hayashi, I. 1996. Five years experiment on vegetation recovery of drouhht deciduous woodland in Kitui, Kenya. *Journal of Arid Enviroments* 34: 351 – 361.

- Hernández, S. R., Fernández, C. y Baptista, P. 2003. *Metodología de la investigación*. Tercera edición. McGraw Hill Interamericana. México 505 p.
- Hernández, Z. J. S. 2000. La caprina cultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción. *Archivos de Zootecnia* 49: 187 341 – 352.
- Hobbs, J. R. y Huenneke, F. L. 1992. Disturbance, diversity, and invasión: Implications for conservation. *Conservation Biology* 6 3 324 – 337.
- Hoffman, R.R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 443 – 457.
- Holechek, L. J., Vavra, M y Pieper, D. R. 1982. Botanical composition determination of range herbivore diets: a review. *Journal of Range Management* 35: 3 309 – 315.
- Hunter, F. A. y Aarssen. L. W. 1998. Plants helping plants. *BioScience* 38: 1 34-40
- Ibarra, F. F. 1990. Importancia de los sistemas de pastoreo. *Memorias de los festejos conmemorativos del 21 aniversario del CIPES*.
- INEGI, 2001. Anuario estadístico, Puebla. México. 1ª edic. 881 p.
- Khurana, E. y Singh, J. S. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Tropical dry Forest* 28: 1: 39-52.
- León de la Cruz, J. L., Rebman, P. J. Y Oberbauer, T. 2003. On the urgency of conservation on Guadalupe Island, Mexico: is it a lost paradise?. *Biodiversity and Conservation* 12: 1073 – 1082.
- Loope, L. L., Hamann, O y Stone, P. C. 1988. Comparative conservation biology of oceanic Archipelagoes. *BioScience* 38: 4 272 – 281.
- López, V. S. y Zárate, R. F. 1990. Caprinos comportamiento y hábitos alimenticios en pastoreo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 46 p.
- Luken, O. J. 1990. *Directing Ecological succession*. Edit. Chapman and Hall. 251 p.
- Magurran, E. A. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral. Barcelona, España. 200 pp.

- Manzano, M. G. y Návar, J. 2000. Processes of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipas thornscrub (matorral) in north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 44: 1 – 17.
- Marín, L. I. y Arias, P. M. 2003. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. <http://www.sagar.gob.mx>.
- McCammon-Feldman, B., Soest, V. P. J., Horvath, P. y McDowell, R. E. 1981. *Feeding strategy of the goat*. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, New York. 37 p.
- McNaughton, S. J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the serengeti. *The American Naturalist* 113: 5 619 – 703.
- McNaughton, S. J. 1985. Ecology of a grazing ecosystem: The Serengeti. *Ecological Monographs* 55: 3 259 - 294.
- Medina, S. J. 2004. Recursos hídricos del suelo y requerimientos para la germinación de semillas de cinco cactus columnares, con poblaciones segregadas en el Valle de Tehuacán. Tesis de Maestría, UNAM. México. 63 p.
- Milchunas, D. G., Salas, E. O. y Lauenroth, K. W. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist* 132:1 87 – 106.
- Molinillo, M. y Monasterio, M. 1997. Pastoralism paramo environments: practices, forage, and impact on vegetation in the cordillera of Merida, Venezuela. *Mountain Research and Development* 17: 3 197 – 211.
- Moreno, C. E. 2001. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Veracruzana. 1° Edic. 49 p.
- Mothershead, K y Marquis, J. R., 2000. Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. *Ecology* 81: 1 30 – 40.
- Negi, S. C. G., Rikhari, C. H., Ram, J. y Singh, P.S. 1993. Foraging niche characteristics of horses, sheep and goats in an alpine meadow of the Indian. *Journal of Applied Ecology* 30: 383 – 394.

- Oba, G. y Post. E. 1999. Browse production and offtake by free-ranging goats in an arid zone, Kenya. *Journal of Arid Environments* 43: 183 – 195.
- Olf, H., Ritchie, E. M. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Tree* 13: 7 261 – 265.
- Osorio, B. O. 1996. *Descripción de la vegetación en los alrededores del cerro Cuta en el valle de Zapotitlan de las Salinas, Edo. de Puebla*. UNAM. 48 p.
- Owens, K. M. 1991. Utilization patterns by Angora goats within the plant canopies of two Acacia shrubs. *Journal of Range Management* 44: 5 456 – 460.
- Owen-Smith, N y Cooper. M. S. 1987. Palatability of woody plants to browsing ruminants in a south African savanna. *Ecology* 68: 2 319 – 331.
- Paine, T. R. 1966. Food web complexity and species diversity. *The American Naturalist* 100: 910 850 – 860.
- Papanastasis, P. V. 1985. la integración de las cabras en los bosques mediterráneos <http://www.fao.org/docrep.htm>.
- Pare, B. K. 1999. Influencias de la heterogeneidad edáfica en la asignación de recursos y en la herbivoría de *Dialium guianense* (Caesalpinaceae): consecuencias ecológicas y evolutivas. Tesis de Licenciatura. UNAM. 71 p.
- Paton, D., Osorio, R., Le Floc'h, E., Azócar, P., Portilla, L. 1999. Analysis of a multivariate model for detecting browsing pressure by goats in the arid zone of Northern Chile. Application to *Bridgesia incisifolia* (Bert. Ex Cambess) scrublands. *Journal of Arid Environments* 43: 197 – 204.
- Peinado-Lucena, E., Sánchez Rodríguez, M., Gómez-Castro, A.G., Mata-Moreno, C y Gallego-Barrera, A. J. 1992. Dry matter intake per mouthful by grazing dairy goats. *Small Ruminant Research* 7: 215 –223.
- Polis, A. G. 1991. *The Ecology of Desert Communities*. University of Arizona Press. Arizona 456 p.
- Pugnaire, F. I. y Valladares F. 1999. Facilitation in plant communities. In: Pugnaire, F. I. y Valladares F. (Eds). *Handbook of functional plant ecology*. New York. 911 p.

- Ramírez, G. R. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Ruminant Research* 34: 215 – 230.
- SARH. 1978. *Monografía de coeficientes de agostadero estados de Puebla y Tlaxcala*. COTECOCA. 164 p.
- Scott, M. L., Soulé, E. M. y Doak., F. D. 1993. The keystone-species concept in ecology and conservation. *BioScience* 43: 4 219 – 224.
- Seif, El Din. y Obeido, M. 1971. Ecological studies of the vegetation of the Sudan. IV. The effect of simulated grazing on the growth of *Acacia Senegal* (L.) willd. seedlings. 8: 211 – 217.
- Serrano, S. A. 2005. *Contaminación en dos comunidades indígenas de la Sierra de Santa Marta Veracruz. Los desechos sólidos y el agua*. Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, 205 p.
- Sharaf, E. K. y Price, V. M. 2004. Does pollination limit tolerance to browsing in *Ipomopsis aggregata*?. *Oecologia* 138: 396 – 404.
- Sharon, y Strauss. 1991. Indirect effects in community ecology: their definition, study and importance. *Tree* 6: 7 206 – 210.
- Sousa, P. W. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353 – 391.
- Suzán, H., Nabhan, G. P. y Patten, D. T. 1996. The importance of *Olneya tesota* as a nurse plant in the Sonoran Desert. *Journal of Vegetation Science* 7: 635 -644.
- Tewkbury, J. J. y Lloyd, D. L. 2001. Positive interactions under nurse-plantas: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127: 425 - 434.
- Valiente-Banuet, A. y Ezcurra, E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan valley, México. *Journal of Ecology* 79: 961 – 971.
- Valiente-Banuet, A., Casas. A., Alcántara. A., Dávila. P., Flores-Hernández, N., Arizmendi. M. del C., Villaseñor. J. L., Ortega. R. J. y Soriano. J. A. 2000.

La vegetación del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica* 67:

- Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A., Arizmendi M. del C. y Dávila, P. 1997. Pollination Biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in de Tehuacán Valley, central Mexico. *American Journal of Botany* 84: 452 - 455.
- Valiente-Banuet, A., Vite, F. y Zavala-Hurtado, J. A. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science* 2: 11 – 14.
- Vitousek, P.M.; y Walker, L.R.; Whiteaker, L.D. y Matson, P.A. 1993. Nutrient limitation to plant growth during primary succession in Hawaii Volcanes National Park. *Biogeochemistry* 23:197-215.
- Walker, W. J., Kronberg. L. S., Al-Rowail. S., WestE. N. 1994. Comparison of sheep and goat preferences for leafy spurge. *Journal of Range Management* 47: 429 – 434.
- Yahaya, M. S., Takahashi, J., Matsuoka, S., Kibon, A. y Dibal, D.B. 2000. Evaluation of arid browse species from north eastern Nigeria using pen fed goats. *Small Ruminant Research* 38: 83 – 86.
- Zamora, R., Gómez. M. J., Hódar. A. J., Castro. J. y García. D. 2001. Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean enviroment: consequences for forest regeneration. *Forest Ecology and Management* 144: 33 – 42.
- Zar, H. J. 1978. *Biostatistical Analysis*. Edit. Prentice-hall. 2º Edic. 718 p.