



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E
INVESTIGACIÓN EN SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

ESTABLECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN TRADICIONAL MODIFICADO A SILVOPASTORIL
PARA PRODUCCIÓN OVINA EN XALTEPUXTLA, PUEBLA

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

HILARIO JUSTINO CAAMAL CANCHÉ



Bajo la supervisión de: **Dra. María Edna Álvarez Sánchez y**

Ph D. Ricardo Daniel Améndola Massiotti

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México, diciembre 2016

ESTABLECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN TRADICIONAL MODIFICADO A SILVOPASTORIL PARA PRODUCCIÓN OVINA EN XALTEPUXTLA, PUEBLA

Tesis realizada por **HILARIO JUSTINO CAAMAL CANCHÉ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

DIRECTOR:



DRA. MARÍA EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

CODIRECTOR:



Ph. D. RICARDO DANIEL AMÉNDOLA MASSIOTTI

ASESOR:



DR. HUGO RAMÍREZ MALDONADO

CONTENIDO

Lista de cuadros.....	VI
Lista de figuras.....	VII
Abreviaturas usadas	VIII
Dedicatorias	IX
Agradecimientos	X
Datos biográficos	XI
Resumen general.....	XII
General abstract	XIII
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA, XALTEPUXTLA, PUEBLA	5
2.1.1. Milpa tradicional y traspatio	8
2.1.2. Ganadería extensiva.....	9
2.1.3. Explotación y aprovechamiento Forestal	9
2.2. TECNOLOGÍAS SILVOPASTORILES PARA PRODUCCIÓN DE OVINO	13
2.2.1. Pastoreo en plantaciones forestales	13
2.2.2. Bancos de proteína.....	14
2.2.3. De corte y acarreo, de ramoneo y ramoneo más pastoreo	15
2.2.4. Forrajeras leñosas (Arbóreas y arbustivas)	18
2.2.5. Forrajeras herbáceas.....	24
2.3. CANTIDAD Y CALIDAD DE FORRAJE	26
2.3.1. Estimación de la Producción de forraje (t MS ha ⁻¹ año ⁻¹)	26
2.3.2. Porcentaje de cobertura.....	29
2.3.3. Composición química de los alimentos.....	31

2.4. INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA	33
2.5. LITERATURA CITADA	35
3. ESTABLECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA TRADICIONAL MODIFICADO A SILVOPASTORIL POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN OVINA	41
3.1. RESUMEN.....	41
3.2. ABSTRACT	42
3.3. INTRODUCCIÓN	43
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.4.1. Área de estudio.....	45
3.4.2. Método de investigación, diseño experimental y muestreo.....	46
3.4.3. Variables de estudio	49
3.4.5. Análisis estadístico	49
3.4.5. Desarrollo de la investigación	50
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
3.5.1. Establecimiento.....	58
3.5.2. Producción y tasa de acumulación de forraje	62
3.5.3. Composición nutricional del forraje	71
3.5.4. Costos de establecimiento y mantenimiento de un silvopastoril	77
3.5.5. Difusión de resultados de investigación en la comunidad.....	79
3.6. CONCLUSIONES	81
3.7. LITERATURA CITADA	83
4. ANEXO	88
4.1. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA PARA EL MANEJO Y PRODUCCIÓN DE OVINOS	88
4.1.1. Zacate bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>).....	88
4.1.2. Producción ovina	89
4.1.3. Carga animal de producción ovina en sistemas silvopastoriles	90

4.1.4. Razas de ovino recomendadas para climas subtropicales	92
4.1.5. Manejo de hato	94
4.1.6. Suplementos nutrimentales para ovinos	95

Lista de cuadros

Cuadro 1. Fechas de muestreo de producción de forraje y días de descanso respectivos.....	48
Cuadro 2. Fertilización mineral aplicada en el sistema silvopastoril.	52
Cuadro 3. Medias de sobrevivencia de especies arbustivas en un silvopastoril (Julio-octubre 2015).....	59
Cuadro 4. Medias de porcentaje de sobrevivencia de árnica, verano 2016.....	60
Cuadro 5. Medias de cobertura de herbáceas en dos condiciones de campo..	61
Cuadro 6. Medias de producción de forraje de arbustivas en diferentes fechas de corte, en dos condiciones de campo.....	64
Cuadro 7. Medias de tasa de acumulación de forraje ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) de arbustivas en dos condiciones de campo.	65
Cuadro 8. Medias de crecimiento en altura de arbustivas en dos condiciones de campo.	65
Cuadro 9. Medias de producción de forraje (kg MS ha^{-1}) de herbáceas en dos condiciones de campo.	67
Cuadro 10. Medias de crecimiento en altura de herbáceas en dos condiciones de campo.	68
Cuadro 11. Medias de densidad de plantas de arbustivas bajo dos condiciones de campo.	70
Cuadro 12. Medias de densidad de plantas de cacahuatillo bajo dos condiciones de campo.	70
Cuadro 13. Medias de concentración de macro y micro nutrientes en hoja y tallo de forrajeras bajo en dos condiciones de campo a 90 días de descanso.	72
Cuadro 14. Composición química de forraje en hojas y tallos en dos condiciones de campo a 90 días de descanso, mes de julio 2016.	74
Cuadro 15. Costos de establecimiento de un silvopastoril, año 2015.	77

Cuadro 16. Costos de mantenimiento del silvopastoril, año 2016. 78

Lista de figuras

Figura 1. Finca Ocotitla en Xaltepuxtla Puebla. 45

Figura 2. Diagrama ombrotérmico Xaltepuxtla, Puebla..... 46

Figura 3. Curva de nubosidad en el sitio de estudio. 46

Figura 4. Diseño experimental en dos condiciones de campo a cielo abierto y bajo reforestación. 47

Figura 5. Establecimiento de especies arbustivas, siembra en tresbolillo. 48

Figura 6. Trabajos de espaciamiento y medición de área de siembra del silvopastoril. 52

Figura 7. Tratamiento a semillas de frijol palo, guaje y del material vegetal de cacahuatillo. 53

Figura 8. Preparación de terreno y siembra de forrajeras..... 54

Figura 9. Zona de corte en arbustivas forrajeras a 60 cm de altura..... 55

Figura 10. Poda y colecta de muestra en especies arbustivas. 55

Figura 11. Poda y cuantificación de forraje de cacahuatillo. 56

Figura 12. Muestreo del porcentaje de cobertura de herbáceas..... 56

Figura 13. Tasas de acumulación de forraje de especies arbustivas en un silvopastoril con ornamentales en Xaltepuxtla, Puebla. CA significa cielo abierto y BR bajo reforestación..... 63

Figura 14. Tasa de acumulación de herbáceas a cielo abierto. 68

Figura 15. Curva de crecimiento de arbustivas en dos condiciones de campo. 69

Abreviaturas usadas

Bosque Mesófilo de Montaña	BMM
Área de Protección de Recursos Naturales	APRN
Modelo Integral de Intervención Agroforestal	MIIA
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	CONANP
Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas	FODA
Programa Nacional de Reforestación	PRONARE
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	FAO
Investigación Acción Participativa	IAP
Templado Húmedo-Semicálidos Húmedo	Cf-Ac
Procedimiento Modelo General Lineal	PROC GLM
Procedimiento para análisis de media, varianza y desviación estándar	PROC MEANS
Probabilidad de la diferencia	PIDFF
Punto de muestreo	PM
Consumo Materia Seca	CMS
Unidad Animal Estándar	UAE
Radiación	R°
Temperatura	T°
Humedad	H°
Amoníaco	NH ₃
Proteína Cruda	PC
Fibra Detergente Neutro	FDN
Fibra Detergente Ácido	FDA
Digestibilidad <i>In vitro</i> de Materia Seca	DIVMS
Kilogramos de Materia Seca por Hectárea	kgMSha ⁻¹
Partes por millón	ppm
Unidad Experimental	UE

Dedicatorias

A Dios, quien nos dio la vida, quien es dador de toda dádiva y de todo don perfecto y, por que sin él nada soy.

A mi padre Justo Caamal y Canul † y madre María Lidia Canché Mukúl por instruirme con amor en el camino de Dios enseñándome a ser una persona humilde y respetuosa.

A mis hermanitos Ana Lucely, José Marcelino y Freddy Ariel por cuidar de mamá durante mi ausencia de casa, por creer en mí, por su confianza y empuje en todo momento.

A mis tías Noemy y Rosita por querer y acompañar siempre a mi madre y hermanitos.

A mis tíos Antonio y Timoteo y sus familias por estar cerca de mi hogar en este tiempo.

A mis amigos de la Repseram por permitirme este tiempo y hacerme sentir siempre aun parte del equipo de trabajo.

Y a mí, porque mi humildad, respeto, esfuerzo y disciplina no faltaron a pesar de las adversidades vividas.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme la beca para la realización de mi Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, sin ella hubiera sido imposible realizarla.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por darme ésta oportunidad formando mi perfil profesional durante dos años de estudio, en especial grupo de investigadores que integran el Posgrado en Agroforestería por todas sus enseñanzas.

A la Dra. María Edna Álvarez Sánchez, por el tiempo, su paciencia en mí, su dirección y acompañamiento dedicado en todo momento haciendo posible la realización del presente trabajo.

Al Dr. Ricardo Daniel Améndola Massiotti, por su oportuna asesoría y trabajo dedicado en esta investigación.

Al Dr. Hugo Ramírez Maldonado, por su aporte para mejoría de este trabajo.

A la comunidad Xaltepuxtla Puebla, en especial a Angelina Luna Velázquez, Juana García Porfirio, Antonia Luna Velázquez, Juan Castillo Pérez, Hermelindo Castillo Pérez y Lázaro Pérez Velázquez así jóvenes Juan, Luis y José por su apoyo en el desarrollo de actividades en campo y amistad.

A la Dra. María Magdalena Crosby Galván, Ing. Margarita Crosby Galván, Ing. Jovany Fortino Rivera de la Cruz y técnico Erika Herrera Mendoza por su apoyo en laboratorio para la realización de los análisis de forraje.

A la Comunidad Cristiana Chapingo: amig@s Adriana Zárate Chávez y Pascual Cruz Sánchez por enseñarme a caminar de la mano de Dios aún lejos de casa.

A mi familia, a mis padres, hermanitos y tías así amigos por ser a la distancia un pilar de apoyo en todo momento.

Gracias

Datos biográficos



Datos personales

Nombre	Hilario Justino Caamal Canché
Fecha de nacimiento	14 de abril de 1984
Lugar de nacimiento	San Felipe Primero, José María Morelos, Quintana Roo
No. Cartilla Militar	C_8030063
CURP	CACH840414HQRMN05
Profesión	Ingeniero en Agroecología
Cédula profesional	7568557

Desarrollo Académico

Bachillerato	Colegio de Bachilleres Plantel José María Morelos, Quintana Roo (COBAQROO)
Licenciatura	Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQROO)

Resumen General

Establecimiento y productividad de un sistema de producción tradicional modificado a silvopastoril para producción ovina en Xaltepuxtla, Puebla

La producción tradicional de ornamentales principalmente chima (*Chamaecyparis lawsoniana*) combinada con azaleas (*Rhododendron simsii*), cedrelas (*Juniperus* sp) y arrayán (*Buxus sempervirens*), ha contribuido por más de 40 años al deterioro del bosque mesófilo de montaña en Xaltepuxtla, Puebla. Actualmente, este sistema tradicional es poco rentable. En la presente investigación se implementó participativamente, la modificación del sistema tradicional hacia uno silvopastoril como alternativa para diversificar la producción y mejorar la rentabilidad. Entre las ornamentales, se establecieron hileras de las forrajeras arbustivas guaje (*Leucaena leucocephala*) frijol palo (*Cajanus cajan*) y árnica (*Tithonia diversifolia*) con las herbáceas, cacahuatillo (*Arachis pintoï*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), conformando los tratamientos a) árnica-trébol blanco, b) frijol palo-trébol blanco y c) guaje-cacahuatillo en un diseño experimental al azar en dos condiciones de campo, a cielo abierto y bajo reforestación con pino. Entre julio 2015 y octubre 2016 se valoraron establecimiento, productividad de forraje y costos de la tecnología. Frijol palo, cacahuatillo y árnica se adaptaron a las condiciones de la zona; las condiciones de campo influyeron en su adaptación. El establecimiento y la producción de forraje de frijol palo (27,000 plantas/ha y 5114 kg MSha⁻¹) y cacahuatillo (65,000 plantas/ha y 1659 kg MS ha⁻¹) resultaron mayores ($p < 0.05$) en condiciones de cielo abierto, pero los de árnica en el área reforestada (33,000 plantas/ha y 1957 kg MS ha⁻¹). Las hojas de árnica presentaron las mayores concentraciones de varios minerales, adecuadas para alimentar ovinos, excepto Mg y S, que resultaron elevadas. Por su contenido de FDN (53.5), árnica demostró ser una arbustiva con buena calidad forrajera. El promedio de proteína cruda del sistema silvopastoril ($15.6 \pm 0.9\%$) permiten proponer que pueda ser utilizado como banco de proteína. Los costos de producción (\$8,108.00 a \$1,620.00, en 3000 m²) fueron menores que los del sistema tradicional.

Palabras clave: Establecimiento, producción, composición nutricional, costos, investigación participativa.

1

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Hilario Justino Caamal Canché, Directora: Dra. María Edna Álvarez Sánchez.

General Abstract

Establishment and productivity of a silvopastoral system for sheep production at Xaltepuxtla, Puebla

The traditional production of ornamental plants, mainly port orford cedar (*Chamaecyparis lawsoniana*) combined with azaleas (*Rhododendron simsii*), junipers (*Juniperus* sp) and english boxwood (*Buxus sempervirens*), has led to deterioration of the mountain cloud forest. The profitability of this traditional system is low. Using participatory approach, a modification was implemented towards a silvopastoral system as an alternative for diversifying the production and improving profitability. Within defined spaces of ornamental plants, rows were established of the shrub forage plants leucaena (*Leucaena leucocephala*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*); mixed with the herbs pinto peanut (*Arachis pinto*) and white clover (*Trifolium repens*). Treatments were the factorial combination of two field conditions (at open sky and under reforestation with pine) and three mixes of forage species: a) mexican sunflower and white clover, b) pigeon pea and white clover and c) leucaena and pinto peanut, randomly allotted within each field condition. Establishment, forage production and production costs were evaluated between July 2015 and October 2016. Pigeon pea, pinto peanut and mexican sunflower were adapted to local conditions; field conditions significantly affected their adaptation. Establishment and forage production of pigeon pea (27,000 plants/ha and 5114 kg DM ha⁻¹) and pinto peanut (65,000 plants/ha and 1659 kg DM ha⁻¹) were higher at open sky, while those of mexican sunflower (33,000 plants/ha and 1957 kg DMha⁻¹) were higher under reforestation. The leaves of mexican sunflower had best concentrations of many minerals, which were adequate for sheep feeding, excepting those of Mg and S which resulted too high. Due to it NDF content (53,5%), mexican sunflower resulted a shrub with good feeding value. Crude protein content of forage in this system (15.6 ± 0.9%) enable using it as protein bank. Production costs (\$8,108.00 a \$1,620.00, per 3000 m²) were lower than those of the traditional system.

2

Key words: Establishment, production, nutritional composition, costs, participatory research.

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Hilario Justino Caamal Canché

Advisor: Dra. María Edna Álvarez Sánchez

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es un tipo de vegetación diverso y restringido que existe en la República Mexicana. Este ecosistema es sumamente frágil y se considera uno de los más amenazados en el mundo. En Puebla el BMM ocupa el 2.2% de la superficie forestal del estado y es altamente vulnerable a sufrir procesos de degradación y disminución en sus superficies debido a la fuerte presión por actividades humanas como la agricultura, ganadería y la explotación forestal.

Para minimizar los impactos provocados por tales actividades se han definido Áreas para la Protección de los Recursos Naturales como la Cuenca hidrográfica del Río Necaxa (APRN) en donde se trabaja para conservar los relictos del bosque. Sin embargo, en áreas cercanas a estas reservas, prevalecen prácticas agrícolas combinadas con la producción de ornamentales que no son compatibles con las actividades de conservación establecidas para el área de protección.

En la comunidad de Xaltepuxtla Puebla, un diagnóstico participativo desarrollado en el año 2013 (López, 2013), con el propósito de identificar puntos críticos que sirvieran para implementar estrategias agroforestales sostenibles, mostró que dentro de los principales sistemas de producción que ocasionan daños al ecosistema, está la producción de ornamentales compuesta por chima (*Chamaecyparis lawsoniana*) combinada con azaleas (*Rhododendron simssi*) y arrayán (*Buxus sempervirens*) mismas que prevalecen tanto en la comunidad de Xaltepuxtla como en comunidades aledañas.

La producción de ornamentales es una de las principales actividades que han contribuido a la degradación del bosque mesófilo, no sólo porque ha implicado la deforestación, también la fragmentación del bosque a partir de la extracción relativa de especies, de productos forestales, quema de áreas agrícolas, venta de ornamentales con banco de tierra y la tierra propiamente dicha; todas ellas,

en detrimento de la fertilidad del suelo y del carbono acumulado. Dado que es una zona de lomeríos, los problemas por escorrentía y erosión hídrica también están presentes.

De igual manera, se ha identificado que en la producción de ornamentales existe un alto costo por la adquisición de insumos y pago de mano de obra para el mantenimiento de las áreas de producción. Aunado a lo anterior, la oferta de especies así como la presencia de intermediarios dentro del esquema de comercialización de las flores, quienes regulan los precios de compra y venta, hace que en la actualidad, la producción de ornamentales no sea más una actividad rentable para los productores de Xaltepuxtla.

En el marco de implementación del Modelo Integral de Intervención Agroforestal (MIIA) resultado del diagnóstico desarrollado en el año 2013, se definieron líneas de acción estratégica técnico-ecológica y psico-social, como un primer trabajo integral encaminado a minimizar efectos de degradación en la zona para generar alternativas de producción sostenibles para la comunidad. Para la estrategia técnico-ecológica, en Xaltepuxtla se diseñó e implementó de manera participativa un sistema de producción ornamental silvopastoril a través del cual se modificó un sistema de producción local compuesta por chima (*Chamaecyparis lawsoniana*), azaleas (*Rhododendron simssi*) y pinos (*Pinus greggi* y *Pinus Patula*).

La modificación al sistema de producción consistió en adecuar el área productiva de ornamentales con espaciamiento original de 1 m x 1 m entre planta y planta, a un arreglo de 2 m entre hileras y de 1 m entre planta y planta entre las ornamentales, dando oportunidad de integrar a las hileras las especies forrajeras: guaje (*Leucaena leucacephala*), frijol palo (*Cajanus cajan*) y árnica (*Tithonia diversifolia*) como arbustivas; cacahuatillo (*Arachis pinto*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) como herbáceas. Esta modificación buscó el promover una mejora al sistema de producción ornamental haciéndola más rentable y

conformar a la vez un banco de proteína que proveyera de forraje suficiente para integrar al sistema ornamental silvopastoril la crianza y producción de ovinos. Por otro, los ornamentales del sistema solo se utilizarían para la venta de follaje.

Con el propósito de proponer alternativas de producción que contribuyan a reducir la degradación de los bosques en áreas APRN. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar participativamente el establecimiento, la productividad y los costos de implementación de una la tecnología silvopastoril para producción de ovinos en un sistema ornamental de chima, con la finalidad de diversificar la producción y contribuir a la conservación de los recursos naturales en Xaltepuxtla, Puebla.

OBJETIVOS

General:

Evaluar participativamente el establecimiento, la productividad y los costos de una tecnología silvopastoril para producción de ovinos dentro de un sistema tradicional de producción de ornamentales en Xaltepuxtla Puebla.

Específicos:

1. Evaluar el establecimiento de asociaciones de especies arbustivas y herbáceas dentro del sistema tradicional a partir de la adaptación, sobrevivencia de especies y cobertura de las herbáceas.
2. Evaluar la cantidad y calidad de forraje producido por asociación de arbustivas: guaje (*Leucaena leucocephala*), frijol palo (*Cajanus cajan*), árnica (*Tithonia diversifolia*) y herbáceas: cacahuatillo (*Arachis pintoii*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) a cielo abierto y bajo reforestación en un sistema de producción tradicional para determinar la asociación de especies más apropiada para el establecimiento y su capacidad de alimentación de ovinos.

3. Cuantificar los costos de la fase de establecimiento de la tecnología silvopastoril como alternativa para productores de Xaltepuxtle, Puebla.

HIPOTESIS

Que al menos una asociación se adapta a las condiciones de la zona y produce forraje en cantidad y calidad requerida para la alimentación de ovinos con carga animal estimada.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistemas de producción en Bosque Mesófilo de Montaña, Xaltepuxtla, Puebla

La Sierra Norte de Puebla es una de las áreas boscosas más importante del Estado y cuenta con la mayor extensión de superficie forestal y de potencial productivo (CONANP, 2013). En Tenango de las Flores, Puebla, existen microempresas dedicadas a la producción y venta de plantas ornamentales, dentro de las cuales el grupo doméstico juega un papel fundamental al involucrarse toda la familia. Estudios realizados en la zona por Hernández, Zapata, Alberti y Vázquez (2004) indican que la producción de flores es una alternativa de la cual se obtienen recursos que permiten sobrevivir a la población.

Tenango de las Flores se caracteriza por ser un poblado productor de plantas ornamentales y, además, por poseer una población masculina que las ha comercializado fuera del lugar por más de un siglo. En la historia oral sobre Tenango se menciona que la comercialización de frutas y café en Tulancingo, despertó en los habitantes la idea de vender plantas ornamentales, pues en dicho lugar observaban que había comercio de plantas silvestres.

La introducción del cultivo de las plantas de ornato en Tenango data aproximadamente de 1931, convirtiéndose en 1945 en el trabajo de la mayoría de los habitantes. Un estudio realizado sobre una caracterización y tipificación de productores ornamentales precisó que existen los siguientes tipos de productores: 1) Microempresas revendedoras, 2) Microempresas temporaleras y 3) Grupos domésticos microempresariales. Este último grupo se destaca porque produce y comercializa.

Destacan en estos tipos el grupo domésticos microempresariales. Estos producen y comercializan plantas de media sombra y sol, no reciben ninguna

ayuda gubernamental para la adquisición de nuevos conocimientos, tampoco tienen asesorías técnicas, cursos para mejorar su producción, ni facilidades para comercializar. El manejo productivo de sus plantas lo llevan a cabo con base en el aprendizaje legado por generaciones anteriores.

Las ventas las realizan de manera individual al mayoreo y menudeo, tanto hombres, mujeres, niños y niñas que sepan contar. Uno de los lugares de ventas es su propia casa, donde tienen establecidos los viveros o jardines. También comercializan en los mercados de plantas de Tenango de las Flores y Colonias, vendiendo a los acaparadores del mismo.

Los grupos producen las plantas en viveros o jardines con galeras de ocofetate o casas de plástico, las cuales establecen generalmente en el solar del frente o en la parte trasera de sus casas, aunque se dan los casos de grupos que poseen algún terreno fuera e independiente de su casa. Cultivan conjuntamente varios tipos de plantas, en algunos casos producen plantas de sol, cactáceas y árboles bonsái. En otros casos cultivan plantas de sol con flores, cactáceas y plantas de media sombra.

La industria de las flores de corte y plantas de ornato ha presentado en los últimos años un crecimiento importante a nivel mundial, teniendo como principales países productores-exportadores en América Latina a Colombia, Ecuador, Costa Rica y México, que a su vez abastecen a países demandantes como Alemania, Reino Unido y Estados Unidos.

Nuestro país, con una extensión productora aproximada de 22,884 hectáreas, que incluye flor de corte, follajes, plantas en maceta y árboles para jardinería y que se traduce en un valor de producción nacional del orden de \$4 mil millones de pesos, es uno de los principales abastecedores de flor de corte para Estados Unidos, sin embargo, sólo exporta el 10% de su producción, lo que representa una derrama económica de 33.1 millones de dólares anuales, el resto, es para consumo nacional (SAGARPA, 2006). A nivel nacional, los tres Estados más

importantes en producción de ornamentales son México, Puebla y Morelos con 5,592 ha, 3,628 ha y 1,227.9 ha respectivamente (SIAP, 2013).

Debido a las condiciones climatológicas, en el estado de Puebla resaltan ocho municipios cuya principal actividad económica es la producción de flor de corte y plantas en maceta: Atlixco (49 especies cultivadas), Huauchinango (32 especies cultivadas), San Martín Texmelucan y Chiautzingo (12 especies cultivadas), el Tianguis Manalco (25 especies cultivadas), Venustiano Carranza (19 especies cultivadas), Xicotepec (24 especies cultivadas) y Zihuateutla (21 especies cultivadas). Cabe mencionar que 96 de los 217 municipios del Estado, producen al menos una especie de plantas de ornato de forma comercial (Gobierno del Estado de Puebla, 2005).

Las principales problemáticas de las zonas productoras de ornamentales en el estado de Puebla determinadas a través de un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) son las siguientes (SAGARPA, 2006):

- 1.-La mayoría son pequeños productores, con las mismas especies, generalmente de baja calidad y estacionales, lo cual provoca la saturación de los mercados locales.
- 2.-Se desconocen canales alternos de comercialización.
- 3.-Costos de producción elevados debido a la falta de organización para compra de insumos en volumen.
- 4.-Falta de organización para la comercialización.
- 5.-Desconocimiento de reglas de operación y requisitos para acceder a programas de apoyo gubernamental.

Estas condiciones de producción ornamental, son similares en la comunidad de Xaltepuxtla (López, 2013), en la que se producen principalmente chimas, azaleas, arrayán, cedrela, gardenias y tulias, entre otras

2.1.1. Milpa tradicional y traspatio

En México se denomina como milpa al ambiente modificado o sistema agrícola donde el cultivo principal es el maíz asociado con otras especies domesticadas como el frijol, las calabazas, chiles, tomates, entre otras (García, 2004; Lara, Caso, y Aliphath, 2012). Ahí también se aprovechan plantas que crecen de manera natural, principalmente especies herbáceas o “quelites” incluso, especies que pueden llegar a afectar al cultivo, como algunos insectos (gusano del elote) o el hongo conocido como “huitlacoche” que prolifera en el grano de maíz

En el área de protección de los recursos naturales Cuenca Hidrográfica Río Necaxa, las comunidades aledañas y que habitan dentro del Bosque Mesófilo de Montaña practican la agricultura de subsistencia: desarrollan la milpa tradicional sembrando el cultivo de maíz, frijoles, chiles y café como principal producto comercial (CONANP, 2013).

Además de la producción de la milpa tradicional los productores de la comunidad practican la domesticación y reproducción de especies vegetales en el huerto de traspatio. En este lugar se puede encontrar diversidad de especies entre las que destacan el cilantro, tomate verde, rábano y pápalo; plantas ornamentales, medicinales, de uso ritual, especias y comestibles (López, 2013).

Una característica de la forma de cultivo de los productores de Xaltepuxtla es que aprovechan para la milpa los espacios no cultivados con las plantas ornamentales y en la parte trasera y lateral de sus casas, el huerto de traspatio; actividades a la que se suma la producción de la abeja melipona así como la crianza de aves.

2.1.2. Ganadería extensiva

En la época colonial existieron amplias zonas de pastoreo de pradera y laderas de altura media, siendo la zona caliente de la Sierra Norte de Puebla la región más importante del Estado en producción de ganado. La explotación pecuaria cercana al área de estudio se extendió a todas las tierras bajas desde Huauchinango a Teziutlán por el Sur hasta la llanura costera del Golfo de México (Ruiz, Riverol, Tamaríz y Castelán, 2005).

Para los municipios Tlaola y Huauchinango, la producción de ganado mayor no es una actividad significativa (CONABIO, 2010), estos manejan 490 y 5,690 cabezas de ganado respectivamente. También se menciona que la deforestación del bosque mesófilo de montaña frecuentemente se ha relacionado con la conversión a pastizales y a cultivos agrícolas (CONABIO, 2010).

La ganadería extensiva aunado a actividades agrícolas y de aprovechamiento forestal son razón por la cual se ha degradado en gran medida el bosque mesófilo. Hoy día en Xaltepuztla, la relevancia de unidades de producción ganadera van en aumento paralelo al crecimiento de la frontera agrícola de ornamentales, lo cual obliga a prestar especial atención en generar alternativas para minimizar los efectos de degradación en esta zona.

2.1.3. Explotación y aprovechamiento Forestal

El Bosque de niebla de México, formación vegetal mejor conocido como Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) ocupa el 1% del territorio nacional. Este ecosistema manifiesta una tendencia fragmentaria en sus partes media y alta debido a la fuerte presión por el aumento de la población que la habita y el cambio en el uso de suelo. Estas premisas exigen acciones de conservación y restauración para revertir sus efectos en áreas forestales de este bosque (Espinoza et al., 2012).

Para el BMM de Puebla los principales agentes de perturbación se ven representados por el crecimiento de la población en zonas forestales, la tala clandestina (sobredemanda de materias primas forestales), cambios de uso de suelo, incendios forestales, la presencia de plagas y vectores de enfermedades, la falta de una cultura forestal, capacitación y organización.

En consecuencia, el estado actual de deterioro en que se encuentran estos recursos naturales obliga a revisar las formas tradicionales de aprovechamiento, protección, restauración y conservación de tales recursos, de forma que permita encontrar nuevas bases en las que se puedan apoyar acciones inmediatas y futuras (CONABIO 2010).

En cuanto al aprovechamiento de los recursos forestales López (2013), menciona que los medieros y medieras realizan actividades de aprovechamiento de los recursos provenientes del bosque: hongos, semillas de árboles nativos, leña y demás frutos. Sin embargo también se ha visto que la población para mantenerse y obtener ingresos económicos ha optado por extraer orquídeas y otras especies de flora y fauna para venderlas de manera clandestina.

Específicamente en la comunidad de Xaltepuxtla Puebla, los habitantes del bosque de niebla colectan la leña de las ramas de los árboles para consumo y venta, realizan la extracción de tierra y mantillo, que comercializan en maceteros de ornamentales, así mismo, extraen importante cantidad de bancos de tierra en el cepellón de ornamentales. En recorridos de campo realizados en el año 2015 se observó que áreas con presencia de bosque fueron deforestadas para ampliar parcelas de producción de ornamentales, cultivos de importancia económica e implementación de zonas de pastoreo de ganado bovino.

De 1998 a la fecha son notables los esfuerzos realizados por diferentes sectores, entre ellos el PRONARE, encaminados a minimizar los impactos

ambientales indeseables. Se han aportado varias alternativas, muchas de las cuales, si bien son buenas, están encaminadas a la solución de problemas específicos, por lo que se requiere en este momento replantear toda una estrategia coherente con los niveles políticos y de decisión involucrados que asegure la ordenación de las acciones en el aprovechamiento racional de los recursos naturales, su conservación y el bienestar social para lograr un desarrollo integral sostenido.

El programa estatal de reforestación 2002 del estado de Puebla (PRONARE, 2002) en conjunto con las acciones de otros programas, se enfocó principalmente a nivel de región y cuenca hidrográfica, encaminando las actividades silvícolas, de protección, fomento y cosecha de recursos a un esquema de eficiencia financiera, rendimientos sostenidos de producción y estabilidad ecológica, modernizando las filosofías de manejo de recursos forestales, dando mayor énfasis a la producción simultánea de algunos recursos y servicios asociados al bosque.

El proceso de reforestación se impulsó en forma integral, desde el mejoramiento del germoplasma; la producción de planta de calidad; las plantaciones en áreas predeterminadas, consensuadas y compactas; la protección y mantenimiento de las plantaciones; hasta la evaluación técnica de la reforestación, que permite detectar y corregir errores y fortalecer aciertos.

En el año 2013 resultado de un diagnóstico realizado por López (2013) en el área de influencia de la Cuenca del Rio Necaxa en especial la comunidad de Xaltepuxtla Puebla, permitió definir líneas de trabajo de manera participativa como alternativas a minimizar los efectos del deterioro del Bosque Mesófilo de Montaña. En este sentido, de las líneas prioritarias de trabajo técnico-ecológico y psico-social definidas, se desprendieron acciones de restauración, forestación y el establecimiento de un sistema silvopastoril innovador para producción ovina, la adecuación de un área de producción de guayabo así

procesos vinculados a valorar el impacto en los recursos suelo y agua debido a la forma de cultivo.

Con la finalidad de continuar con las acciones iniciadas en 2013-2014 en la comunidad, tendientes a recuperar y conservar los recursos naturales del ecosistema, en el año 2015 se emprendieron acciones de mejoramiento del sistema silvopastoril con una metodología de investigación acción-participativa (Martí, Ciges y García, 2010)

El sistema silvopastoril innovador incluyó las especies forrajeras; guaje (*Leucaena leucocephala*), árnica (*Tithonia diversifolia*), frijol palo (*Cajanus cajan*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y cacahuatillo (*Arachis pintoii*) en combinación con ornamentales y árboles forestales que pudieran generar las condiciones de alimentación para producción de ovinos.

Hoy la agricultura ecológica y moderna está demostrando que los animales y los árboles no tan solo pueden cohabitar sino que, pueden proporcionar una fuente de ingresos en tierras anteriormente utilizadas para cultivos y ganadería. La Agroforestería, es la disciplina que incluye los árboles en la ganadería y de acuerdo con la FAO (2015) es una ciencia interdisciplinaria, con tradición, innovación productiva y conservación de la naturaleza donde existen formas de manejo y aprovechamiento de sistemas y desarrollo de saberes tradicionales novedosos, fortalecimiento de la identidad cultural, interacciones ecológicas totales de complementariedad del sistema, diversificación del paisaje, uso adecuado de los recursos naturales, privilegio del trabajo humano, utilizando tecnologías de bajo impacto ecológico y en donde se presentan relaciones sociales, culturales, ambientales y económicas de bienestar, equidad y justicia.

Bajo este enfoque, el silvopastoreo es una práctica agroforestal específicamente diseñada para la producción de árboles de uso múltiple y ganado. El sistema silvopastoril entonces es el resultado de la introducción o mejoramiento de forraje en un sistema de producción forestal, o de otro modo,

la introducción deliberada o mejoramiento de árboles en un sistema de producción de forrajes. En otras palabras se hace mención al manejo de árboles, ganado y forraje en un sistema integrado.

Estudios realizados por Lozano, Villareal, Ortega y Ruíz (2006) demuestran que el sistema de pastoreo bajo el esquema mencionado incrementa el rendimiento y calidad de forraje al obtener mayor ganancia de peso en ovinos. Sánchez, Romero, Araque y Flores (2005) indican también que los sistemas agroforestales son más productivos y económicamente más rentables que los sistemas de monocultivo.

2.2. Tecnologías Silvopastoriles para producción de ovino

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos), que interactúa con el componente no leñosos (forrajeras herbáceos) y el componente animal, todos ellos bajo un sistema de manejo integral. Los sistemas de producción ovina han experimentado recientemente un aumento importante de la población asociado con incrementos en demanda (Ramírez, López, Petit y Ku, 2011).

Para la producción de ovinos puede tomarse a consideración una serie de alternativas que derivan de los sistemas silvopastoriles: pastoreo en bosques naturales, árboles o arbustos dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones forestales o frutales, bancos forrajeros o bancos de proteína, bancos energéticos, bancos energético proteicos, pastura en callejones y árboles en potreros (cercas vivas, cortinas rompevientos y árboles en linderos) (CATIE, 2001).

2.2.1. Pastoreo en plantaciones forestales

El pastoreo bajo plantaciones forestales es una alternativa que permite diversificar la producción y vuelve más atractivos los programas de reforestación, debido a la generación de ingresos tempranos, y a la reducción

de los costos en el control de malezas en los primeros años. Ramírez et al. (2011) menciona que las principales especies forestales integradas a los sistemas de pastoreo en plantaciones forestales son *Pinus radiata* y *Pinus caribaea*, éstas asociadas con frutales y especies forrajeras herbáceas potencializan la rentabilidad del sistema en su conjunto.

Sánchez (1995) menciona que tanto pastoreo de ovinos en plantaciones de gaucho, como de ovinos y bovinos en plantaciones de palma de aceite, es una práctica que está aumentando; esto incluye la combinación con otras especies forestales y frutales. Respecto al pastoreo bajo frutales, experiencias en la producción de cítricos (*Citrus* spp), de mango (*Mangifera indica*) y guayaba (*Psidium guajaba*) reducen los costos de mano de obra por limpieza y a la vez se adicionan abono en forma de estiércol de ovinos.

2.2.2. Bancos de proteína

Otras de las tecnologías impulsadas para la producción de ganado mayor y menor, en los últimos años han sido los denominados bancos de árboles forrajeros y bancos de proteína.

Los anteriores son un sistema de cultivo, en el cual las leñosas perennes o las forrajeras herbáceas crecen en bloques compactos de alta densidad, con el objetivo de incrementar la producción de forraje de alta calidad nutritiva. Si la especie forrajera tiene más de 15% de proteína cruda, el bloque se denomina un banco de proteína; si presenta altos niveles de energía digerible (más de 70% de digestibilidad) el bloque constituye un banco energético. Si cumple los dos requisitos anteriores, se denomina un banco energético-proteínico (Ramírez et al., 2011).

Para SAGARPA (2010) un banco de proteína es un área compacta sembrada con leguminosas herbáceas, rastreras o erectas, o bien de tipo arbustivo que se emplean para corte o pastoreo directo por rumiantes (bovinos, ovinos o

caprinos) como complemento al pastoreo de agostaderos. La familia de las leguminosas, tercera en mayor riqueza (McNeill et al., 2006), tiene aproximadamente 730 géneros y unas 19, 400 especies dentro de las cuales posee varias arbustivas de potencial para ser utilizadas en bancos de proteínas.

Los bancos de proteína con leguminosas han sido promovidos como opciones para mejorar la productividad de la ganadería, a través del aumento de la cantidad de proteína en la dieta del ganado; el impacto en la productividad es mayor durante las épocas de escasez de forrajes y en sistemas donde la alimentación del ganado depende principalmente del consumo de pastos; sin embargo, durante la época lluviosa la mayoría de los estudios también han encontrado un efecto positivo en la productividad del ganado porque, para optimizar la productividad, la cantidad de proteína en la dieta debería estar entre 10 y 14%, siendo niveles muy difíciles de lograr con pastos sembrados en monocultivo y no fertilizados (Cruz, 2008).

Para optimizar los bancos de proteína deben considerarse las características de las especies a utilizar (calidad nutritiva, palatabilidad, capacidad de rebrote, etc.); adaptación al ecosistema (elevación, precipitación, tipo de suelo, etc.); y considerar el sitio donde establecerlos dentro de la finca, el arreglo espacial y la técnica de siembra (vivero, pseudo-estacas, etc.). Las decisiones sobre el manejo de los mismos deben incluir niveles y formas de fertilización, tiempo hasta la primera defoliación, altura y frecuencia de las podas (Gutiérrez, Rodríguez, Martínez, Aguirre y Sánchez, 2012).

2.2.3. De corte y acarreo, de ramoneo y ramoneo más pastoreo

Vinculado a la forma de ofrecimiento del forraje producido, por lo general se considera la productividad del sistema silvopastoril y la cantidad de animales a alimentar.

En este sentido, para alimentar animales con especies forrajeras en corral o en vida libre se precisan las combinaciones: de corte y acarreo, de ramoneo y, ramoneo más pastoreo. El corte y acarreo se refiere a que se corta el forraje disponible de las especies y se lleva hasta el sitio de alimentación. De ramoneo se refiere que los animales son introducidos en un determinado espacio en el que podrán defoliar exclusivamente las ramas de los arboles u arbustos. Para el ramoneo y pastoreo, el animal tiene la posibilidad de combinar el alimento proveniente de las arbóreas con los pastos.

INIFAP (2006) menciona que con el establecimiento de *Centrosema pubescens* como ejemplo de un banco de proteína, se pueden producir 10 toneladas de materia seca durante la época de lluvias y así mantener bajo pastoreo 600 borregas lactantes/ha (junio-noviembre) y 180 en el período de secas (diciembre-mayo). Además, se disminuye la pérdida de peso en las borregas con cría de un 25 a 10 %. De manera general, el consumo de forraje de *Centrosema pubescens* mediante bancos de proteína permitirá al productor mejorar la dieta de los ovinos, incrementar la eficiencia reproductiva, buena condición física de los animales y disminuir la mortalidad de los corderos por problemas nutricionales.

Otra ventaja del pastoreo de ovinos en los sistemas silvopastoriles, está el aprovechar en la producción de biomasa, la capacidad fotosintética de estratos múltiples de plantas. En zonas de alta marginalidad este aspecto representa una de las mejores oportunidades para intensificar la producción pecuaria sostenible sin dependencia de recursos externos.

Los sistemas silvopastoriles bajo la asociación de árboles, arbustos y herbáceas forrajeras es una alternativa de producción en incipiente investigación. El establecimiento de éstos bajo diferentes estratos puede proveer oportunidades diferentes en los sitios de producción pecuaria. En este

sentido, la presencia de variados tipos y cualidades de forrajes permite a los animales variar el consumo y balancear su propia dieta.

De los diferentes estratos sobresalen los niveles: estrato arbóreo, estrato medio arbóreo, estrato medio trepador y estrato medio herbáceo. Estos tienen las características siguientes.

Estrato arbóreo alto: Este estrato está compuesto de un número determinado de individuos repartidos uniformemente. Además de proporcionar una media sombra que favorece un micro-clima en el cual se mantienen los forrajes de calidad por periodos más prolongados, también ayudan con la extracción de nutrientes del subsuelo, y pueden proporcionar tanto frutos como follaje caducifolio que los animales aprovechan en ciertas épocas del año. Especies para este estrato podrían incluir *Albizia saman*, *Albizia lebbek*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina poeppigiana*, *Prosopis* spp. etc., y entre las palmas *Roystonea regia*, *Eleais guineensis*, *Bactris gasipaes*, *Mauritia flexuosa*, etc.

Estrato medio arbóreo: Compuesto de árboles y arbustos para ramoneo, constituye el componente forrajero más importante. Idealmente, estaría formado por una combinación de leguminosas (ej. *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Sesbania* spp, *Erythrina berteroana*) y de plantas con follaje de alta calidad (ej. *Morus alba*, *Hibiscus rosa sinensis*, *Malvaviscus arboreus*, *Trichanthera gigantea*).

Estrato medio trepador: Leguminosas trepadoras (ej. *Neonotonia wightii*, *Centrosema pubescens*, *Clitoria ternatea*, *Teramnus labialis*) junto con otras forrajeras trepadoras (ej. *Ipomea* spp) serían las especies de este estrato.

Estrato herbáceo: Estaría compuesto de pastos (*Panicum maximum*, *Paspalum* spp, *Brachiaria* spp, *Setaria* spp), leguminosas (*Arachis pintoii*, *Stylosanthes guianensis*, etc.) y otras forrajeras herbáceas.

Existen una gran variedad de especies forrajeras que se adaptan a diferentes condiciones agroclimáticas, existiendo entre ellas diferencias respecto a la época de crecimiento, velocidad de implantación y calidad. Las diferencias agronómicas que existen entre especies pueden ser aprovechadas para solucionar problemas específicos de la estacionalidad en la producción de forraje, calidad, tolerancia a suelos con problemas de acidez, drenaje entre otros.

Dentro de las especies forrajeras existen dos grandes grupos: las leguminosas y gramíneas.

Las leguminosas: son un componente importante en la mezcla forrajera debido a su capacidad de fijar nitrógeno y por su mayor aporte de proteína que las gramíneas. Presentan un mayor crecimiento a fines de primavera y verano, logrando una mayor producción con el aumento de las temperaturas, complementando su producción con las gramíneas en calidad y tasa de crecimiento. Las gramíneas: son especies de clima templado a frío. A este grupo corresponden las ballicas, festucas, pasto ovillo y bromo, las cuales presentan diferentes tasas de crecimiento de acuerdo a la época del año.

Bajo este escenario de diferentes estratos se describen las siguientes especies como parte de una innovación silvopastoril que se evaluó en área de bosque mesófilo de montaña para producción de ovinos.

2.2.4. Forrajeras leñosas (Arbóreas y arbustivas)

Guaje (*Leucaena leucocephala*)

La *Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit (Leucaena, guaje o huaxin) es un recurso forrajero cuyas ventajas han sido plenamente reconocidas a nivel mundial. En México la *Leucaena* mostró aptitudes para sobrevivir y producir en situaciones adversas en comparación con otras leguminosas introducidas y nativas, en ellas se midieron germinación, adaptación, resistencia a plagas,

producción de forraje y rebrote después del pastoreo encontrando diferencias entre cultivos y la *Leucaena* misma (Álvarez, Wilson y Preston, 1976).

La *Leucaena* es una especie arbustiva capaz de competir contra las gramíneas en condiciones de pastoreo, esto es porque se adapta a la defoliación y al pisoteo expresando su mejor aptitud con la producción de rebrotes en época seca. En relación al crecimiento de la *Leucaena* es de porte alto (Mayor a 2 m, con podas anuales a 1 m) y erecto, lo que permite evadir eficientemente el sobrepastoreo.

En relación con aspectos de germinación la semilla de *Leucaena* puede ser tratada de diferentes maneras para la prueba de viabilidad. Entre estas se recomienda el tratamiento de semilla con agua caliente a 80°C durante tres min siendo este una práctica común en semillas. De igual manera se ha recomendado el remojo de las semillas en agua a temperatura ambiente de dos a tres horas antes de la siembra. Experiencia en escarificación mecánica reportan un 94% en germinación. La *Leucaena* es un forraje de muy lento establecimiento porque las plántulas continúan emergiendo de 60 a 90 días después de la siembra con semillas (CATIE, 2001).

Durante la época de lluvias, los rumiantes prefieren el consumo de pastos en crecimiento activo y con valor forrajero destacado; sin embargo, se ha observado que conforme avanza la época seca, el ganado tiende a consumir *Leucaena* como fuente de forraje. En este sentido se ha remendado que en estas épocas de descanso y de utilización, condicionadas naturalmente por el ganado, le ofrecen a la *Leucaena* oportunidad de desarrollarse vigorosamente y de responder sin ningún problema a pastoreos pesados (Quero, Miranda y Hernández, 2014).

En evaluaciones de rendimiento y productividad realizadas por Naranjo, Cuartas, Murgueitio, Chará y Barahona (2012) indicaron que el rendimiento de forraje de *Leucaena* cortando manualmente ramas y hojas y quedando en la

planta yemas y ramas de corta longitud con hojas suficientes para reiniciar el rebrote, proveen una producción de entre 15 000 y 28 000 kg ha⁻¹ de materia seca en condiciones de temporal y en suelos profundos.

En trabajo de Benítez, Bernal, Cortés, Vera y Carrillo (2010) mencionan que el contenido de proteína cruda de *Leucaena* en época seca es mayor ($p= 0.0139$) que en época de lluvia. Destaca que este resultado se debió a la edad del forraje, dado que en época seca las plantas tenían cinco meses de establecido, su calidad y contenido de proteína fue mayor. Sánchez et al. (2005), reportaron que el rendimiento de forraje de *L. leucocephala* al inicio y durante la época seca fluctuó entre 596.8 y 1,382.4 kg MS/ha y para el periodo de lluvias entre 730.8 y 1,391.6 kg MS/ha.

Las hojas y las vainas de *L. leucocephala* se usan extensamente como forraje para animales rumiantes, ya que entre sus cualidades está el alto contenido de proteína bruta en el forraje, que varía entre 24 y 30 %, dependiendo de la variedad y la época del año (García, Hilda, Gonzáles, Medina y Cova, 2008). La digestibilidad de la proteína alcanza el 63% y la digestibilidad de la materia seca entre 60 y 70 % medida *in vivo* (Barros et al., 2012). Además, es muy resistente al pastoreo y a las enfermedades causadas por fitopatógenos (Solorio, Sandoval y Armendáriz, 2003).

La altura de corte de *Leucaena* cuando el objetivo es la producción en pastoreo, se recomienda un corte de 0.75 a 1 m generalmente antes del fin de temporada de lluvias, esto para promover brotes. Solorio et al. (2003) reportaron que esta especie en la Costa del Pacífico Mexicano en diferentes alturas de corte (25, 50, 75 y 100 cm y 20, 40 y 60 cm), el mayor rendimiento de forraje, contenido de proteína cruda y digestibilidad se encontró a menores alturas de corte (25, 40 y 50 cm).

Frijol palo (*Cajanus cajan*)

El *Cajanus cajan* (Gandul, frijol palo) es una arbustiva leguminosa utilizada en Cuba para la alimentación de ganado, esta puede alcanzar una altura de hasta 5 m. El gandul es un cultivo que se adapta a condiciones de altitud, soporta todo tipo de suelos, tolera pH ácidos y tolera la sequía.

Este frijol tiene un contenido proteínico de un 25%, de sus diferentes aprovechamientos; primeramente consumido en combinación con cereales contribuye a una nutrición balanceada en los seres humanos. Sus granos contienen proteínas, vitaminas, minerales y fibras solubles (Pectinas), los cuales poseen efectos en la prevención de enfermedades del corazón, obesidad y del tubo digestivo (Navarro, 2014).

Como segundo lugar en la producción de alimento forrajero para los animales rumiantes, INIFAP (2012) indica que los mayores rendimientos de biomasa al cosechar gandul se observan a los 120 días previos a la floración momento en el que inicia con la pérdida de hojas. Estudio desarrollado por Padilla, Colom, Díaz, Curbelo y González (2003) reportan tres alturas de corte: 40, 60, y 80 cm con 90 y 120 de descanso para el momento de corte. En la evaluación de rendimientos el mejor comportamiento se logró a la altura de 40 cm del suelo. Mientras que para el frijol de árbol se obtuvieron 758, 896 y 1,586 kg·ha⁻¹ en los tratamientos con poda, sin poda y control, respectivamente (Moran, 1999).

Lo anterior indica que la altura de corte y momento de cosecha son los factores que más influyen en el rendimiento y calidad del gandul, además de su rusticidad y a la capacidad de adaptación que tiene el gandul a un amplio rango de condiciones edafoclimáticas hacen importante el reconocimiento de la altura de corte y el momento de su cosecha en producción de biomasa.

Árnica (*Tithonia diversifolia*)

La *Tithonia diversifolia* es una planta herbácea o arbustiva de la familia Asteraceae, es originaria de Centro América y tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad de suelos. Es además una especie con buena capacidad de producción de biomasa, de rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Esta especie presenta importantes características nutricionales para su consideración como especies con potencial en la alimentación de animales (Gómez et al., 1995).

La *Tithonia diversifolia* (Árnica) ha sido reconocida entre los productores como una planta con un importante valor nutricional, principalmente por su capacidad para la acumulación de nitrógeno y por el nivel de fibra bruta, siendo este del 31.6% a los sesenta días de edad, características que dejan al botón de oro en condiciones nutricionales similares a las de otras plantas arbustivas destinadas a la producción forrajera.

En un estudio de altura (0, 15 y 30 cm) y frecuencia de corte (30 y 60 días), Hernández (2008) obtuvo 14 t/ha como promedio en la primera cosecha, lo que resultó bajo al compararlo con las 35 t que se obtuvieron en el período de establecimiento. Ello se debió a la poca cantidad de precipitaciones durante ese período, a diferencia de las que ocurrieron entre agosto y octubre (2007), período que coincidió con la fase de establecimiento de la plantación.

Este mismo autor encontró que en el segundo corte del tratamiento a nivel del suelo hubo en promedio, una mortandad de plantas del 5.9%; esto constituye una tendencia negativa en cuanto a la persistencia de las plantas en el tiempo, lo que no se evidenció en los tratamientos de 15 y 30 cm de altura. Por su parte, Ramírez et al. (2011) en bancos de proteína de alta densidad, obtuvieron una producción de forraje de 5 t de MS/ha/corte.

La evaluación de Hernández (2008) menciona que en cada corte se registró el rendimiento de la parte verde de la planta en hoja y tallo (kg MS/m²), no se incluyeron hojas amarillas y secas. Se alcanzaron los mejores resultados cuando se cortó cada dos meses a 50 cm de la altura. Se sugiere realizar las podas de *Tithonia* entre las 8 y 12 semanas de rebrote, período en el que se logra un forraje con mayor contenido de nutrientes y buena productividad de biomasa, en seca como en lluvia.

Por otro lado, la suplementación con leguminosas o con forrajeras proteicas mejora el aporte de nitrógeno al rumen, pero para maximizar la eficiencia son necesarias buenas fuentes de carbohidratos tanto solubles como estructurales; la *T. diversifolia* posee una composición en cuanto a la proteína y carbohidratos que la hacen interesante desde este punto de vista, en comparación con otras especies forrajeras arbustivas. Alonso, Ruiz, Fraga, Tuffi y Arridne (2012) reportan una composición para tallos de *T. diversifolia* de 9.62, 70.35 y 15.82%, en proteína cruda, carbohidratos y fibra cruda respectivamente, aunque en su estudio no hacen referencia ni a la edad ni a la altura de corte de la planta.

Para la plantación de *Tithonia diversifolia* no se conocen cultivos establecidos a partir de semillas sexual, se han utilizado preferentemente estacas tomadas de diferentes partes del tallo, con edad de 80 días y 50 cm de largo. Los surcos pueden tener 10 cm de profundidad y se deben mantener limpios de malezas mediante labores de cultivo. En un ensayo donde se evaluó el número de raíces y prendimiento a los 15 días de siembra, se encontró un 94% de prendimiento en estacas tomadas de la parte más leñosa y 58% en las procedentes de la parte media. El número de raíces fue de 4.25 y 3.5 respectivamente (Salazar, 1992).

2.2.5. Forrajas herbáceas

Cacahuatillo (*Arachis pinto*)

El *Arachis pinto* (Cacahuatillo, maní forrajero) es una leguminosa herbácea con alto contenido proteínico. Se adapta en zonas con precipitación bien distribuida, crece bien en suelos moderadamente fértiles, suelos ácidos y es tolerante al aluminio. De igual manera se ha reportado que el maní resiste al pastoreo intensivo, resiste a la sequía, es altamente fijadora de nitrógeno, provee importante fuente de proteína metabolizable para animales de altos requerimientos así su alta producción de estolones, puntos de crecimiento y raíces, estos últimos le permite invadir áreas de suelo descubiertas (Argel & Villareal, 1998).

Villa e Ibrahim (1999) mencionan que maní forrajero es de rápida degradación, estimula la diversidad biológica del suelo y mejora el contenido de materia orgánica. Es una alternativa para la recuperación de suelos degradados, mejora la fertilidad del suelo, disminuye los costos de producción aumentando los ingresos del productor y es una tecnología que puede beneficiar a familias rurales. Su longevidad superior mostrada por la mayoría de las leguminosas tropicales herbáceas lo pone como una especie potencial para la mejora de índices de producción de ganado.

Evaluaciones de maní forrajero (Conejo, 2002) CIAT 18774 como banco de proteína y en monocultivo, indicaron una alta degradabilidad de la proteína al cuantificarse altos contenidos de NH_3 amoniacal con valores de 315 y 237 mg/L en liquido ruminal. Investigaciones de Villareal et al. (2005) indicaron que la fracción de proteína degradable del rumen de esta leguminosa es menor (64.25 % de la PC en CIAT 17434; 63.36 % en CIAT 18744 y 62.48% en CIAT 18748) en comparación con las leguminosas templadas y por lo tanto hace contribuciones importantes en la fracción de proteína sobrepasante. Conejo

(2002) cuantificó para maní forrajero, contenidos de proteína cruda de 18.7 %, FND con 38.3% y FDA con 33.8 %, valor promedio de 420 meq/kg MS.

El manejo bajo pastoreo del maní forrajero, requiere de información básica, tales como: capacidad de rebrotes, proporción hoja/tallo y calidad nutritiva, según la altura de utilización y del período de crecimiento. En relación al maní existe poca investigación sobre el comportamiento de esta especie en altitudes superiores a los 1700 m. sin embargo, en estas condiciones se ha reportado buena adaptación y producción de forraje en asociaciones con *Pennisetum clandestinum* (Urbano, 2014).

Trébol blanco (*Trifolium repens*)

El trébol blanco (*Trifolium repens*) es una leguminosa de incipiente integración dentro de los sistemas silvopastoriles, esto es dado el beneficio que aporta a la ganadería intensiva. El valor de las pasturas con trébol blanco es superior, debido a su mayor contenido energético y de proteína cruda (17%). La ingesta voluntaria de pasturas que contienen trébol blanco por parte del ganado es superior.

El ambiente donde se adapta mejor el trébol es definitivamente templado, sin fríos o calores extremos, suelos profundos, fértiles, bien drenados y pH relativamente alto. Desde el punto de vista nutricional es exigente en fósforo, potasio, azufre y calcio. Esta planta presenta su máxima proporción de raíces a los 10 cm de profundidad del suelo, perfil que debe mantenerse con alta fertilidad. Bajo estas condiciones puede alcanzar 19 t MS ha⁻¹ año⁻¹ y persistir hasta 5 años (Anderson, Marum y Dougherty, 1996).

En trébol blanco (Gentos, 2009) reporta su alta palatabilidad incrementando directamente el rendimiento y la producción ganadera. Hoy en día existe evidencia científica que confirma que el aumento de peso vivo y la producción

del ganado alimentado con trébol blanco son mucho mayores que los del ganado alimentado con gramíneas.

La arquitectura del trébol blanco (planta estolonífera), permite que sean las hojas de esta planta donde se absorba la mayor cantidad de energía luminosa para el proceso fotosintético. Por lo tanto su proceso de desarrollo, crecimiento y senescencia se afecta directamente por la luz incidente, la temperatura ambiental y la humedad disponible en el suelo.

Con un hábito de crecimiento estolonífero y rastrero, posee tallos horizontales que se desarrollan a nivel de la superficie del suelo y son frecuentemente enterrados por el efecto del pisoteo de los animales o por la acción de las lombrices. Desde los nudos de estos estolones, se forman tanto raíces que mejoran la performance de las plantas ante problemas de stress hídrico, como también nuevas plantas que cubren los sectores libres de la pastura (Ortega & Romero, 2010; Scheneiter, Bertín y Sellart, 2007).

La mezcla de cultivares con diferentes hábitos de crecimiento puede ayudar, por ejemplo, a lograr una provisión de trébol continua a lo largo de todo el año. Un trébol de hoja intermedia a pequeña y con un hábito de crecimiento postrado o rastrero permanecerá productivo una vez que las hojas de las capas superiores de los cultivares de hojas grandes sean removidas por el ganado. Estas combinaciones también sirven para mejorar la cobertura del suelo, lograr una fijación de nitrógeno más sostenida y una más rápida recuperación de la pastura luego del pastoreo (Marcomini, Scheneiter y Pagano, 2000)

2.3. Cantidad y calidad de forraje

2.3.1. Estimación de la Producción de forraje (t MS ha⁻¹ año⁻¹)

La sustentabilidad del pastizal natural dentro de rangos aceptables de producción, calidad y diversidad, demanda de la disponibilidad de mayores conocimientos sobre los controles de la producción en cada ambiente. Conocer

la biomasa disponible en un sistema de pastizales naturales, en un momento dado, utilizando métodos de muestreo con el mayor nivel de precisión, permite obtener datos sobre el rendimiento, la cantidad de forraje aprovechable y la dinámica de crecimiento de los pastos. Evaluar los cambios estacionales del pastizal: la calidad, la dinámica de la biomasa, la magnitud de la producción y las características del medio ambiente, son elementos útiles en la planificación del uso racional de los recursos que aporta el sistema con el fin de optimizar su manejo (Pueyo et al., 2005).

Los métodos para llevar a cabo el muestreo de forraje dependen principalmente de los objetivos que se persigan y las condiciones de medición, como lo son la disponibilidad de recursos humanos y materiales, la posibilidad de acceso a los lotes, las características de la vegetación, entre otros (Valencia, 2013). Los métodos aplicados para el conocimiento de la biomasa y su dinámica se puede agrupar en dos categorías: los destructivos y no destructivos.

La metodología tradicional, cosecha directa, se encuentra dentro de los métodos destructivos de medida de la biomasa a través del corte, secado y pesado de material vegetal. Fernández (2004) indica que con esta metodología se puede evaluar de manera anual, mensual, diario (tasa de crecimiento diario) y estacional. Sin embargo menciona que presentan la ventaja de ser precisos y la desventaja de requerir considerable tiempo y trabajo, y por lo tanto son más costosos. En esta categoría de muestreo son imprescindibles equipo de poda (Tijera), báscula colgante, balanza de precisión, estufa cinta métrica, cuadrante de muestreo, bolsas estrasa.

En un estudio destructivo de Fernández (2004), fijó 10 unidades de muestreo o cuadrados de referencia o corte de 0.50 x 0.50 m (0.25m²) para lecturas cada 45 a 60 días teniendo en cuenta que el tamaño del marco reduzca al mínimo el efecto de bordura y permita una fácil conversión de los valores obtenidos a superficies de una hectárea. El método de cuadrados es una de las formas más

comunes de muestreo de vegetación, los cuadrantes hacen muestras más homogéneas y tienen menos impacto de borde en comparación con los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Para ello es posible aplicar el muestreo sistemático, donde a partir de un punto determinado al azar, se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Por ejemplo, a lo largo de la transecta de 300 m de largo y 3 m de ancho, se ubican sistemáticamente -cada 30 metros – áreas $3 \times 3 \text{ m}^2$ en donde se establecen aleatoriamente una serie de 10 cuadrados de 20 x 20 cm.

Este tipo de muestreo a diferencia del muestreo aleatorio se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida. Fernández (2004) menciona que la altura de corte puede variar dependiendo del tipo de pastura a evaluar como ejemplo:

- Las leguminosas rastreras (tipo trébol blanco) y gramíneas de bajo porte se realiza el corte al ras del suelo (1cm), utilizando tijeras manuales o eléctricas.
- Las leguminosas erectas (tipo alfalfa) se realiza el corte a 4-5 cm. del suelo.

Para ambos tipos de pasturas, cuando se utilizan tijeras para el corte, la unidad de muestreo puede ser un cuadro o aro de 1; 0.5; 0.25 m^2 . Una vez que la unidad ha sido ubicada en la pastura, se procede a delimitar y cortar el material que queda delimitado en la unidad de muestreo. En general se debe evitar arrastrar tierra, heces y material muerto.

Para calcular el contenido de materia seca de un forraje se pesa una muestra representativa del mismo, luego se la coloca en estufa hasta que en pesadas sucesivas mantenga un peso constante debido a la pérdida de todo su

contenido de humedad. Por último se estima el porcentaje de materia seca del material mediante la fórmula:

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Peso inicial

Los métodos no destructivos provocan poco o ningún daño en la vegetación, y es por ello que han cobrado importancia técnica. Dentro de dichos métodos se cuentan estimaciones visuales (“doble muestreo”), medida de altura, volúmenes de los pastos, fotografías, uso de imágenes satelitales (García, Luna, Chairez, Ramírez y Corral, 2012). Los métodos no destructivos aunque son menos precisos que los destructivos tienen la ventaja de requerir menos tiempo y esfuerzo. Su uso se justifica en áreas muy grandes y cuando no hay suficientes recursos para realizar un muestreo destructivo. La producción de forraje se expresa en unidad de superficie y de tiempo, por ejemplo, kilogramos de materia seca por hectárea y por año (kg/MS/ha/año). Una producción de forraje de 4000 a 7000 kg MS/ha según pastura, año, lugar y nivel de fertilidad, se concentra en no más de 90 a 100 días, y que en esos momentos las tasas de crecimiento diario pueden alcanzar valores de 60 a 90 kg/ha/día.

2.3.2. Porcentaje de cobertura

La toma de muestras vegetacionales o el muestreo de la vegetación es la técnica que permite obtener información sobre las características cualitativas o cuantitativas de la cobertura vegetal de un área determinada, sin necesidad de analizarla o recorrerla en su totalidad (Graf & Sayagúes, 2000). La densidad (número de individuos por unidad de superficie), la cobertura (porcentaje de terreno ocupado por la proyección de la parte aérea de un conjunto de plantas), o la biomasa (gramos de materia seca por unidad de superficie) se consideran tradicionalmente las variables con las que se expresa la abundancia de una especie.

Cuando se describen comunidades vegetales que presentan plantas pertenecientes a la misma forma de vida pero con diferentes grados de desarrollo (por ejemplo una pradera con especies herbáceas exclusivamente pero con plantas altas que sombrean a plantas más bajas) no resulta extraño que en una unidad de muestreo, la cobertura absoluta total de las especies presentes exceda el 100 %.

Similar situación se constata en comunidades claramente estratificadas en el sentido vertical según los tipos de plantas (ej. herbáceas y arbustivas). En este último caso se sugiere cuantificar la cobertura en forma separada para cada uno de los estratos. La determinación precisa de la cobertura puede realizarse según diversos métodos. Si se posee un mapa de las unidades muestrales o en su defecto fotografías verticales del área, la cuantificación puede realizarse mediante el uso de planímetros, grilla de puntos o cuadrícula.

La línea de intercepción

La línea de intercepción se basa en el principio de la reducción de una transecta a una línea. Este método se aplica para estudiar la vegetación densa dominada por arbustos y para caracterizar la vegetación. El método de líneas de intercepción produce datos para cálculos de cobertura y frecuencia de especies; es rápido, objetivo y relativamente preciso (Smith, 1980). La cobertura de cada especie es la proyección horizontal de las partes aéreas de los individuos sobre el suelo y se expresa como porcentaje de la superficie total.

Puntos

La menor expresión de un cuadrado la constituye el punto, que corresponde a la unidad cuadrada de mínimo largo y ancho. Las determinaciones por el método del punto se realizan empleando una fina aguja o una serie de ellas reunidas en un bastidor que se introducen en la cobertura vegetal verticalmente o con cierto ángulo de inclinación (ej. 45°). La o las especies que son

contactadas se registran; en caso de ausencia de plantas vivas se anota alguna otra categoría de interés (ej. suelo desnudo, restos secos). Este tipo de muestreo se adapta particularmente bien a vegetación herbácea. En comparación con el método del cuadrado, la determinación a través de puntos tiende a:

- Sobrevalorar la presencia de gramíneas estoloníferas y postradas frente a dicotiledóneas y gramíneas de porte erecto.
- Registrar en mayor grado las especies más frecuentes, por lo que se obtiene una menor representatividad florística.
- Requerir menor tiempo de ejecución.

Respecto a los métodos basados en puntos se desarrollaron numerosas variantes. Algunas de ellas son designadas con nombres específicos: punto cuadrado, paso punto, etc. Frecuentemente los puntos se disponen a lo largo de una línea de manera regular (método de intercepción de punto o punto alineado). Esta última alternativa constituye una variante del método de intercepción de línea; sin embargo se incluye en la clase de los métodos de punto. Se considera que los métodos de punto son la estimación más objetiva de la cobertura. Si se dispusiera de un infinito número de puntos en un área bidimensional, se podría determinar exactamente la cobertura de una planta contando el número de puntos que toca cada planta (Graf & Sayagués, 2000).

2.3.3. Composición química de los alimentos

El conocimiento sobre la composición química de los alimentos permite su utilización en forma racional, así como incorporar alimentos, productos desconocidos o aquéllos que en condiciones naturales son tóxicos, pero que mediante ciertos procesos pueden usarse con confianza. El análisis también indica cuáles requerimientos nutricionales de los animales satisface, así se

pueden evitar deficiencias o excesos de nutrimentos perjudiciales para los mismos (Shimada, 2015).

Para este efecto, se utilizan los métodos para el análisis próximo o proximal de un alimento. El análisis próximo consta de las siguientes determinaciones: humedad, proteína cruda, materia mineral o cenizas, grasas cruda o extracto etéreo y por diferencia de 100, extracto libre de nitrógeno. También se cuantifica la fibra utilizando detergentes en soluciones neutra y ácida, con ello a la pruebas mencionadas es posible adicionar las fracciones de fibra, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosas, celulosas, silicio y lignina, digestibilidad *in vitro*, *in situ*, e *in vivo*.

Forraje de calidad

Para poder ofrecer una alimentación de calidad es necesario entender cuál es el significado de un forraje de calidad.

En este orden, se precisa que los carbohidratos están compuestos por los azúcares, el almidón, la pectina, la hemicelulosa y la celulosa. Los rumiantes tienen la capacidad de digerir la celulosa y hemicelulosa permitiendo con ello disponer también de los nutrientes internos de la célula vegetal. Por un lado, la lignina es una sustancia incrustante que forma parte de la pared celular. Cuando las plantas maduran y producen semillas, aumentan la concentración de lignina en la pared celular. De tal manera que la digestibilidad de la lignina es cero y a medida que su concentración aumenta, la digestibilidad de la pared celular disminuye debido a la unión que realiza la lignina con la celulosa y la hemicelulosa. Por otro lado, la fibra detergente ácida (FDA) está relacionada directamente con la concentración de lignina en los forrajes, mientras mayor es el porcentaje de FDA mayor será la concentración de lignina del forraje por consiguiente menor será su aprovechamiento por el animal.

2.4. Investigación Acción Participativa

La Investigación Acción Participativa (IAP) es una herramienta que permite crear vínculos virtuosos de reflexión- diálogo- acción- aprendizaje entre las personas y agentes externos interesados en promover acciones para el desarrollo y el empoderamiento socio político de las comunidades y grupos que se representan como marginados de los beneficios sistémicos (Martí et al., 2010).

El potencial de la investigación participativa apunta a la producción de conocimiento, articulando de manera crítica los aportes de la ciencia y del saber popular, con el fin de reorientarlos hacia la acción transformadora de la realidad. A través de sus técnicas, la IAP desencadena intercambios constructivos entre investigador y comunidad en los que se abordan conjuntamente todas las etapas del proceso investigativo y de intervención social. A partir de un diálogo que concede un rol activo a la comunidad, estimula su participación en el diagnóstico y resolución de sus necesidades, poniendo fin a la imposición de lógicas externas que se apropian de la evaluación local y cultural.

Tres son los elementos que le son centrales a la IAP: a) el ser una metodología para el cambio; b) el fomentar la participación y autodeterminación de las personas que la utilizan, y c) ser la expresión de la relación dialéctica entre conocimiento y acción. Estos elementos, en su conjunto, la presentan como una herramienta útil de apropiación y de alteración de la realidad para quienes no poseen esa facultad (Durston & Miranda, 2002).

Los mismos autores indican que la IAP como un proceso metodológico que rompiendo los moldes de la investigación tradicional, conjuga las actividades del conocimiento de la realidad mediante mecanismos de participación de la comunidad, para el mejoramiento de sus condiciones de vida. En su conjunto se configura como una herramienta de motivación y promoción humana, que permitiría garantizar la participación activa y democrática de la población, en el

planeamiento y la ejecución de sus programas y proyectos de desarrollo. Por último, permite organizar la investigación para cambiar la realidad, orientándose hacia la realización de acciones conjuntas y coordinadas, para la realización de hechos concretos que permitan los cambios.

En la Investigación Acción se propone una aplicación rigurosa del método científico por parte de un equipo científico técnico, que, a partir de un diagnóstico de la realidad comunitaria diseña la investigación, sus objetivos y el método de la misma, incluyendo la participación parcial de la comunidad, ya sea para la recolección y/o contrastación de los datos de investigación, o para la implementación de las estrategias a seguir. Los resultados del proceso investigativo son ordenados, sistematizados e interpretados por el equipo de investigación, pudiendo ser devueltos a la población estudiada.

La investigación Acción Participativa concede un carácter protagónico a la comunidad en la transformación social que necesita, y el problema a investigar es delimitado, atendido, analizado y confrontado por los propios afectados. El rol del investigador vendría a ser el de dinamizador y orientador del proceso, con lo que se tendería a revertir la dicotomía sujeto-objeto, produciéndose una relación de cohecho entre el grupo o comunidad y el equipo de investigación. En síntesis, la participación de la comunidad en el proceso de investigación-acción es el diferenciador de ambas estrategias investigativas, ya que la IAP parte del supuesto de que la participación no puede confundirse con una simple preocupación por encontrar el apoyo reflexivo de los implicados, para los objetivos del conocimiento e intervención, delineados por un equipo exterior al grupo o comunidad. "La IAP tiene cuidado de diferenciarse de todas aquellas llamadas a la participación basadas en la asimilación acrítica de un marco global de partida con el que se propone compromiso. La participación que reclama la IAP no es simple movilización, sino recapitulación sobre el conjunto de procesos que condicionan la vida social de un colectivo determinado con el

objetivo de acometer una eventual modificación de los mismos" (Moreno & Espadas, 1998).

2.5. Literatura citada

- Anderson, B., Marum, B., & Dougherty, C. T. (1996). Persistence. In Red Clover Science. Taylor NL and Queensberry KH (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 119-129.
- Alonso, J., Ruíz, T. E., Fraga, G. A., Tuffi, L. D., & Arridne, R. (2012). Productividad de *Tithonia diversifolia* y comportamiento animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. Evento I Internacional Agrodesarrollo 2012. *Varadero, Cuba*, 22.
- Álvarez, F., Wilson, A., & Preston, T. R. (1976). Adaptación de diferentes leguminosas en la zona del Río Hondo en Quintana Roo. Informe Anual CIEG. Chetumal, Quintana Roo. México. 65.
- Argel, M., & Villarreal, M. (1998). Cultivar porvenir: Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoii* Krap. y Greg. nom. nud., CIAT 18744): Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje.
- Barros-Rodríguez, M., Solorio-Sánchez, J., Ku-Vera, J., Ayala-Burgos, A., Sandoval-Castro, C., & Solís-Pérez, G. (2012). Productive performance and urinary excretion of mimosine metabolites by hair sheep grazing in a silvopastoral system with high densities of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production*, 44(8), 1873-1878.
- Benítez-Bahena, Y., Bernal-Hernández, A., Cortés-Díaz, E., Vera Castillo, G., & Carrillo Anzures, F. (2010). Producción de forraje de guaje (*Leucaena* spp.) asociado con zacate (*Brachiaria brizantha*) para ovejas en pastoreo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 397-411.
- CATIE. (2001). Árboles en cafetales. En módulos de enseñanza agroforestal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba CR. 34.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2013). Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria de Área de Protección de los Recursos Naturales "Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica de Río Necaxa, ubicada en los Estados de Hidalgo y Puebla. México. 74.
- CONABIO. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 pp., México, DF, México.

- Conejo, E. A. (2002). *Producción de biomasa y valor nutritivo de la línea de maní forrajero CIAT 18744A en la zona central húmeda de Costa Rica* (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Agr., Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica). 69.
- Cruz, J. (2008). El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteína y sistemas en callejones. CATIE-Turrialba, Costa Rica. Serie Manual Técnico No. 86. 151.
- Durston, J., & Miranda, F. (2002). *Experiencias y metodología de la investigación participativa*. CEPAL.
- Espinoza, G. M., Meave, A. J., Ramírez, M. N., Toledo, A. T., Hernández, L. F. G., & Ibarra, M. G. (2012). Los Bosques de Niebla de México, Conservación y Restauración de su Componente Arbóreo. *Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. 21 (1-2): 36-52. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), San Cristóbal de las Casas México. 17.
- FAO. (2015). Promoviendo la agroforestería en la agenda política. Una guía para tomadores de decisiones. Documento de trabajo en Agroforestaría NO. 1. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 45.
- Fernández H. H. (2004). Estimación de la Disponibilidad de pasto. INTA. Estación Experimental Balcarce, Área de Producción Animal Balcarce, Bs.As. Argentina. 23.
- García de Miguel, J. (2004). Etnobotánica maya: origen y evolución de los huertos familiares de la Península de Yucatán, México
- García, D., Hilda, W. G., Gonzáles, M., Medina, M., & Cova, L. (2008). Caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1295-1303.
- García, G. M., Luna, R. G., Chairez, F. G. E., Ramírez, M. D. A., & Corral, J. A. R. (2012). Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47(2), 135-144.
- Gentos, A. (2009). Producción y manejo de pasturas. Trébol blanco. Avance técnico en producción ovina. 3.
- Graf, E., & Sayagués, L. (2000). Muestreo de la vegetación. *Unidad de sistemas ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República-Montevideo, Uruguay*.
- Gómez, M. E., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C. I., Rosales, M., Molina, C. H., & Molina, J. P. (1995). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica: Matarratón (*Gliricidia sepium*),

- Nacedero (*Trichantera gigantea*), Pizamo (*Erythrina fusca*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*). CIPAV, Cali, Colombia.
- Gutiérrez, L. R., Rodríguez, T. D., Martínez, T. G., Aguirre, C. C. E., & Sánchez, G. R. A. (2012). Bancos de proteína para rumiantes en el Semiárido Mexicano. Folleto Técnico Número 47. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 32.
- Hernández, M., Zapata, E., Alberti, P., & Vázquez, V. (2004). Microempresas de plantas de Tenango de las Flores, Puebla: Propuesta de análisis con perspectiva de género. *Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática*, 8(1), 57-87.
- Hernández, A. (2008). Factores agronómicos que influyen en la producción de *Tithonia diversifolia* en la provincia de Matanzas. *Trabajo de Curso. EEPF Indio Hatuey. Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba*.
- INIFAP. (2006). Forrajes y pastizales: En banco de proteína de *Centrosoma* para ovinos en pastoreo. Ficha Técnica. Campeche. México. 2.
- INIFAP. (2012). Gandul (*Cajanus cajan*) una leguminosa para la Costa de Jalisco y Colima. Ficha técnica, Tecuma Colima. México. 2.
- MARCOMINI, C., SCHENEITER, O., & PAGANO, E. (2000). Establecimiento a campo de trébol blanco (*Trifolium repens* L) con diferentes densidades de semilla en pasturas mixtas sobre la base de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb). *Revista de tecnología agropecuaria*, (15).
- Martí, J. A. T., Ciges, A. S., & García, M. O. M. (2010). Investigación Acción Participativa (IAP). Ampliando el territorio: algunas claves sobre la participación de la comunidad educativa. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(3), 96-119.
- McNeill, J., Barrie, F. R., Burdet, H. M., Demoulin, V., Hawksworth, D. L., Marhold, K., & Wiersema, J. H. (2006). International code of botanical nomenclature (Vienna Code). *Regnum vegetabile*, 146(1), 568.
- Morán Valente, M. A. (1999). Cultivo en callejones con frijol de árbol (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) y maíz (*Zea mays* L.) en el trópico húmedo del Estado de Veracruz: análisis del rendimiento de grano y fertilidad del suelo.
- Moreno, J. E. M., & Espadas, M. (1998). Investigación acción participativa. *Disponible en 1998*.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).

- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J., & Barahona, R. (2012). Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Development*, 24, 8.
- Navarro, C. L. (2014). El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos. *INGRESAR A LA REVISTA*, 12(2).
- Lara Ponce, Estuardo; Caso Barrera, Laura; Aliphath Fernández, Mario; (2012). EL SISTEMA MILPA ROZA, TUMBA Y QUEMA DE LOS MAYA ITZÁ DE SAN ANDRÉS Y SAN JOSÉ, PETÉN GUATEMALA. Ra Ximhai, Mayo-Agosto, 71-92.
- López A., R. L. (2013). Implementación de un modelo integral de intervención agroforestal en Xaltepuxtlá, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Pág. 1-164
- Lozano, O. S., Villareal, M. F., Ortega, E. J., & Ruíz, E. (2006). Crecimiento y producción de *Guazuma ulmifolia* Lam. En bancos de forraje bajo condiciones de clima cálido subhúmedo. En Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F. pp. 133-138.
- Ortega, F. O., & Romero, J. L. (2010). Comportamiento agronómico bajo pastoreo de accesiones de trébol blanco *Trifolium repens* para condiciones de estrés hídrico. p. 265-266. In XXXV Congreso Anual Sociedad Chilena de Producción Animal A.G. 27-29 octubre 2010. Coyahique, Chile.
- Padilla, C., Colom, S., Díaz, M. F., Curbelo, F., & González, A. (2003). Altura y momento de corte en gandul (*Cajanus cajan*) para la producción de forraje Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 37, núm. 1, 2003, pp. 91-95 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(1), 91-95.
- PRONARE. (2002). Programa Nacional de Reforestación Puebla. Unidad de Investigación, Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 72.
- Pueyo, J. M., Iacopini, L., Fonseca, J., Burns, J., Bonini, Y., Roberto, L., & Grancell, R. (2005). Medición de la producción primaria del pastizal natural en el centro-norte de la provincia de Entre Ríos. Consultado 17/06/2015. En: Sitio Argentino de Producción Animal. www.produccion-animal.com.ar
- Quero, C. A. R., Miranda, J. L., & Hernández, G. F. J. (2014). *Leucaena leucocephala* (Lam) Wit en México, bases para la utilización en la alimentación de rumiantes. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados. 32.

- Ramírez, A. L., López B. L., Petit, A. J., & Ku, V. J. C. (2011). Producción ovina en sistemas agroforestales en el trópico. *Bioagrociencias*. Vol. 4. No. 1. Universidad Autónoma del Estado de Yucatán. México. 10.
- Ruiz, C., Riverol, R. M., Tamaríz, F. V., & Castelán, R. (2005). Zonificación agroecológica de la Sierra Norte de Puebla.
- SAGARPA, (2006).). Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Estudio estratégico, Evaluación y Determinación de la Escala Mínima Rentable, de Unidades Productivas para Emprendedores en el Campo Poblano. México. 371.
- SAGARPA. (2010). Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Colegio de Posgraduados. Establecimiento y manejo de bancos de proteína. Montecillos, Estado de México. 38.
- Salazar, A. (1992). Evaluación agronómica del botón de oro (*Tithonia diversifolia*-familia compuesta) y el Apinocho (*Malvaviscus penduliflorus*-familia malvaceae). *Informe de becarios de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Cali p, 27-31.
- Sánchez, M. D. (1995). Integration of livestock with perennial crops. *World Animal Review*, 82(1), 50-57.
- Sánchez, A., Romero, C., Araque, C., & Flores, R. (2005). Producción de materia seca de *Leucaena leucocephala* a diferentes edades de corte y épocas del año bajo un sistema de riego artesanal (Dry matter production of *Leucaena leucocephala* in different harvest ages and seasons under an artisan irrigation system).
- Scheneiter, O., Bertín, O., & Sellart, N. (2007). Contenido de agua como porcentaje de materia seca, de las principales especies forrajeras y sus mezclas en el norte de la provincia de Buenos Aires. *Revista Génesis*, 62.
- Shimada M., (2015). Nutrición Animal. 3ª ed. México. Trillas, 2015. 544.
- SIAP, (2013). Producción de cultivos ornamentales en el Estado de Puebla. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Smith R., L. (1980). Ecology and Field Biology. 3ra. ed. New York, EE. UU. 664-695.
- Solorio, S. F., Sandoval, C. C., & Armendáriz, I. (2003). Manual de manejo agronómico de huaxin (*Leucaena leucocephala*). Ediciones de la universidad Autónoma de Yucatán. Mérida-Yucatán-México. 11-15.
- Urbano, D. (2014). Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el estado Mérida II.

Características morfológicas y producción de semilla. *ZOOTECNIA TROPICAL*, 29(1).

Valencia G., E. (2013). Manual de Manejo de Parcelas en Pastoreo. Consultado el: 19/09/2015.

Villa, D. P., & Ibrahim, M. (1999). Asocio de *Arachis Pintoï* con Gramíneas: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. *Nutrición animal tropical*, 5(1), 3-30.

Villarreal, M., Cochran, R. C., Villalobos, L., Roja-Bourrillón, A., Rodríguez, R., & Wickersham, T. A. (2005). Dry-matter yields and crude protein and rumen-degradable protein concentrations of three *Arachis pintoï* ecotypes at different stages of regrowth in the humid tropics. *Grass and Forage Science*, 60(3), 237-243.

3. ESTABLECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE UN SISTEMA TRADICIONAL MODIFICADO A SILVOPASTORIL POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN OVINA

3.1. Resumen

La producción tradicional de ornamentales principalmente chima (*Chamaecyparis lawsoniana*) combinada con azaleas (*Rhododendron simsii*), cedrelas (*Juniperus* sp) y arrayán (*Buxus sempervirens*), ha contribuido por más de 40 años al deterioro del bosque mesófilo de montaña en Xaltepuxtla, Puebla. Actualmente, este sistema tradicional es poco rentable. En la presente investigación se implementó participativamente, la modificación del sistema tradicional hacia uno silvopastoril como alternativa para diversificar la producción y mejorar la rentabilidad. Entre las ornamentales, se establecieron hileras de las forrajeras arbustivas guaje (*Leucaena leucocephala*) frijol palo (*Cajanus cajan*) y árnica (*Tithonia diversifolia*) con las herbáceas, cacahuatillo (*Arachis pintoii*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), conformando los tratamientos a) árnica-trébol blanco, b) frijol palo-trébol blanco y c) guaje-cacahuatillo en un diseño experimental al azar en dos condiciones de campo, a cielo abierto y bajo reforestación con pino. Entre julio 2015 y octubre 2016 se valoraron establecimiento, productividad de forraje y costos de la tecnología. Frijol palo, cacahuatillo y árnica se adaptaron a las condiciones de la zona; las condiciones de campo influyeron en su adaptación. El establecimiento y la producción de forraje de frijol palo (27,000 plantas/ha y 5114 kg MSha⁻¹) y cacahuatillo (65,000 plantas/ha y 1659 kg MS ha⁻¹) resultaron mayores ($p < 0.05$) en condiciones de cielo abierto, pero los de árnica en el área reforestada (33,000 plantas/ha y 1957 kg MS ha⁻¹). Las hojas de árnica presentaron las mayores concentraciones de varios minerales, adecuadas para alimentar ovinos, excepto Mg, S, Mn y la relación Ca/P que resultaron elevadas. Por su contenido de FDN (53.5), árnica demostró ser una arbustiva con buena calidad forrajera. El promedio de proteína cruda del sistema silvopastoril ($15.6 \pm 0.9\%$) permiten proponer que pueda ser utilizado como banco de proteína. Los costos de producción (\$8,108.00 a \$1,620.00, en 3000 m²) fueron menores que los del sistema tradicional.

Palabras clave: Establecimiento, producción, calidad, costos, investigación participativa.

3

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Hilario Justino Caamal Canché

Directora: Dra. María Edna Álvarez Sánchez, Ph. D. Ricardo Daniel Améndola Massiotti, Dr. Hugo Ramírez Maldonado

ESTABLISHMENT AND PRODUCTIVITY OF A SILVOPASTORAL SYSTEM FOR SHEEP PRODUCTION AT XALTEPUXTLA, PUEBLA

3.2. Abstract

The traditional production of ornamental plants, mainly port orford cedar (*Chamaecyparis lawsoniana*) combined with azaleas (*Rhododendron simsii*), junipers (*Juniperus* sp) and english boxwood (*Buxus sempervirens*), has led to deterioration of the mountain cloud forest. The profitability of this traditional system is low. Using participatory approach, a modification was implemented towards a silvopastoral system as an alternative for diversifying the production and improving profitability. Within defined spaces of ornamental plants, rows were established of the shrub forage plants leucaena (*Leucaena leucocephala*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*); mixed with the herbs pinto peanut (*Arachis pinto*) and white clover (*Trifolium repens*). Treatments were the factorial combination of two field conditions (at open sky and under reforestation with pine) and three mixes of forage species: a) mexican sunflower and white clover, b) pigeon pea and white clover and c) leucaena and pinto peanut, randomly allotted within each field condition. Establishment, forage production and production costs were evaluated between July 2015 and October 2016. Pigeon pea, pinto peanut and mexican sunflower were adapted to local conditions; field conditions significantly affected their adaptation. Establishment and forage production of pigeon pea (27,000 plants/ha and 5114 kg DM ha⁻¹) and pinto peanut (65,000 plants/ha and 1659 kg DM ha⁻¹) were higher at open sky, while those of mexican sunflower (33,000 plants/ha and 1957 kg DMha⁻¹) were higher under reforestation. The leaves of mexican sunflower had best concentrations of many minerals, which were adequate for sheep feeding, excepting those of Mg and S which resulted too high. Due to it NDF content (53.5%), mexican sunflower resulted a shrub with good feeding value. Crude protein content of forage in this system (15.6 ± 0.9%), enable using it as protein bank. Production costs (\$8,108.00 a \$1,620.00, per 3000 m²) were lower than those of the traditional system.

4

Key words: Establishment, production, nutritional composition, costs, participatory research.

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Hilario Justino Caamal Canché

Advisor: Dra. María Edna Álvarez Sánchez, Ph. D. Ricardo Daniel Améndola Massiotti, Dr. Hugo Ramírez Maldonado

3.3. Introducción

En la mayoría de las regiones templadas así tropicales, los recursos necesarios para impulsar el desarrollo agropecuario experimentan un deterioro acelerado que pone en peligro la satisfacción de las necesidades vitales de las generaciones futuras, con los conocidos riesgos para la estabilidad ecológica, social, política y económica (Alonso, Febles y Ruíz, 2015). En Puebla México, uno de los ecosistemas más vulnerables ecológicamente y que está proceso de deterioro es el bosque mesófilo de montaña (BMM), del cual todavía existen relictos en la comunidad de Xaltepuxtla.

Un diagnóstico participativo desarrollado en el año 2013 (López, 2013), con el propósito de identificar puntos críticos que sirvieran para implementar estrategias agroforestales sostenibles, mostró que dentro de los principales sistemas de producción que ocasionan daños al ecosistema, está la producción de ornamentales compuesta por chima (*Chamaecyparis lawsoniana*) combinada con azaleas (*Rhododendron simss*) y arrayán (*Buxus sempervirens*) mismas que prevalecen tanto en la comunidad de Xaltepuxtla como en comunidades aledañas.

La producción de ornamentales es una de las principales actividades que han contribuido a la degradación del bosque mesófilo, no sólo porque ha implicado la deforestación, también la fragmentación del bosque a partir de la extracción relativa de especies, de productos forestales, quema de áreas agrícolas, venta de ornamentales con banco de tierra y la tierra propiamente dicha; todas ellas, en detrimento de la fertilidad del suelo y del carbono acumulado. Aunado a lo anterior, los altos costos para la producción y la oferta de las especies ornamentales como también la presencia de intermediarios, reguladores de los precios de compra y venta, hacen poco rentable la actividad para productores de Xaltepuxtla.

En el marco de implementación del Modelo Integral de Intervención Agroforestal (MIIA) resultado del diagnóstico desarrollado en el año 2013, se definieron líneas de acción estratégica técnico-ecológica y psico-social, como un primer trabajo integral encaminado a minimizar efectos de degradación en la zona para generar alternativas de producción sostenibles para la comunidad. Para la estrategia técnico-ecológica, en Xaltepuxtla se diseñó e implementó de manera participativa (Martí, Ciges y García (2010) un sistema de producción ornamental silvopastoril a través del cual se modificó un sistema de producción local compuesta por chima (*Chamaecyparis lawsoniana*), azaleas (*Rhododendron simssi*) y pinos (*Pinus greggi* y *Pinus Patula*).

La modificación al sistema de producción consistió en adecuar el área productiva de ornamentales con espaciamiento original de 1 m x 1 m entre planta y planta, a un arreglo de 2 m entre hileras y de 2 m entre planta y planta entre las ornamentales, dando oportunidad de integrar a las hileras las especies forrajeras: guaje (*Leucaena leucacephala*), frijol palo (*Cajanus cajan*) y árnica (*Tithonia diversifolia*) como arbustivas; cacahuatillo (*Arachis pinto*) y de trébol blanco (*Trifolium repens*) como herbáceas. Esta modificación buscó el promover una mejora al sistema de producción ornamental haciéndola más rentable y conformar a la vez un banco de proteína (Cruz, 2008) que proveyera de forraje suficiente para integrar al sistema ornamental silvopastoril la crianza y producción de ovinos. Por otro, los ornamentales del sistema solo se utilizarían para la venta de follaje.

Con el propósito de proponer alternativas de producción que contribuyan a reducir la degradación del bosque de niebla. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar participativamente, el establecimiento, la productividad y los costos de implementación de una la tecnología silvopastoril para producción de ovinos en un sistema ornamental de chima, con la finalidad de diversificar la producción y contribuir a la conservación de los recursos naturales en Xaltepuxtla, Puebla.

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Área de estudio

El estudio se realizó del año 2015 a 2016 en la finca Ocotitla, ubicada en la comunidad de Xaltepuxtla, Puebla (Figura 1). El sistema ornamental tradicional modificado a un silvopastoril consta de 3000m² y se localiza geográficamente en los paralelos 20° 11'02.77'' de latitud Norte y los meridianos 97°58'00.58'' longitud Oeste a una elevación que está entre los 1229 y 1472 msnm.

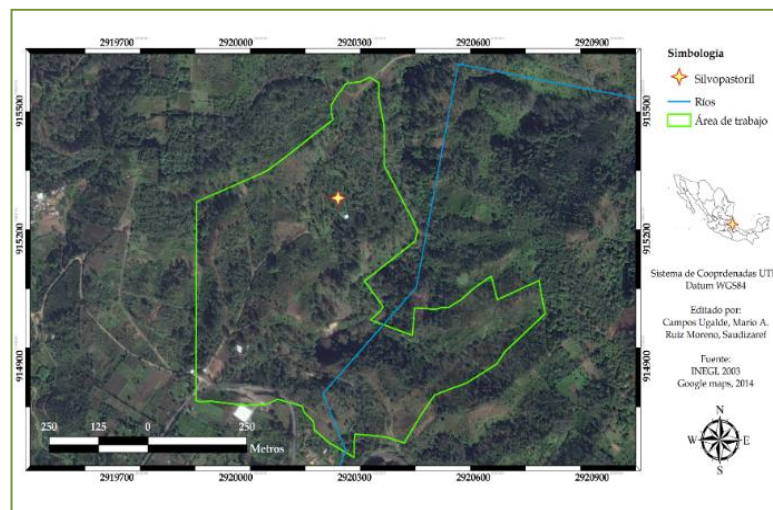


Figura 1. Finca Ocotitla en Xaltepuxtla Puebla.

El clima prevaleciente en el sitio es Templado húmedo (Cf) y Semicálido húmedo (Ac) con lluvias todo el año. La precipitación pluvial en los meses más secos es 40 mm y menos del 18% de lluvia invernal con respecto a la lluvia total para los meses siguientes. La temperatura media anual varía entre 18 y 24°C siendo mayo y junio los meses más calientes y presentándose heladas en diciembre-enero, los meses más fríos (Figura 2) y con mayor nubosidad (Figura 3). Los tipos de suelo dominantes son el Andosol, Litosol con Rendzina, Luvisoles y Regosoles, siendo Andosol el suelo predominante en el sistema silvopastoril.

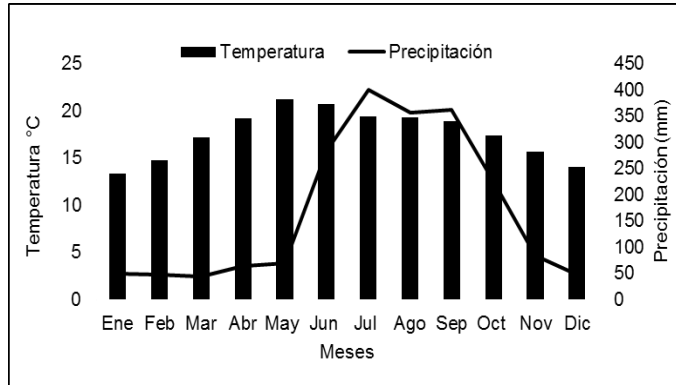


Figura 2. Diagrama ombrotérmico Xaltepuxtla, Puebla.

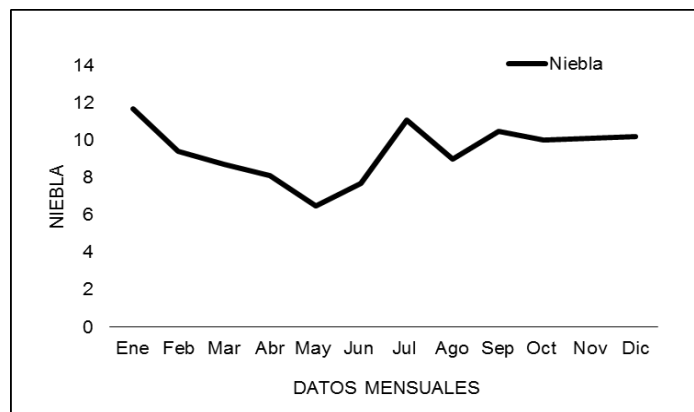


Figura 3. Curva de nubosidad en el sitio de estudio.

La vegetación aledaña al sitio presenta tres estratos: Estrato arbóreo compuesto por las especies de *Quercus*, *Pinus*, *Liquidambar*, *Heliocarpus*, *Platanus*, *Alnus*, *Bambusa*, algunas lianas, y especies de las familias *Bromeliaceae* y *Orchidaceae*; Estrato herbáceo integrado por arbustos medicinales y ornamentales como la *Cedrela*, *Chamaecyparis thyoides*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Bambusa*, *Gardenia*, *Rhododendron simssi* y especies de la familia *Cyatheaceae*, entre otras y el estrato bajo constituido por cultivos y hortalizas de ciclo corto.

3.4.2. Método de investigación, diseño experimental y muestreo

El experimento se desarrolló en la modalidad de investigación acción participativa (Durston y Miranda, 2002; Martí et al., 2010) trabajando

directamente en campo durante el establecimiento y la evaluación del silvopastoril con productores de la comunidad. Los tratamientos consistieron en la combinación de dos condiciones de campo a) a cielo abierto y b) bajo dosel de árboles de pino con tres asociaciones de especies arbustivas con herbáceas (1) guaje con cacahuatillo, (2) árnica con mezcla de variedades de trébol y (3) frijol palo con mezcla de variedades de trébol. Cada asociación se sembró en 6 hileras (de 30 m de largo x 2 m de ancho), en cada una de las condiciones de campo; en un área de 3000m² (Figura 4). Cada una de las hileras contenía 60 plantas de guaje, frijol palo o árnica, sembradas en trebolillo a razón de 50 cm entre hileras y 1 m entre plantas (Figura 5). Las asociaciones dentro de cada condición se distribuyeron al azar. Dentro de cada unidad experimental se tomaron 8 puntos de muestreos, mismos que se consideraron como pseudo-repeticiones.

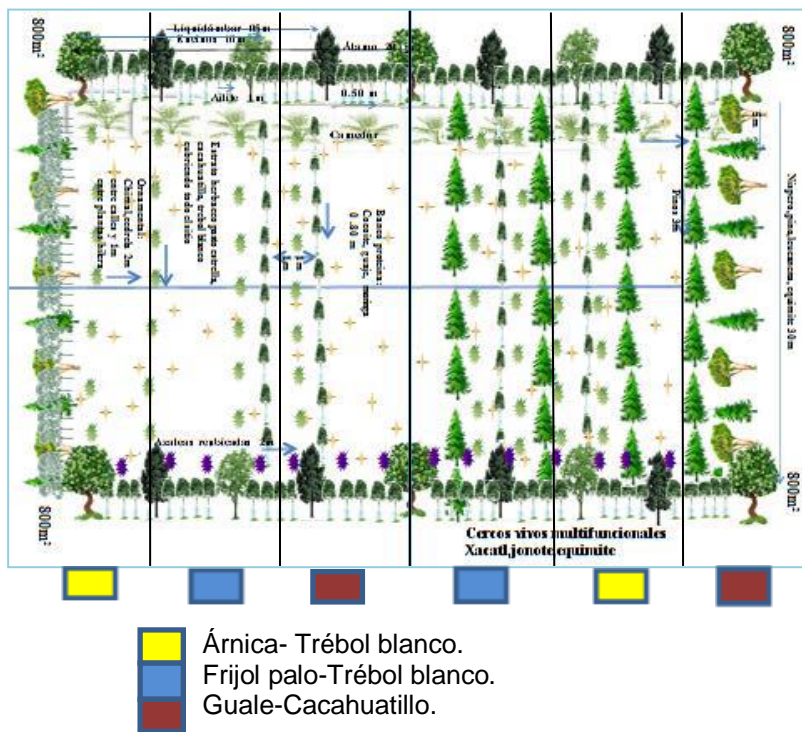


Figura 4. Diseño experimental en dos condiciones de campo a cielo abierto y bajo reforestación.



Figura 5. Establecimiento de especies arbustivas, siembra en tresbolillo.

Dentro de las 6 hileras que conforman a cada unidad experimental, se definieron 8 puntos de muestreo en forma sistemática. Se hicieron 6 muestreos cuyos intervalos de tiempo variaron según la especie vegetal.

Cuadro 1. Fechas de muestreo de producción de forraje y días de descanso respectivos.

Muestreos	² 08-dic-15	06-feb-16	21-abr-16	20-jul-16	20-ago-16	06-oct-16
1	45					
2		60				
3			75			
4				90		
5					30	
6						45

² Fechas de corte de forraje a partir de los 45 días después de la poda de establecimiento a la altura de 60 cm.

A los tres meses del establecimiento se evaluó la sobrevivencia de especies asimismo realizó la primera poda de establecimiento. A los 45, 60, 75, 90, 30 y nuevamente 45 días de forma consecutiva (Cuadro 1) se cuantificó la biomasa producida, para lo cual se tomaron 8 puntos de muestreo (pseudo-repeticiones) por tratamiento en espacio de 3 m lineales para arbustivas cosechando a una altura de 60 cm y 0.5 m² y en herbáceas podando sobre 5 cm de altura de suelo (Agnusdei, Colabelli y Fernández, 2001; Modificado de Fernández, 2004; Mostacedo & Fredericksen, 2000). La producción de forraje obtenida a 90 días

de descanso (Julio 2016) se analizó para determinar propiedades de composición nutricional de forraje. Durante el experimento de manera continua se practicaron entrevistas para determinar costos de establecimiento y mantenimiento de la tecnología; también se desarrollaron actividades de difusión de resultados en la comunidad.

3.4.3. Variables de estudio

Para el estudio se consideraron tres grupos de variables, de establecimiento, de productividad y de calidad de forraje; asimismo, se cuantificaron los costos de establecimiento del sistema. Para el establecimiento se definieron las variables adaptación, sobrevivencia y cobertura de herbáceas. Para productividad se definieron las variables rendimientos de materia seca por hectárea por tratamiento y periodo de corte y la tasa de acumulación de forraje. Respecto a composición nutricional se consideraron las concentraciones de Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro (Álvarez, 2015) y Cenizas, Proteína cruda por el método Micro Kjeldahl (AOAC, 1990), Fibra detergente neutro y Fibra detergente ácido Van Soest *et al.* (1991) por la técnica de la bolsa de filtro Ankom²⁰⁰®.

En cuanto a los costos de inversión se determinó la inversión total por el primer año de establecimiento y el segundo año de mantenimiento especificando número de jornales y montos invertidos.

3.4.5. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó utilizando PROC GLM del paquete estadístico SAS (9.0). Los efectos de intervalos de corte, de situaciones de estudio del área de recurso forrajero y sus interacciones fueron considerados de efectos fijos. Las medias de los tratamientos fueron estimadas utilizando la declaración MEANS y la comparación múltiple entre éstas usando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05%.

El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = respuesta de la unidad experimental j en el tratamiento i . Este símbolo corresponde a cada una de las variables de respuesta.

μ = media general

T_i = es el efecto del i -ésimo tratamiento (combinación de las asociaciones de especies y condiciones de cielo abierto o bajo reforestación)

ε_{ij} = es el error experimental de la j -ésima unidad experimental en el tratamiento i .

3.4.5. Desarrollo de la investigación

Para desarrollar la investigación sobre la evaluación de la productividad y rentabilidad de un sistema silvopastoril, el estudio se dividió en dos fases, la de establecimiento del sistema silvopastoril y la de manejo, seguimiento y evaluación de su productividad.

La fase uno consistió en un trabajo de rehabilitación y establecimiento del sistema silvopastoril partiendo de un primer antecedente de trabajo de campo en el área de investigación (López, 2013). El trabajo de campo para esta fase se enmarcó en la limpieza, medición y siembra nuevamente de especies forrajeras dentro el sistema ornamental tradicional que diera paso a la innovación silvopastoril.

En la fase dos se hicieron el seguimiento de la germinación de semillas, prendimiento de estacas y replantación (cuando fue necesario), además de los muestreos y evaluación de variables de respuesta. También se realizaron

trabajos de mantenimiento como control de arvenses y de tuzas (*Cratogeomys tylorhinos arvalis*).

Las fases de investigación indicadas se desarrollaron bajo la metodología de investigación acción participativa (Durston y Miranda, 2002; Martí et al., 2010). La investigación participativa se implementó a través de un proceso de entrevista continua a los productores sobre los sistemas de producción ornamentales de la zona, así como en la toma de decisiones sobre el manejo del sistema propuesto. Así mismo se emplearon las entrevistas también para estimar los costos asociados con la producción ornamental tradicional, como base para el análisis comparativo de la productividad y rentabilidad de la innovación silvopastoril propuesta. Como parte de esta metodología se realizó una presentación de resultados en una asamblea comunitaria.

Fase Uno: establecimiento participativo del sistema silvopastoril

Derivado del diagnóstico participativo desarrollado (López, 2013) en la región y por acuerdo común entre el equipo de implementación de estrategia de conservación, propietarios y medieros se modificó un sistema de producción tradicional de ornamentales compuesto por chima (*Chimaecypris lawsoniana*) convirtiéndola a un sistema silvopastoril.

En el año 2015, la primera actividad desarrollada en el sitio de investigación fue una valoración de sobrevivencia de las especies mejor adaptadas a la zona, a partir del cual se tomó la decisión sobre restablecimiento y permanencia de especies dentro del sistema silvopastoril. Posteriormente se delimitó el área experimental a 3000 m² dentro de los cuales se mantuvo la modificación original del sistema tradicional, es decir, el sistema tradicional pasó de un espaciamiento de 1 m entre hileras de chimas a uno de 2 m, permaneciendo el establecimiento de las especies arbustivas forrajeras a razón de 50 cm entre hileras y 1 m entre planta y planta. En la Figura 6, se observan las labores de

adecuación de espaciamientos y medición del área de siembra de las especies forrajeras.



Figura 6. Trabajos de espaciamiento y medición de área de siembra del silvopastoril.

Previo a la siembra de las especies forrajeras, se realizó un diagnóstico de la fertilidad del suelo de la parcela y con base en éste se diseñó la fertilización necesaria para corregir deficiencias y desbalances nutrimentales que pudiesen influir en la adaptación de las especies en estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilización mineral aplicada en el sistema silvopastoril.

	Fertilizantes	Kg/t	kg/ha ^y
Micronutrientes	Sulfato ferroso	1.6	
	Sulfato de manganeso	6.4	31
	Sulfato de zinc	4.0	
	Sulfato de cobre	4.0	
	Sulfato de calcio	709.3	1333
Macronutrientes	Urea	11.5	
	Fosfato diamónico	33.0	533
	Sulfato magnesio	166.7	
	Cloruro de potasio	63.6	

^y Aplicados en bandas de fertilización de 60 m² (30 m largo x 2 m ancho)

Los fertilizantes se aplicaron durante el período de lluvias de 2015 y 2016. De los materiales indicados, se esparció sobre la superficie del terreno el sulfato de calcio y 15 días después, en la misma forma, el resto de fertilizantes.

Especies forrajeras

Para el establecimiento del sistema silvopastoril se utilizaron cinco especies forrajeras, árnica (*T. diversifolia*), frijol palo (*C. cajan*), guaje (*L. leucocephala*), cacahuatillo (*A. pinto*), trébol blanco. Dentro de las virtudes de estas especies están su adaptabilidad a suelos ácidos a moderadamente ácidos como los suelos de Xaltepuxtla, manifiestan un rápido crecimiento y toleran el manejo y pastoreo, proveen a los agroecosistemas un importante aporte de nitrógeno en el caso de las Leguminosas y fósforo, potasio y calcio de la familia de Asterácea (*T. diversifolia*). Pero lo más importante de estas especies es el alto contenido de proteína (15 a 30%) que puede aportar a la alimentación animal.

Siembra

Previo a la siembra se determinó el porcentaje de germinación de las semillas de guaje y frijol palo, fue necesario se escarificar las semillas de guaje para eliminar la dureza. Así mismo, el material vegetativo de árnica y cacahuatillo, se inoculó con micorriza, enraizador comercial y fungicida (Figura 7) para promover su enraizamiento.



Figura 7. Tratamiento a semillas de frijol palo, guaje y del material vegetal de cacahuatillo.

La siembra y plantación de las especies se realizó 7 de julio de 2015. Para el frijol palo y guaje, se colocaron 3 semillas por cepa, en tanto que para árnica se emplearon estacas leñosas de 20 cm de largo y 8 a 15 milímetros de diámetro, mismas que se enterraron en suelo en forma horizontal. En relación a las labores de preparación de terreno y la siembra de especies, la participación de la comunidad fue importante dado que previo a la realización de cada actividad se generó una sinergia entre el conocimiento local y el científico (Figura 8).



Figura 8. Preparación de terreno y siembra de forrajeras.

Fase dos: evaluación participativa de productividad de especies y manejo del sistema

Especies arbustivas

Dentro de las 6 hileras que componía a cada tratamiento se definieron 8 puntos de muestreo (PM) en forma sistemática (Fernández, 2004), para lo cual, una vez descartados 5 m de ambos bordes de cada hilera, los PM se ubicaron a 20 m de distancia. Cada PM consistió 3 m lineales de hilera y dos hileras, vale decir un área de 3 m², esta metodología de muestreo es una adaptación de la descrita por Fernández (2004).

Las fechas de corte y días de descanso para poda se indicaron en el Cuadro 1. En primer lugar se contabilizó el número de plantas de las tres especies. En cada PM, se escogió de manera sistemática una planta a la que se le registró la

altura total (desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama más alta) y cosechó forraje por encima de los 60 cm de altura (Figura 9 y 10). Posteriormente, las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante para estimar la biomasa en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS/ha⁻¹).

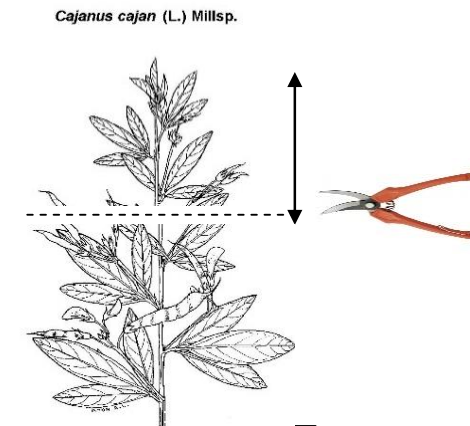


Figura 9. Zona de corte en arbustivas forrajeras a 60 cm de altura.



Figura 10. Poda y colecta de muestra en especies arbustivas.

Especies herbáceas

La distribución de PM para muestrear las especies herbáceas se realizó por medio de un procedimiento similar al empleado para muestrear las especies arbustivas. Para el muestreo de producción de forraje de herbáceas se utilizó un rectángulo de 0.5 m x 1 m (0.5m²) similar al empleado por Agnusdei, Colabelli y Fernández (2001). La producción de forraje se cuantificó

cosechando únicamente hojas de las herbáceas *A. pintoi* y *T. repens* (con la finalidad de permitir la regeneración de los estolones) a partir de 5 cm sobre el nivel del suelo.



Figura 11. Poda y cuantificación de forraje de cacahuatillo.

En el caso de estas especies, previo al corte se determinó el porcentaje de cobertura mediante el método de puntos, aplicando una metodología con leves modificaciones a la propuesta por Graf y Sayagués (2000). Se tomaron 15 PM por unidad experimental, ubicándolos a una distancia de 10 m entre sí. En cada PM se fijó equipo consistente en un rectángulo de 0.25 x 1m con una varilla dispuesta longitudinalmente en su centro. La contaba con 10 perforaciones equidistantes, por las cuales se hizo deslizar una aguja de acero, registrándose los contactos ocurridos (Figura 12). En cada parcela, la relación entre el número total de descensos y el número total de contactos (multiplicada por 100) se consideró en respectivos porcentajes de cobertura.



Figura 12. Muestreo del porcentaje de cobertura de herbáceas.

Composición nutricional de forraje

De las colectas vegetales realizadas para producción de forraje total por PM en julio de 2016, se colectó una muestra para realizar las determinaciones de calidad de forraje producido dentro del sistema silvopastoril en estudio.

Para ello, las muestras colectadas se empacaron en bolsas de papel estraza para su transporte y secado en laboratorio. En laboratorio previo a secado, las muestras se separaron en hojas y tallos y se lavaron para con agua natural quitar impurezas y se enjuagaron en agua destilada y agua desionizada; posteriormente, las muestras se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 55°C por 48 h y posteriormente se molieron en molino Willey con malla de 1 mm.

Las muestras secas fueron analizadas por triplicado para la determinación de las variables; materia seca, cenizas, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido. Para las determinaciones se emplearon procedimiento metodológico de laboratorio de Micro Kjeldahl (AOAC, 1990) y el método de Van Soest *et al.* (1991) por medio de la técnica de la bolsa de filtro Ankom²⁰⁰®.

Concentraciones de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B

Los minerales fueron solubilizados mediante digestión de la matriz orgánica con una mezcla de ácido perclórico/ácido nítrico y posterior cuantificación de P por el método de molibdato-vanadato de amonio, K por flamometría, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn por absorción atómica, S por turbidimetría y B por el método de la Azometina-H (Álvarez, 2015).

Presentación de resultados en la comunidad

Durante todo el proceso experimental, se generaron espacios de intercambio de experiencias y retroalimentación del proceso de construcción del conocimiento incluyendo a propietarios vecinos y medieros de la comunidad de Xaltepuxtla.

Ello permitió para la obtención de información económica sobre costos de establecimiento y sobre otros elementos que abonen a mantener la pertinencia y sostenibilidad de la tecnología silvopastoril implementada.

Para lograr este objetivo se planteó una presentación de resultados en asamblea comunitaria y un recorrido de campo en el área silvopastoril con los actores de la comunidad e instituciones. En la presentación se expusieron los antecedentes del diseño silvopastoril, la modificación desarrollada, las especies integradas al sistema ornamental convirtiéndola en silvopastoril, la mejor asociación, las ventajas del sistema y su vinculación hacia otros sistemas de producción para la misma zona de estudio.

En el recorrido de campo se dejó en claro las principales interacciones de cada especie y su aporte al sistema tradicional. Se explicó cómo fue el proceso que se siguió hasta lograr el establecimiento del silvopastoril. Se propuso la réplica de este modelo hacia otras unidades de producción. Finalmente, este evento sirvió para socializar los hallazgos y conocer la percepción de los productores sobre la replicación de la tecnología implementada.

3.5. Resultados y discusión

3.5.1. Establecimiento

Adaptación

La evaluación realizada tres meses después del establecimiento de las forrajeras (julio de 2015) mostró que las especies que se habían adaptado fueron frijol palo, árnica y cacahuatillo; asimismo, las condiciones de la zona de estudio limitaron la adaptación y desarrollo vegetativo del guaje, tanto a cielo abierto como con reforestación.

La adaptación de frijol palo, árnica y cacahuatillo fue posible por la presencia de lluvias durante el periodo de siembra (verano 2015) factor que favoreció la germinación de semillas y el enraizamiento de material vegetativo en campo.

Ésta condición y la versatilidad de las especies a condiciones adversas (bajas temperaturas y acidez de los suelos) permitieron su desarrollo radical, emergencia, crecimiento y desarrollo vegetativo, buena cobertura, producción de follaje, floración y semillas (Febles & Ruiz, 2008).

Por el contrario, la densa niebla, reducido fotoperiodo, heladas (Santamaría, Reta, Chávez, Cueto y Romero, 2006) (Figura 2 y Figura 3) y, la pérdida de plantas debido a defoliación por fauna nativa ocasionaron que guaje no se adaptase al sitio, esto a pesar de su plasticidad fenotípica demostrada en otros gradientes ambientales.

Sobrevivencia

A 90 días del establecimiento, el frijol palo mostraba mayor adaptación que el resto de las especies a las condiciones de la zona en términos de porcentaje de sobrevivencia, (36.8 %) crecimiento (93.4 cm) y número de brotes (7.7) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de sobrevivencia de especies arbustivas en un silvopastoril (Julio-octubre 2015).

Forrajera	Sobrevivencia (%)	Crecimiento (Cm)	Número de brotes
Guaje	36.33 a ^x	16.50 c	2.83 b
Frijol palo	36.83 a	93.42 a	7.71 a
Árnica	23.79 b	59.13 b	6.04 a

^xMedias seguidas por la misma letra en cada columna, no son diferentes ($p < 0.05$); %= porcentaje; Cm= centímetros.

En condiciones de clima tropical se han reportado porcentajes de sobrevivencia del frijol palo de hasta 95% y una producción de 8.5 brotes (Febles y Ruíz, 2008), aunque la evaluación fue realizada en un período mayor (180 días).

Por otro lado, esta especie arbustiva logró completar su desarrollo fenológico hasta la etapa de fructificación a los 120 días de establecimiento, mostrando precocidad en su adaptación al clima templado. Asimismo, el frijol palo superó la estación invernal con presencia de heladas en el mes de diciembre del 2015,

aunque se le ha reportado como susceptible a estos eventos (Skerman, Cameron y Riveros, 1988 citados por Santamaría et al, 2006).

Si bien la evaluación del guaje indicó importante porcentaje de sobrevivencia, su altura y ramificación requerida para considerarlo como potencial forrajero de la zona, no se manifestaron hasta el término de la investigación (octubre de 2016). Por su parte, árnica también se adaptó a la zona con aceptables sobrevivencia, altura media y número total de brotes (Cuadro 3).

Cabe mencionar que el material vegetativo de árnica ya adaptado al área de estudio, se utilizó como banco de semilla para el repoblamiento de plantas en el sitio experimental. Para esta actividad realizada en el verano de 2016, se hizo una siembra vertical de esquejes (con diámetro entre 8 y 15 mm y 40 cm de longitud) provenientes de plantas jóvenes sin florecer. El porcentaje de sobrevivencia evaluado 15 días después de la plantación fue de 95 ± 0.02 % (Cuadro 4). En un trabajo similar, Navarro y Rodríguez (1990) registraron 93.6% de prendimiento al sembrar esquejes de 50 cm de longitud y diámetro entre 20 y 35 mm de manera horizontal e inclinada, en un estado fenológico similar al de las plantas de este estudio.

Cuadro 4. Medias de porcentaje de sobrevivencia de árnica, verano 2016.

Forrajera	Tratamiento	Media	Sobrevivencia
Árnica	Asociación árnica-trébol (1)	100 ± 0	60
	Asociación árnica-trébol (2)	98 ± 0.03	59
	Asociación árnica-trébol (3)	90 ± 0.08	54
	Asociación árnica-trébol (4)	95 ± 0.06	57
	Asociación árnica-trébol (5)	88 ± 0.08	53
	Asociación árnica-trébol (6)	100 ± 0	60
		95 ± 0.02^w	343

^wPromedio de repeticiones

A un año de establecimiento del silvopastoril, las plantas de árnica adaptadas, así como aquellas replantadas (verano de 2016) de material vegetativo derivado de las primeras, emitieron botón floral y flores en otoño de 2016 (octubre).

Cobertura de suelo de herbáceas

Una característica de adaptabilidad de las especies forrajeras se define por su capacidad de cobertura de suelo. Los promedios de cinco evaluaciones de porcentaje de cobertura de cacahuatillo y trébol, a los 60, 75, 120 y 165 días de establecimiento, resultaron en una mejor respuesta del cacahuatillo a cielo abierto (Cuadro 5). Para esta especie y condición de campo, las diferencias estadísticas ($p < 0.05$) se manifestaron a partir de julio 2016; a partir de ese momento la cobertura de cacahuatillo asociado con guaje a cielo abierto aumentó linealmente con 7.6 puntos porcentuales por mes. El porcentaje de cobertura cuantificado en este estudio fue mayor al encontrado por Puertas et al. (2008) de 22.1% en *A. pinto* a 90 días de establecimiento en un ambiente tropical. Ramos, Sol, Guerrero, Obrador y Carrillo (2011) indicaron que el desarrollo estolonífero de genotipos de *A. pinto* pueden alcanzar en el trópico coberturas de 84 a 100% a los dos y tres meses de establecimiento.

Cuadro 5. Medias de cobertura de herbáceas en dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Feb-16 ^v	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
		----- % -----				
Cielo Abierto	Trébol-Árnica	26 a ^x	19 a	30 b	27 b	33 b
	Trébol-Frijol palo	23 a	13 a	32 b	24 b	24 b
	Cacahuatillo-Guaje	17 a	29 a	58 a	66 a	81 a
Bajo Reforestación	Trébol-Árnica	14 a	0	38 ab	23 b	19 b
	Trébol-Frijol palo	10 a	0	45 ab	20 b	31 b
	Cacahuatillo-Guaje	21 a	28 a	28 b	27 b	29 b
	Prob ^u	0.2726	0.1580	0.0007	0.0001	0.0001
	DMS ^t	21	22	22	18	20
	CV ^o s	80	53	47	41	38

^xMedias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^vFechas de evaluación; ^uProbabilidad ($p < 0.05$); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoeficiente de variación.

En relación con trébol, el promedio de cobertura logrado en ambas condiciones y sin diferencias significativas hasta los 165 días del establecimiento (octubre

2016) fue de 26.8 %. Este lento crecimiento y adaptación pudieron ser debidas a las condiciones ambientales y de suelo. Según García (1995) el establecimiento en resiembra de estolones de trébol, éstos son más persistentes y desarrollan mejor en condiciones de clima templado, incluso pueden permanecer en producción durante cinco años con un comportamiento anual o perenne. Con base en los resultados observados, la siembra de semillas puede no ser una opción de establecimiento para la zona de estudio; aunado a esto, su establecimiento requiere un cuidado todavía más especial en comparación con el cacahuatillo, ya que al ser una especie de porte muy pequeño, dificulta labores de limpieza para promover su desarrollo.

Es importante mencionar que en el trabajo en un ecosistema degradado de bosque mesófilo, donde continúa la presión por actividades agrícolas, el establecimiento de cacahuatillo como cobertera, cobijando espacios debajo de las ornamentales, puede minimizar gradualmente la erosión de suelo, conservar la humedad y aumentar su fertilidad (Valles & Castillo, 2006).

Una variable no estudiada para este trabajo fue el crecimiento de estolones, sin embargo, en campo se observó que a medida que se incrementaba la cobertura aumentaba también la longitud de estolones, aparecían nuevos entrenudos y por tanto nuevos puntos de anclaje del cual surgían nuevas plantas (Ramos et al., 2011). Respecto de la altura de planta del cacahuatillo, el promedio de las evaluaciones fue de 7.7 cm, altura que fue sustancialmente menor a la reportada por de Andrade (1996) para condiciones de pleno sol (27.7 cm).

3.5.2. Producción y tasa de acumulación de forraje

Arbustivas

En la Figura 13 se muestran las tasas de acumulación de forraje de las especies arbustivas en diferentes fechas de corte; el primero realizado en diciembre 2015 y el último en octubre de 2016.

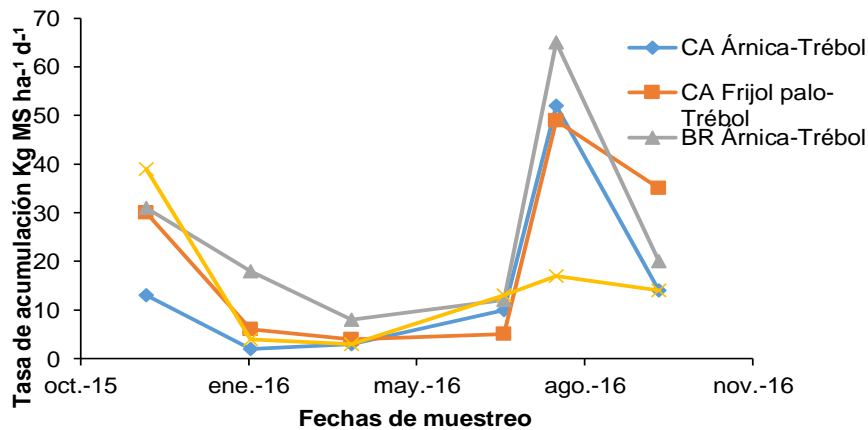


Figura 13. Tasas de acumulación de forraje de especies arbustivas en un silvopastoril con ornamentales en Xaltepuxtlá, Puebla. CA significa cielo abierto y BR bajo reforestación.

El desarrollo de las especies arbustivas estuvo en función de la condición de campo. En el caso de árnica (Cuadro 6), los mayores rendimientos de biomasa se presentaron bajo reforestación con *Pinus pátula*, con una producción total de 7045 kg MSha⁻¹, 57 % superior ($p > 0.05$) que la de cielo abierto (Cuadro 6). Asimismo, puede observarse que su capacidad de rebrote expresada como promedio de tasa de acumulación de forraje (25.7 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) es relativamente alta, con un máximo en pleno verano (agosto 2016), lo cual se asocia con el hecho que esta especie es de clima tropical. Su potencial de rendimiento estuvo condicionado por la presencia de un estrato arbóreo que mejoró las condiciones de desarrollo, ya que a cielo abierto, su promedio de tasa de acumulación de forraje se redujo a 17 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. Al respecto, en campo fue posible observar que en las hileras donde había árboles dispersos, dentro del área a cielo abierto, árnica crecía bastante vigorosamente en cuanto a desarrollo de hoja y porte alto.

Con base en estos resultados se puede recomendar que las podas se realicen entre los 90 y 120 días. Períodos mayores a éste, por otra parte, resultan en el

desarrollo de portes más altos y en consecuencia, cortes severos que conllevan a menos ramificaciones para los fines de aprovechamiento por los borregos. Mahecha, Escobar, Suárez y Restrepo, (2007 citados por Gallegos, 2014) indican que se ha comprobado la factibilidad de asociar árnica con otras especies arbóreas para sistemas silvopastoriles, sin embargo, su uso en este tipo de sistemas es aún incipiente. Los resultados fueron inferiores a los reportados por diferentes autores citados por López et al. (2009) en su revisión sobre esta especie.

Cuadro 6. Medias de producción de forraje de arbustivas en diferentes fechas de corte, en dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamientos	Producción de forraje ^r kg MS ha ⁻¹					
		Dic-15 ^q	Feb-16	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
Cielo Abierto	Árnica-Trébol	585 a ^x	145 b	223 a	921 a	1552 ab	612 b
	Frijol palo-Trébol	1350 a	351 b	293 a	489 b	1466 ab	1565 a
	Guaje-Cacahuatillo	0	0	0	0	0	0
Bajo Reforestación	Árnica-Trébol	1410 a	1054 a	603 a	1109 a	1957 a	912 ab
	Frijol palo-Trébol	1739 a	260 b	225 a	1126 a	497 b	643 b
	Guaje-Cacahuatillo	0	0	0	0	0	0
	Prob ^u	0.3597	0.0001	0.1039	0.0491	0.038	0.0021
	DMS ^t	1573	487	504	744	1420	680
	CV % ^s	57	64	90	53	71	53

^rForraje cosechado por arriba de 60 cm de altura de corte, ^qFechas de corte, ^xMedias seguidas con la misma letra en cada columna, no son diferentes ($p < 0.05$), ^uProbabilidad ($p < 0.05$); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoeficiente de variación.

La producción de forraje de frijol palo, también estuvo influenciado por la condición de campo. La producción de materia seca de forraje fue mayor a cielo abierto con 5114 kg MSha⁻¹, con tasas promedio de rebrote de 21.5 kgMSha⁻¹d⁻¹) y repunte en pleno verano, lo que indica que, tal como lo reportan Cook et al. (2005), con bajas temperaturas el crecimiento de esta especie se reduce. Condiciones de sombra para esta especie repercuten en menores tasas de rebrote (15 kgMSha⁻¹d⁻¹) y producción de forraje 4490 kgMSha⁻¹. En campo fue posible observar que en condiciones de sombra, las plantas presentaban un desarrollo débil del tallo y en general menor vigor. Experimentos realizados con esta especie por INIFAP (2012) y Padilla et al. (2003) indican que los mejores

rendimientos de frijol palo se alcanzan a los 120 días de descanso previos y durante la floración, con una producción promedio de 3150 kgMS ha^{-1} .

Cuadro 7. Medias de tasa de acumulación de forraje (kg MS $ha^{-1} d^{-1}$) de arbustivas en dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Tasa de acumulación de forraje ^p Kg MS $ha^{-1} d^{-1}$					
		Dic-15 ^r	Feb-16	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
Cielo Abierto	Árnica-Trébol	13 a ^x	2 b	3 a	10 a	52 a	14 ab
	Frijol palo-Trébol	30 a	6 b	4 a	5 a	49 a	35 a
	Guaje-Cacahuatillo	0	0	0	0	0	0
Bajo Reforestación	Árnica-Trébol	31 a	18 a	8 a	12 a	65 a	20 ab
	Frijol palo-Trébol	39 a	4 b	3 a	13 a	17 a	14 ab
	Guaje-Cacahuatillo	0	0	0	0	0	0
	Prob ^u	0.3598	0.0001	0.1043	0.0495	0.0492	0.0029
	DMS ^t	34	8	6	8	74	24
	CV % ^s	56	63	90	53	73	54

^p Kilogramos de masa seca por hectárea día; ^r Fechas de corte; ^x Medias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^u Probabilidad ($p < 0.05$); ^t Diferencia mínima significativa; ^s Coeficiente de variación.

Cuadro 8. Medias de crecimiento en altura de arbustivas en dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Dic-15 ^v	Feb-16	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
		-----Altura ^o Cm -----					
Cielo Abierto	Árnica-Trébol	54 a	20 b ^x	73 c	121 a	97 b	91 b
	Frijol palo-Trébol	50 ab	20 b	97 ab	149 a	158 a	148 a
	Guaje-Cacahuatillo	13 c	17 b	0	0	0	0
Bajo Reforestación	Árnica-Trébol	49 ab	40 a	105 a	136 a	166 a	183 a
	Frijol palo-Trébol	26 bc	16 b	86 bc	128 a	126 ab	156 a
	Guaje-Cacahuatillo	23 c	14 b	0	0	0	0
	Prob ^u	0.0001	0.0001	0.0006	0.0883	0.0055	0.0001
	DMS ^t	26	15	18	30	53	38
	CV % ^s	42	45	12	14	28	19

^o Crecimiento de altura medida en centímetros; ^v Fechas de evaluación; ^x Medias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^u Probabilidad ($p < 0.05$); ^t Diferencia mínima significativa; ^s Coeficiente de variación.

Las medias de crecimientos de árnica a partir de los 45 (8/dic/15 y 6/oct/16) días de descanso (49 y 183 cm) bajo reforestación (Cuadro 8) con distanciamientos de siembra de 50 cm entre hileras y 100 cm entre plantas son mayores a los encontrados por Ríos (1998) en esta especie a los 45 y 110 días con 44 y 180 cm a distanciamientos de siembra de 75 cm y 75 cm.

En Cuadro 8 se observan medias de crecimientos encontrados en guaje asociado con cacahuatillo a los 45 y 60 días de descanso, las alturas 13, 17 y

23, 14 cm para condiciones de cielo abierto y bajo reforestación respectivamente no alcanzaron alturas definidas como criterio 60 cm para determinación de rendimientos en producción, razón por la cual los cuadros anteriores no contienen datos de producción de esta especie y que finalmente hasta el término del estudio no observó cómo adaptable a condiciones de sitio. El crecimiento de guaje declinó al punto de que plantas establecidas fueron cubiertas por el cacahuatillo. El guaje por su plasticidad ecológica y fenotípica se ha reportado su adaptación en diversos ambientes; sin embargo, por tratarse de una especie originaria del trópico (Cook et al., 2005) y dadas las condiciones que limitaron el rendimiento productivo de especies adaptadas a la zona, se demostró que para este clima y condición de suelo el guaje resultó opción para el establecimiento de sistemas silvopastoriles de doble propósito.

Con base en los resultados anteriores, puede concluirse que para el primer año de establecimiento de frijol palo y árnica en Andisoles del subtrópico, la mejor respuesta se obtiene a los 45 días después de la poda de establecimiento y a partir de los 90 días de descanso entre podas y durante la temporada estival.

Herbáceas

La producción de forraje de cacahuatillo en el área reforestada tendió a estabilizarse a partir de los 60 días de descanso (Cuadro 9). El promedio de porcentaje de cobertura de la especie en esta condición fue 26.6 % (Cuadro 5), con tasa promedio de acumulación forraje en todo el período de 4.6 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. Sin embargo, en cielo abierto la tendencia en la producción de forraje fue de incremento hasta el final del estudio. Las tasas medias de acumulación de forraje desde el inicio hasta los 90 días fue 4 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, para duplicarse en los últimos cortes (10 y 11 kg MS ha⁻¹ d⁻¹). Cacahuatillo también se comportó como especie tropical con un elevado incremento de su tasa de acumulación de forraje en el periodo estival. Para estos mismos períodos el porcentaje de cobertura así como el crecimiento en altura, presentan los mayores valores (Cuadros 5 y 11), lo que se reflejó en una mayor producción de biomasa total

(1659 kg MS ha⁻¹), significativamente superior (70%), que en el área reforestada (1175 kg MS ha⁻¹).

Cuadro 9. Medias de producción de forraje (kg MS ha⁻¹) de herbáceas en dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Producción de forraje ¹ Kg MS ha ⁻¹				
		Feb-16 ^s	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
Cielo Abierto	Trébol-Árnica	183 ab	226 a ^x	356 a	0	0
	Trébol-Frijol palo	199 ab	279 a	301 a	0	0
	Cacahuatillo-Guaje	235 ab	270 a	340 a	298 a	516 a
Bajo Reforestación	Trébol-Árnica	175 b	0	524 a	0	0
	Trébol-Frijol palo	175 b	0	474 a	0	0
	Cacahuatillo-Guaje	320 a	210 a	245 a	182 b	218 b
	Prob ^u	0.0006	0.4196	0.0226	0.0015	0.001
	DMS ^t	140.61	152.12	296.7	62.63	149.57
	CV% ^s	18.71	23.38	23.4	22.97	32.76

¹Corte a 5 cm de altura; ^sFechas de cosecha; ^xMedias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^uProbabilidad (p<0.05); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoefficiente de variación.

El desempeño de trébol no presentó diferencias significativas entre ambas condiciones (772 kg MS ha cielo abierto y de 674 kg MS ha con reforestación). Tampoco hubo efecto significativo de la especie asociada al trébol. Los rendimientos de trébol durante el experimento son menores a los encontrados por Zebadúa, Garay, Hernández, Pérez, y Huerta (2002), quienes cuantificaron en clima templado 3200 kg MS ha⁻¹ en otoño-invierno y 3400 kg MS ha⁻¹ en primavera-verano; los menores rendimientos pueden deberse también a que los periodos de evaluación fueron amplios y no se coincidió con la fenología productiva de tréboles. Medias de crecimientos en altura de herbáceas a 60, 75 y 90 días (Cuadro 10) no indican diferencias estadísticas entre periodos de descanso pero sí entre condiciones de estudio.

En Figura 14 se presentan las de tasas de acumulación de forraje de cacahuatillo y trébol a cielo abierto. Cacahuatillo resultó una opción para producción de forraje del estrato herbáceo de sistemas silvopastoriles combinados con ornamentales en este ambiente de bosque mesófilo de

montaña cuando se estableció a cielo abierto. En contraste, el trébol no constituyó una opción para ese sistema.

Cuadro 10. Medias de crecimiento en altura de herbáceas en dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Feb-16 ^v	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
		Altura ^p cm				
Cielo Abierto	Trébol-Árnica	6 a ^x	5 a	6 a	3 b	3 c
	Trébol-Frijol palo	5 a	5 a	5 a	3 b	3 c
	Cacahuatillo-Guaje	5 a	6 a	7 a	10 a	14 a
Bajo Reforestación	Trébol-Árnica	4 a	0	5 a	3 b	3 c
	Trébol-Frijol palo	6 a	0	4 a	4 b	3 c
	Cacahuatillo-Guaje	4 a	6 a	5 a	11 a	9 b
	Prob ^u	0.0897	0.2480	0.1547	0.0001	0.0001
	DMS ^t	2.73	1.54	5.54	3.19	3.50
	CV% ^s	17.79	11.03	25.38	28.9	35.33

^pCrecimiento de altura medida en centímetros; ^vFechas de evaluación; ^xMedias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^uProbabilidad ($p < 0.05$); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoefficiente de variación.

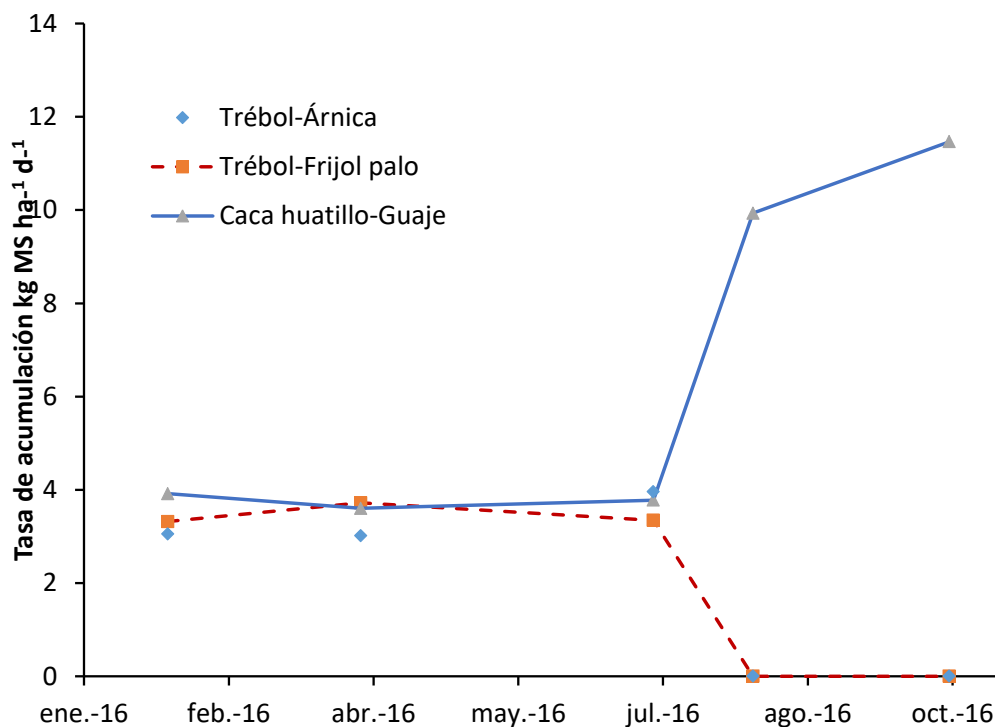


Figura 14. Tasa de acumulación de herbáceas a cielo abierto.

La mejor apreciación de comportamiento de las especies se establece en la Figuras 15. Por un lado, a cielo abierto, se nota mejor curva de crecimiento a lo largo del experimento para frijol palo asociado con tréboles por arriba de tendencia de árnica asociado con tréboles. Por otro lado, indica mejor curva de crecimiento de árnica bajo reforestación demostrando que puede ser una opción concreta en el establecimiento de silvopastoriles bajo dosel.

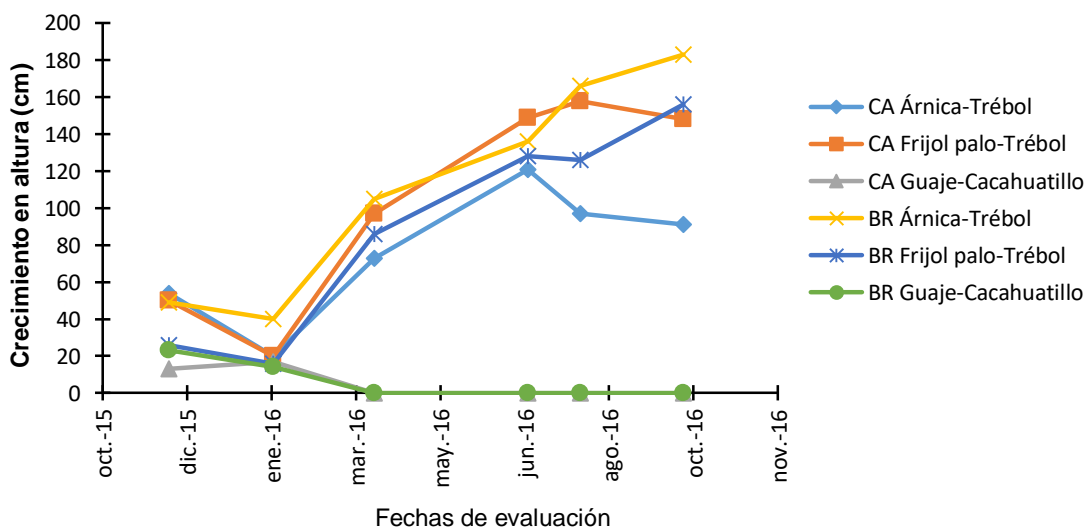


Figura 15. Curva de crecimiento de arbustivas en dos condiciones de campo.

En el caso de herbáceas, en coincidencia con los datos de producción y acumulación de forraje la mejor respuesta se encontró al final del período experimental en el tratamiento de asociación cacahuatillo con guaje a cielo abierto.

La información relativa a densidad de plantas (Cuadro 11) coincide con la presentada sobre producción de forraje. Durante el establecimiento esta información que puede ser clave para generar recomendaciones de manejo durante esta fase. Los resultados de densidad de frijol palo al final del periodo

experimental días son mayores que los reportados por Padilla et al. (2003) en un estudio en el trópico cubano indicando densidades de 1.6 y 2.7 plantas por m² a 120 días de corte.

Cuadro 11. Medias de densidad de plantas de arbustivas bajo dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Densidad de plantas (m ²) ⁿ					
		Dic-15 ^s	Feb-16	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
Cielo Abierto	Árnica-Trébol	2 b	1 c	1 a	1 a	4 a	4 a
	Frijol palo-Trébol	4 ab	3 a ^x	2 a	2 a	3 b	3 b
	Guaje-Cacahuatillo	4 ab	3 a	0	0	0	0
Bajo Reforestación	Árnica-Trébol	4 ab	2 b	2 a	2 a	3 b	3 b
	Frijol palo-Trébol	7 a	3 a	2 a	2 a	3 b	3 b
	Guaje-Cacahuatillo	3 ab	1 c	0	0	0	0
	Prob ^u	0.0440	0.0055	0.2590	0.1763	0.0277	0.0249
	DMS ^t	4	1	1	1	1	1
	CV % ^s	47	34	41	43	28	21

ⁿDensidad de plantas por metro cuadrado; ^sFechas de evaluación; ^xMedias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^uProbabilidad (p<0.05); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoeficiente de variación.

La evolución de las densidades de plantas indican por un lado persistencia de plantas en campo y por el otro, una sostenibilidad del sistema después del control de fauna nativa que reprimía el establecimiento de forrajeras. La densidad de plantas en cacahuatillo demostró igual comportamiento siendo mejor el tratamiento a cielo abierto (Cuadro 12).

Cuadro 12. Medias de densidad de plantas de cacahuatillo bajo dos condiciones de campo.

Condición de campo	Tratamiento	Densidad de plantas (m ²) ⁿ				
		Feb-16 ^s	Abr-16	Jul-16	Ago-16	Oct-16
Cielo abierto	Cacahuatillo-Guaje	13 a	5 a ^x	6 a	4 a	4 a
Bajo reforestación	Cacahuatillo-Guaje	6 b	4 a	4 b	2 b	2 b
	Prob ^u	0.0078	0.6094	0.0234	0.0071	0.003
	DMS ^t	4	3	2	1	1
	CV% ^s	42	44	35	26	19

ⁿDensidad de plantas por metro cuadrado; ^sFechas de evaluación; ^xMedias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^uProbabilidad (p<0.05); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoeficiente de variación.

3.5.3. Composición nutricional del forraje

Composición mineral de forraje a 90 días de descanso

La calidad del forraje de las especies estudiadas, a los 90 días de descanso (fecha de corte julio 16-2016) y a un año de establecidas, se muestran en el Cuadro 13. Las medias de las concentraciones de los minerales en las hojas indican que el forraje de árnica presentó significativamente los valores más altos de P, K, Ca, Mg, S y B, que cacahuatillo y frijol palo, excepto en Ca, donde el cacahuatillo mostró la mayor concentración en particular, a cielo abierto, ya que bajo reforestación fue menor ($p < 0.05$). Respecto a las concentraciones de P en árnica, valores similar fueron obtenidos por (Mahecha y Rosales, 2005); en tanto que Navarro y Rodríguez (1990) encontraron una concentración de 0.38%. Es importante mencionar que las concentraciones de Mg 0.46-0.63% en hojas y de 0.31-0.48% en tallos en este estudio, son sustancialmente mayores a las obtenidas por estos mismos autores de 0.05 a 0.06% a 89 días de corte.

En cuanto a frijol palo, medias de concentraciones en Ca (0.62-0.70%), Mg (0.16-0.22) y Mn (45.8 ppm, en reforestación) y B (84.2-96.5 ppm), resultaron ser los más bajos de las tres especies. Estas concentraciones están en concordancia con las determinaciones de ceniza de 4.6 % (Cuadro 14). En este estudio, las concentraciones encontradas para esta especie, en general, son mayores a las indicadas en otros trabajos. Por ejemplo, Higuera et al. (2001) reportó valores de calcio de 0.3% y de magnesio de 0.11% a 90 días de corte. Desde el punto de vista de la utilidad para los ovinos, los contenidos minerales de esta especie son adecuados para alimentación de ovinos (Mufarrege, 2002), pero críticos desde el enfoque de la nutrición del cultivo (Bennett, 1994).

Cuadro 13. Medias de concentración de macro y micro nutrimentos en hoja y tallo de forrajeras bajo en dos condiciones de campo a 90 días de descanso.

Condición de campo	Tratamiento	Concentraciones en hoja									
		P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		----- % -----					----- mg kg ⁻¹ -----				
Cielo Abierto	Árnica	0.36 a ^x	2.41 a	1.58 b	0.46 b	0.54 ab	86.2 a	148.9 ab	67.5 a	9.1 a	203.5 ab
	Frijol palo	0.22 bc	1.32 b	0.62 c	0.22 c	0.43 b	52.2 a	115.8 b	28.8 a	10.5 a	96.5 c
	Cacahuatillo	0.18 c	1.27 b	2.30 a	0.45 b	0.51 ab	150.1 a	127.5 b	30.7 a	13.8 a	135.1 bc
Bajo Reforestación	Árnica	0.31 ab	2.49 a	1.77 ab	0.63 a	0.72 a	103.8 a	328.1 a	47.0 a	11.9 a	173.7 ab
	Frijol palo	0.23 bc	1.77 b	0.70 c	0.16 c	0.35 b	90.1 a	45.8 a	19.2 a	7.5 a	84.2 c
	Cacahuatillo	0.24 bc	1.65 b	1.71 b	0.46 c	0.45 b	146.4 a	220.7 a	42.2 a	13.8 a	217.5 a
	Prob ^w	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0028	0.0577	0.0037	0.4666	0.0791	0.0003
	DMS ^v	0.09	0.56	0.54	0.14	0.22	104.25	181.73	4.75	7.46	76.46
	CV % ^u	13	11	13	13	16	36	40	75	24	18
		----- Concentraciones en tallo -----									
Cielo Abierto	Árnica	0.30 a	2.22 a	0.78 a	0.31 ab	0.47 a	26.4 a	54.4 ab	15.3 a	8.9 c	107.9 a
	Frijol palo	0.11 b	1.05 b	0.52 a	0.20 b	0.39 ab	19.5 a	42.9 b	16.4 a	13.4 ab	64.9 a
Bajo Reforestación	Árnica	0.14 b	1.72 ab	0.70 a	0.48 a	0.44 a	40.8 a	87.7 a	14.1 a	9.3 bc	100.0 a
	Frijol palo	0.11 b	1.64 ab	0.56 a	0.17 b	0.26 b	20.1 a	23.8 b	7.9 a	14.3 a	71.9 a
	Prob ^u	0.0033	0.0052	0.0807	0.0066	0.0056	0.1789	0.0090	0.4569	0.0081	0.0431
	DMS ^t	0.12	0.70	0.30	0.21	0.14	30.97	43.33	17.68	4.43	45.59
	CV % ^s	28	16	18	27	13	44	31	50	14	20

^x Medias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^u Probabilidad ($p < 0.05$); ^t Diferencia mínima significativa; ^s Coeficiente de variación.

Por ser el tallo un órgano fuente, las concentraciones minerales de las arbustivas en este órgano son menores, sin embargo, en árnica las concentraciones de P, K y Mg (al igual que frijol palo), fueron relativamente elevados. Si bien los ovinos no consumirían este material, el reciclaje de estos residuos durante las podas, contribuye al enriquecimiento de la materia orgánica, fuente de reservas de nutrientes disponibles para las especies forrajeras que se aprovechan en el sistema. De acuerdo con Wanjau, Mukalama y Thijssen (1998) citado por Pérez et al. (2009) el árnica es una especie hábil para extraer nutrientes del suelo haciéndolos disponibles.

Respecto a cacahuatillo, los valores medios de concentraciones de minerales en hojas variaron entre las condiciones de campo. Se encontró elevada concentración de B en reforestación, con 217.5 mg/kg⁻¹, nutriente esencial en el transporte de carbohidratos en plantas. En relación a macro nutrimentos los porcentajes de Ca resultan mejor a cielo abierto con 2.30%. El valor medio de

calcio en cacahuatillo a cielo abierto anterior, lo sitúa como la mejor especie en este mineral y que puede contribuir en la alimentación de ovinos en Xaltepuxtla, esto dado que el calcio es vital para el organismo animal (Shimada, 2015).

De los resultados obtenidos se concluye que de acuerdo con los estándares definidos por el NRC (2007), las concentraciones de minerales en las especies estudiadas, se encuentran dentro de los intervalos considerados como aceptables para cubrir las necesidades nutricionales para la producción de ovinos.

Un aspecto a destacar en resultados es la relación calcio:fósforo misma que en los casos de árnica y cacahuatillo resultó demasiado elevada de acuerdo a recomendaciones de NRC (2007).

Relativo a trébol, trabajos de Cedeño, Ceballos, Garzón y Daza (2011) reportan para ésta leguminosa concentraciones de Ca (1.13%), P (0.37%) y Mg (0.31%) en como rangos aceptables. La adaptación de la especie en este estudio fue muy limitada. Dado que se observó en campo un mejor desarrollo del ecotipo de trébol nativo (Rebuffo, Condón y Alzugaray, 2005) en interacción con pasto, esta asociación debe ser considerada como una opción de propagación en el sistema silvopastoril; lo cual sería una fuente adicional en calidad de nutrimentos junto con los forrajes de las otras especies.

Un aspecto que vale la pena mencionar del beneficio de la introducción de árnica en el sistema tradicional de producción de ornamentales, resultó ser que en la condición de reforestación. La propiedad insecticida del árnica reportada por Mahecha y Rosales (2005) resolvió el ataque de hormigas en yemas laterales de los pinos. Esta problemática ya había sido observada en árboles y suelo del área experimental al principio de la investigación.

Fibra y proteína

Los bancos de proteína son aquellos sistemas silvopastoriles establecidos para la producción animal combinando especies forrajeras arbustivas y herbáceas,

los cuales para definirse así, deben al menos aportar un 15% de la proteína necesaria para la alimentación de ganado (Alonso, Ruiz y Febles, 2015). En Xaltepuxtla, el promedio de medias en análisis bromatológicos en base seca del forraje de las especies establecidas indican 15.5% de proteína cruda en material cosechado a 90 días de descanso (Cuadro 14). Este porcentaje ubica al sistema silvopastoril como banco de proteína.

Algunas diferencias en PC mostraron las especies. Los más altos contenido de PC correspondieron a cacahuatillo y trébol con 17.9 % a cielo abierto, en tanto que frijol palo el más bajo con 11.3%; sin embargo, es importante decir que esta última especie presenta mejor vigor y desarrollo en esta condición, por lo que ocurre un efecto de dilución de este nutriente (en reforestación su PC fue de 17.9%).

El porcentaje de proteína cruda de cacahuatillo a cielo abierto 17.9% resulta menor al reportado por Sánchez, Villareal y Soto (2000) con 19.9% en el trópico húmedo. Para este estudio, el contenido de proteína cruda en cacahuatillo varió en las dos condiciones de campo, siendo su mayor contenido en el tratamiento a cielo abierto.

Cuadro 14. Composición química de forraje en hojas y tallos en dos condiciones de campo a 90 días de descanso, mes de julio 2016.

Condición de campo	Tratamiento	----- Hojas -----			
		PC	CENIZA %	FDN	FDA
Cielo Abierto	Árnica	14.1 abc	12.6 a	52 a	39.6 a
	Frijol palo	11.3 c	4.3 d	63.6 a	44.5 a
	Cacahuatillo	17.9 a ^x	8.4 c	60.8 ab	32.8 c
	Trébol	17.9 a	9.5 bc	40.9 bc	20.4 a
Bajo Reforestación	Árnica	13.1 bc	11.4 ab	55 a	41.2 a
	Frijol palo	17.9 a	4.9 d	62.9 a	43.8 a
	Cacahuatillo	15.5 ab	8.4 c	62.5 a	29.9 b
	Trébol	16.8 ab	8.4 c	34.4 c	19.4 c
	Prob ^u	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	DMS ^t	3.82	2.39	13.10	5.52
	CV % ^s	8.68	9.88	8.58	5.75

		-----Tallos-----			
Cielo abierto	Árnica	6.8 a	12.3 a	54 b	40.7 c
	Frijol palo	6.5 ab	3.7 b	73.5 a	55.3 ab
Bajo reforestación	Árnica	4.9 b	6.7 b	62.8 b	48.6 ab
	Frijol palo	5.7 ab	4.1 b	77.8 a	59.8 a
	Prob ^u	0.0354	0.0002	0.0003	0.0006
	DMS ^t	1.78	3.64	10.26	8.73
CV % ^s		11.48	20.68	5.86	6.54

PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; ^xMedias seguidas por misma letra en cada columna, no son diferentes; ^uProbabilidad (p<0.05); ^tDiferencia mínima significativa; ^sCoefficiente de variación.

En cuanto a medias de proteína en trébol, se encontraron porcentajes de 17.9 y 18.6% a cielo abierto y bajo reforestación respectivamente. Pereira et al. (2012) reportaron 13.5% y 17% en variedades de trébol en invierno, en tanto que Cedeño et al. (2011) reportaron 23.1% de PC a 6 semanas de corte, valor mayor al encontrado en este trabajo.

En relación con los contenidos de ceniza, FDN y FDA se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los más altos contenidos de ceniza, indicativos de los contenidos de minerales en el forraje, se encontraron en el árnica, seguido del cacahuatillo y de frijol palo. Este comportamiento por especie ya fue previamente explicado en párrafos anteriores para cada especie.

En cacahuatillo, los contenidos de ceniza del 8.4% fueron similares a los indicados por Gonzalvo et al. (2001) de 8.2%. Es importante mencionar que los porcentajes en ceniza en hojas de frijol palo en dos condiciones de estudio, que resultaron bajos en hoja (4.3% a cielo abierto y 4.9% en reforestación) respecto de las otras especies, así como en tallo, son mayores a los reportados por Miquilena e Higuera (2012) con 3.6% en un trabajo para producir suplementos alimenticios junto con otras leguminosas.

Los contenidos altos de FDN en frijol palo 63.6 y 62.9% son indicativos de que el forraje producido por esta especie puede no ser consumido de manera importante por animales (Shimada, 2015).

En cacahuatillo, el contenido de FDN fue 61.6%, similar a los encontrados por Sánchez et al. (2011) con 59.9 % y Lagunes (2011) con el 60.8%. Estos resultados difieren a los reportados por Gonzalvo et al. (2001) de 43.3% de FDN.

En cuanto a FDN y FDA, los porcentajes significativamente más bajos correspondieron a trébol (Cuadro 14); lo cual es indicativo de su muy alto valor nutricional. En trébol los contenidos de FDN resultan los más bajos en comparación a los demás tratamientos con 40.9 y 34.4% a cielo abierto y bajo reforestación. Estos valores según Shimada (2015) pueden resultar mejor consumidos por animales en pastoreo. Los valores de digestibilidad reportados por Oliva, Rojas, Morales, Oliva y Oliva (2015) de 91.8% indican que trébol puede ser una opción futura en el silvopastoril si se logra su establecimiento y adaptación oportuna y, en combinación con pasto nativo.

En condiciones de bosque mesófilo de montaña, concentraciones bajas de elementos minerales en comparación con estudios desarrollados en el trópico, se deben especialmente a horas de fotoperiodo limitado por niebla que persistió a lo largo del experimento (ver diagrama de niebla, Figura 3). Así también debe recordarse que especies provenientes de clima tropical requiere más horas luz para incrementar actividad fotosintética para producción de biomasa y que en mismo procesos de intercambio gaseoso con el medio debía absorber nutrimentos esenciales del suelo transportándolas a hojas, efecto que no reflejó en mayores valores en las concentraciones encontradas básicamente en hojas.

Tanto los valores de concentración de nutrimentos y química de forrajes dan un acercamiento a la calidad del alimento forrajero del silvopastoril, siendo valores de proteína cruda mejores referentes para considerar al silvopastoril un banco de proteínas que puede ser complemento en el pastoreo de ovinos y que en temporada de estiaje será imprescindible la suplementación con minerales esenciales como fósforo, calcio y magnesio.

3.5.4. Costos de establecimiento y mantenimiento de un silvopastoril

Una meta a lograr, propuesta por productores al modificar el sistema tradicional hacia un silvopastoril, fue reducir costos en su establecimiento a otras unidades de producción así mismo minimizar inversión en mantenimiento de la tecnología a la vez produciendo mejor follaje de ornamentales, forraje y borregos. Para lograr el objetivo de la comunidad se seleccionaron especies conforme diagnóstico (López, 2013) estableciendo forrajeras de cobertura, fáciles de propagar y que su manejo agronómico no implicará aporte de insumos externos, contribuyeran a mejorar la forma de vida comunitaria y conservarán la base de los recursos naturales.

La estimación de costos para el establecimiento del sistema silvopastoril en un primer año (Cuadro 15) cuantificada en 2015 es de \$8,108.00 pesos, inversión utilizada en pago de mano de obra comunitaria para implementar la tecnología, adquisición de semillas y material vegetativo para propagación en campo.

Cuadro 15. Costos de establecimiento de un silvopastoril, año 2015.

Sistema de producción: Silvopastoril 2015					
Comunidad: Xaltepuxtla, Puebla					
Concepto		Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total 3/4 cuartillos (\$)
COSTOS					
No.	ACTIVIDADES				
1	Limpieza silvopastoril	12	Jornal	120	1,440.00
2	Medición terreno	3	Jornal	120	360.00
3	Fertilización	3	Jornal	120	360.00
4	Preparación sitio de siembra	4	Jornal	120	480.00
5	Siembra	19	Jornal	120	2,280.00
6	Reubicación ornamentales	1	Jornal	120	120.00
Subtotal Actividades		42			5,040.00
INSUMOS					
1	Esquejes	750	Pieza	2	1,500.00
2	Control tuzas	13	Frasco	30	390.00
3	Semillas trébol	6	kg	98	588.00
4	Semillas de frijol	2	kg	45	90.00
5	Material vegetal de cacahuatillo	5	Bolsas	100	500.00
Subtotal Insumos					3,068.00
Costo total					\$8,108.00

Al estimar costos de mantenimiento (Cuadro 16) al finalizar el estudio en el año 2016 y una vez que el sistema silvopastoril hubo alcanzado su establecimiento productivo, se encontró un total de \$ 1,620.00 pesos por actividades de manejo y compra de controladores de plaga. En tres experimentos silvopastoriles de Castillo (2003) citado por Valles y Castillo (2006) menciona que los costos de establecimiento son mayores en función de los insumos aplicados y que este se recupera en un año y medio dos aproximadamente.

Cuadro 16. Costos de mantenimiento del silvopastoril, año 2016.

Sistema de producción: Silvopastoril 2016					
Comunidad: Xaltepuxtla, Puebla					
Concepto		Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total 3/4 cuartillos (\$)
COSTOS					
No.	ACTIVIDADES				
1	Limpieza silvopastoril	6	Jornal	120	720.00
2	Manejo	2	Jornal	120	240.00
3	Balanceo nutrimental	2	Jornal	120	240.00
4	Siembra	2	Jornal	120	240.00
Subtotal Actividades		12			1,440.00
INSUMOS					
1	Control tuzas	6	Frasco	30	180.00
Subtotal Insumos					180.00
Costo total					\$1,620.00

Con base en cuadros anteriores dos aspectos se denotan. Por un lado, se reducen costos en manejo de la tecnología al emplear menor número de jornales de un año a otro pasando de 42 a 12, lo cual reduce la inversión total pasando también de \$8,108.00 a \$1,620.00 pesos respectivamente. Por otro lado, la ventaja de tener el sistema silvopastoril actual con especies adaptadas y en producción y, pensando en nuevos sitios de producción permite aún más reducir costos de implementación.

Aunado a la reducción de costos de establecimiento y mantenimiento del silvopastoril expuestos, una ventaja respecto a esta tecnología y que debe ser vista como una oportunidad para implementar nuevos silvopastoriles en Xaltepuxtla, es que familias pequeñas integradas por tres y cuatro personas, dedicando un tiempo estimado de dos semanas, pueden establecer un cuartillo de silvopastoril similar o bajo un diseño propio del productor. Hoy día la comunidad de medieros de Xaltepuxtla, Puebla disponen de recursos y conocimientos, lo cual de acuerdo a lo indicado por Durston y Miranda (2002) les permite ser promotores y actores de mejoras a sus sistemas de producción y formas de vida local bajo el enfoque de sistemas de producción en agroforestería sostenible.

3.5.5. Difusión de resultados de investigación en la comunidad

En trabajos de intervención comunitaria con un enfoque de desarrollo rural siguiendo la metodología de investigación acción-participativa (Durston y Miranda, 2002; Martí et al., 2010), trabajando con personas en interacción con el medio que los rodea (por ejemplo en el presente trabajo), se hace necesario generar espacios de difusión y retroalimentación del diseño participativo de la tecnologías y de la generación de conocimiento local nuevo; de tal manera que sirva y se apropien de tales para mejoras futuras. En este orden, con el objetivo de difundir los resultados de la investigación, generar nuevas ideas y perspectivas de desarrollo futuro, el día 4 de septiembre del 2016 se presentó en asamblea de propietarios y medieros principales resultados vinculados al sistema silvopastoril.

En asamblea de propietarios se expuso en orden: antecedentes y objetivos del trabajo de investigación bajo el enfoque acción-participativa vinculando la especialización en agroforestería (Presentación Xaltepuxtla Puebla, 2016), se habló de las actividades emprendidas como la adecuación del sitio de experimentación, que se establecieron especies respetando resultados de un diagnóstico comunitario previo (López, 2013), se mencionó acerca de la

participación de medieros en actividades y los primeros alcances así oportunidades encontrados en el sistema silvopastoril. Los dos objetivos compartidos de manera sencilla a propietarios fueron:

1.-Evaluar el establecimiento, los costos y la productividad de la tecnología silvopastoril para producción de borregos.

2.-Evaluar la cantidad y calidad de forraje producido por frijol palo, árnica, cacahuatillo y trébol determinando la más apropiada en establecimiento y su capacidad de alimentación de borregos.

Se expuso que árnica, frijol palo y cacahuatillo fueron las especies mejor adaptadas para producción de forraje en la zona, que el cacahuatillo en porcentajes de cobertura al cubrir el suelo compitiendo con las hierbas redujo el número de jornales para limpieza y que en conjunto las especies proporcionaban floración, importante para incrementar la actividad productiva de la abeja melipona. Se mencionó a los propietarios que la participación de los medieros a cargo de sus tierras fue clave en el establecimiento del silvopastoril y que involucrarlos en el proceso es un objetivo del trabajo y no únicamente del investigador para generar información sino creando intervención concreta con la realidad social. Finalmente se hizo énfasis en la toma de decisión sobre la integración oportuna y con conocimiento del componente animal dentro el silvopastoril.

En reunión de medieros con apoyo de un cartel (Cartel BMM Asamblea medieros, 2016) se presentó información del silvopastoril, especificando también en antecedentes, actividades y principales resultados. Más allá de resultados el objetivo con medieros fue que a través del cartel los medieros que participaron en el proceso de implementación del silvopastoril se vieran en las imágenes siendo actores de su propio desarrollo y que otros se motivaran a ser parte de la intervención viendo en sus compañeros una oportunidad de aprendizaje. En ambos escenarios de difusión fue importante recalcar que deben ellos mismos encargarse de socializar el trabajo. Algunos propietarios

nuevos se vieron interesados en conocer acerca de las actividades que se viene desarrollando en la comunidad con la Universidad Autónoma Chapingo; así también medieros pidieron a quienes han tomado cursos y aprendido de los trabajos ayudaran a difundir entre ellos, el conocimiento y prácticas en su dialecto.

3.6. Conclusiones

De las especies forrajeras establecidas en el sistema tradicional de producción de ornamentales de la finca Ocotitla para producción de ovinos, se adaptaron frijol palo (*C. cajan*), cacahuatillo (*A. pintoii*) y árnica (*T. diversifolia*), en términos de sobrevivencia de las especies y de cobertura de la herbácea.

El silvopastoril alcanzó su mejor producción de forraje a un año de establecimiento (julio 2015 a octubre de 2016) y a 90 días de descanso después de la poda. El árnica produjo los mejores rendimientos en producción de forraje bajo reforestación con 7045 kgMSha⁻¹ total. Frijol palo por su parte, expresó su mejor producción a cielo abierto con 5114 kgMSha⁻¹ total; el cacahuatillo bajo misma condición de campo, con 1659 kgMSha⁻¹ total. La densidad de planta a la cual se encontraron estos rendimientos fueron 33000, 27000 y 65000 plantas/ha respectivamente.

El análisis químico de minerales y calidad de forraje en base seca indicó que árnica concentra en la hojas cantidades niveles importantes de fósforo (0.36%), potasio (1.77%) y magnesio (0.63%). Cacahuatillo destacó en las concentraciones de calcio (2.30%). Frijol palo presentó bajos contenidos nutrimentales que se reflejaron en el porcentaje de ceniza de hojas y tallo.

El promedio de proteína cruda de las forrajeras 15.5% permitió proponer la utilización del sistema silvopastoril como banco de proteína. El mayor contenido de proteína se halló en cacahuatillo con 17.9% a cielo abierto y el menor contenido de FDN en árnica con 52% y 39.6% de FDA. Al comparar resultados

de productividad y calidad con estudios previos se encontró menor rendimiento debido a factores agroclimáticos que limitaron el desarrollo óptimo de las especies, sin embargo, la composición nutricional del forraje se encontró en rangos adecuados para la producción de ovinos.

Con la implementación del silvopastoril modificando un sistema de producción tradicional, se minimizaron costos de inversión y mantenimiento pasando de \$8,108.00 a \$1,620.00, lo que redujo el empleo de jornales de mano de obra comunitaria para el mantenimiento del sistema de 42 a 12, a un año de haberse establecido.

El silvopastoril establecido cumplió los objetivos iniciales de estudio, así como el de los productores de la comunidad de Xaltepuxtla; esto es, generar una alternativa de producción a mediano plazo con las ventajas productivas previstas en su diagnóstico social y comunitario, reducir los costos de inversión para el bienestar humano, social y ecológico.

Finalmente, en estudios e innovación a las prácticas de sistemas tradicionales bajo el enfoque agroforestal debe involucrarse la participación comunitaria como garantía de adopción y base para resolver problemáticas concretas de la realidad social.

3.7. Literatura citada

- Agnusdei, M. G., Colabelli, M. R., & Fernández Grecco, R. C. (2001). Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. *Boletín técnico*, (152), 0522-0548.
- Andrade, C. M. S., & Valentim, J. F. (1996). Efeito de diferentes níveis de sombreamento na produtividade e persistência de *Arachis pinto* em Rio Branco, Acre. *EMBRAPA-CPAF-AC. Pesquisa em Andamento*.
- Alonso, J., Ruíz, T. E., Fraga, G. A., Tuffi, L. D., & Arridne, R. (2012). Productividad de *Tithonia diversifolia* y comportamiento animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. Evento I Internacional Agrodesarrollo 2012. *Varadero. Cuba*, 22.
- Alonso, J; Febles, G; Ruiz, T; (2015). Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49() 433-241. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193039698013>
- Álvarez S. M. E. (2015). Manual de procedimientos analíticos para suelos y plantas. Laboratorio de química de suelos. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 84.
- Arteaga, C. V. (2014). *Estado nutricional del ganado y acumulación de forraje en una unidad de producción de becerros* (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México).
- A.O. A. C. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of analytical CHEMIST13TH. Washington, D.C. U.S.A.
- Bennett, W. F. (1994). Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN.
- Cedeño-Quevedo, D. A., Ceballos-Márquez, A., Garzón, C., & Daza-Bolaños, C. A. (2011). A comparative study of metabolic mineral profiles on dairy farms from two regions in Nariño department. *ORINOQUIA*, 15(2), 160-168.
- Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J.L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. (2005). Tropical Forages: an interactive selection tool., [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. Consultada en http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Cajanus_cajan.htm
- Cruz, J. (2008). El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteína y sistemas en callejones. CATIE-Turrialba, Costa Rica. Serie Manual Técnico No. 86. 151.

- Durston, J., & Miranda, F. (2002). *Experiencias y metodología de la investigación participativa*. CEPAL.
- Febles, G., & Ruiz, T. E. (2008). Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(1).
- Fernández H. H. (2004). Estimación de la Disponibilidad de pasto. INTA. Estación Experimental Balcarce, Área de Producción Animal Balcarce, Bs.As. Argentina. 23.
- Hernández, E. A. (2013) *Indicadores fisiológicos de algunas especies forrajeras tropicales en tres altitudes en Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Higuera, A., Ferrer, O. J., Boscán Villalobos, D., Canelón, A., Montiel, M., & Castro, C. (2001). Efecto de la altura y el tiempo de corte sobre el contenido mineral de hojas y tallos de tres variedades de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. con fines de alimentación animal. *Revista Científica*, 11(006).
- INIFAP. (2012). Gandul (*Cajanus cajan*) una leguminosa para la Costa de Jalisco y Colima. Ficha técnica, Tecuma Colima. México. 2.
- Gonzalvo, S., Nieves, D., Ly, J., Macías, M., Carón, M., & Martínez, V. (2001). Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos. *Livestock Res. Rural Devel*, 13(2).
- García, J. A. (1995). Variedades de trébol blanco. *Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria*.
- Gallego-Castro, L. A., Machena-Ledesma, L., & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403
- Graf, E., & Sayagués, L. (2000). Muestreo de la vegetación. *Unidad de sistemas ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República-Montevideo, Uruguay*.
- Mahecha, L., Escobar, J. P., Suárez, J. F., & Restrepo, L. F. (2005). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*, 19(2), 1-6.
- Martí, J. A. T., Ciges, A. S., & García, M. O. M. (2010). Investigación Acción Participativa (IAP). Ampliando el territorio: algunas claves sobre la participación de la comunidad educativa. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(3), 96-119.
- Miquilena, E., & Moros, A. H. (2012). Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna*

unguiculata y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3), 730-740.

- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).
- Mufarrege J. D. (2002). Nutrición Mineral de los ovinos en corrientes y entre ríos. Argentina. 9.
- Navarro, F. R. E., & Rodríguez, E. F. (1990). *Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (Tithonia diversifolia Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal* (Doctoral dissertation, Tesis Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima).
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J., & Barahona, R. (2012). Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Development*, 24, 8.
- NRC National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, DC.
- Lagunes Rivera, S. A. (2011). Evaluación productiva y de calidad de leguminosas tropicales en el estado de Puebla.
- López A., R. L. (2013). Implementación de un modelo integral de intervención agroforestal en Xaltepuxtla, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Pág. 1-164.
- López, O., Martín, G.J., Milián, Idolkis, Pérez, A., Iglesias, J.M., Montejo, I., Hernández, A., García, D.E., *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. (2009) Pastos y Forrajes [en línea] 32 Consultada en :<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119696001>
- Oliva, M., Rojas, D., Morales, A., Oliva, C., & Oliva, M. A. (2015). Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 211-215.
- Padilla, C., Colom, S., Díaz, M. F., Curbelo, F., & González, A. (2003). Altura y momento de corte en gandul (*Cajanus cajan*) para la producción de forraje *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 37, núm. 1, 2003, pp. 91-95 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(1), 91-95.
- Pece, M. A., & Cangiano, C. A. (2005). Tasa de acumulación de la biomasa aérea en dos cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Balcarce. *Revista argentina de producción animal*, 23(1), 33-43.

- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J. M., López, O., Martín, G. J., García, D. E., & Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32(1), 1-1.
- Pereira-Castro, S., Valladares, J., Flores, G., Díaz, N., Fernández-Lorenzo, B., Resch, C., & Rodríguez-Diz, X. (2012). Rendimiento y valor nutritivo de nuevas leguminosas anuales como cultivo de invierno en rotaciones forrajeras intensivas en Galicia. *Pastos*, 42(1), 29-50.
- Puertas, F., Arévalo, E., Zúñiga, L., Alegre, J., Loli, O., Soplin, H., & Baligar, V. (2008). Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonia Peruana. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 23-28.
- Ramos-Hernández, E., Sol-Sánchez, Á., Guerrero-Peña, A., Obrador-Olán, J. J., & Carrillo-Ávila, E. (2011). Efecto de *Arachis pintoi* sobre las Arvenses asociadas al plátano macho (*Musa aab*), cárdenas, tabasco, México. *Agronomía mesoamericana*, 22(1), 51-62. B.
- Rebuffo, M., Condón, F., & Alzugaray, R. (2005). Variedades criollas de forrajeras templadas: conservación y uso en mejoramiento genético. *Agrociencia*, 9(1-2), 105-114.
- Ríos, C. (1998). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo No. 14. <http://www.fao.org>
- Sánchez-González, J. M., Villarreal-Castro, M., & Soto-Murillo, H. W. (2000). Caracterización nutricional de los componentes forrajeros de cuatro asociaciones gramíneas/*Arachis pintoi*. Nutritional characterization of forage components of four association grasses/*Arachis pintoi*. *Nutrición*, 6(1), 1-21.
- Santamaría-César, J., Reta-Sánchez, D. G., Chávez-González, J. F. J., Cueto-Wong, J. A., & Romero-Paredes Rubio, J. I. (2006). *Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2*. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Shimada M., (2015). *Nutrición Animal*. 3ª ed. México. Trillas, 2015. 544.
- Skerman, P. J., Cameroon, D. G., & Riveros, F. (1988). Tropical forage legumes, FAO Plant production and protection series, No. 2. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome*.
- Valles, B., & Castillo, E. (2006). Experiencias en el establecimiento de *Arachis pintoi* Krapov & WC Greg. Como cobertura en cítricos de Veracruz, México. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 10(1), 73-88.

- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74:3583-97.
- Zebadúa, M. E. V., Garay, A. H., Hernández, V. A. G., Pérez, J. P., & Huerta, H. V. (2002). Curvas estacionales de crecimiento del *ballico perenne*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(1), 97-106

4. ANEXO

4.1. Información complementaria para el manejo y producción de ovinos

4.1.1. Zacate bermuda (*Cynodon dactylon*)

Es un pasto de crecimiento frondoso, es perenne, con rizomas y estolones que le permiten extenderse rápidamente, puede desarrollarse bien en regiones tropicales, subtropicales y de clima templado con precipitaciones superiores a 700 mm, esta condición convierte al zacate en una especie con un amplio rango de adaptación, llegando a sostener hasta 6500 kg de peso vivo por ha⁻¹/año. Es una especie bastante rústica y resiste al pastoreo siendo aceptado más fácilmente por ser de mayor calidad y rendimiento forrajero en comparación a pastos como el *Panicum maximum* Var Tanzania (Reyes et al., 2009).

Para el manejo de pastos como el *Cynodon dactylon* debe relacionarse no solo con la atención de las exigencias nutricionales, sino también de los recursos naturales siendo preciso conocer el comportamiento de los forrajes a través del ciclo productivo: el crecimiento vegetativo donde el zacate posee un elevado porcentaje de hojas con relación al tallo y el reproductivo cuando la planta alarga sus tallos, produce flores y frutos (Romero, 2011).

La proteína cruda del Bermuda Tifton 68 prácticamente se mantiene constante entre 11.5% y 10.0% cortando a 10 y 20 cm de altura y con frecuencia de corte 28 días y 42 días, no así, en la Fibra Detergente Ácido (FAD) bajo frecuencias de corte de 42 días, donde se incrementa por arriba de 41% (porcentaje ideal). A medida que los valores sean mayores a éste, el forraje es menos digestible, es decir menos aprovechable por el ganado. En el caso de la Fibra Detergente Neutro (FND), los valores en ambas alturas y frecuencias de corte son similares y superiores a 53% (% ideal). Lo cual indica que medida que el valor de FND sea mayor a 53, mayor será la disminución en el consumo de materia seca por parte del animal.

En relación a altura de corte de Zacate se ha reportado (Romero, 2011) que a los 15 cm en pastos permanentes le permite al animal cosechar las máximas cantidades de un pasto de calidad. Para periodos de corte se mencionan que entre los 14 y 18 días serían necesarios 5 días más para que el pasto alcance una altura de 5 cm siendo el periodo en los que el animal puede utilizar el forraje.

4.1.2. Producción ovina

Para Bravo y Romero (2011), los ovinos son rumiantes y se caracterizan por tener un estómago compuesto por cuatro compartimentos, uno de los cuales es conocido como rumen. El rumen es básicamente un contenedor de una capacidad que va de los 4 a 10 litros donde millones de microorganismos fermentan y transforman los alimentos en productos que los ovinos utilizan para crecer. Sin estos microorganismos los ovinos no podrían existir porque estos poseen la capacidad de romper el componente de celulosa de los forrajes en material vegetal digerible por el animal, permitiéndole acceder a la energía contenida en los vegetales fibrosos.

Los ovinos son pequeños rumiantes y se distinguen de los demás animales domésticos porque producen lana. Los sistemas de producción ovina son diferentes, puesto que dependen de los propietarios, de la superficie de pastoreo, cantidad de animales y sobre todo, de los recursos económicos del productor. La forma más común de alimentar al ganado ovino ha sido por medio de pastoreo, que en la mayoría de los casos se realiza en pastizales naturales (Kirchner, 2014).

Este mismo autor menciona que en Latinoamérica existen muchos factores que frenan el desarrollo de la ovinocultura. Uno de los principales es la escasa información disponible para el ovinocultor para mejorar el manejo y la explotación de los animales. Los ovinos junto con los caprinos, han tenido un auge recientemente, el inventario de ovino en México actualmente está

conformado por 6 millones de cabezas. Además se explotan más de 15 razas cuyo propósito puede ser lana, carne o ambos.

En el 2010 solo para darnos una idea de la producción ovina. El consumo de la carne en México se acercó a 90000 toneladas anuales con tan solo una producción de 55000 toneladas producidas. De los principales modos de consumo se sabe la barbacoa, pastor, la birria, lechal y cabrito. Existen más de 50 razas de ovinos, de ellas, aproximadamente 20 son de importancia mundial. Estas razas se utilizan según sus características productivas, las condiciones climáticas y geográficas de las diferentes regiones y los objetivos de los productores (Arteaga, 2006).

4.1.3. Carga animal de producción ovina en sistemas silvopastoriles

La capacidad de carga o capacidad de sustentación de una pradera (CC), es definida como el “número promedio de animales domésticos y/o silvestres que pueden ser mantenidos en una unidad de superficie en forma productiva por un determinado período de pastoreo, sin dar lugar a que la pradera se deteriore”. Por ejemplo, si un grupo de 30 ovinos pastorea en forma rotativa sobre 5 potreros de 5 ha cada uno, la densidad de carga en un potrero que es utilizado en un instante será de 6 ovinos ha^{-1} ($30 \div 5$), no obstante la carga animal para la superficie total (25 ha) es de 1.2 ovinos ha^{-1} ($30 \div 25$) (Holechek, Pieper y Herbel, 2011).

Si en el ejemplo anterior, donde la densidad de carga del área que es pastoreada es de 6 ovinos ha^{-1} , y en dicha superficie se estima una disponibilidad de MS de 1500 kg ha^{-1} , presión de pastoreo será de 0.004 ovinos por kg de MS ($6 \div 1500$), lo que equivale a 250 kg de MS disponibles por cada animal en un instante dado. Si los ovinos pesan en promedio 60 kg, la cifra anterior puede ser expresada en términos de kg de MS por kg de peso vivo, siendo por lo tanto equivalente a 4.17 kg de MS por kg de peso vivo ($250 \div 60$). Con estos ejemplos de cálculo es posible extrapolar los cálculos en la producción de ganado mayor.

Holechek *et al*, (2011) considera que una oveja de cría de 40 kg de peso vivo requiere de 438 kg de materia seca al año para ella y su cría hasta el destete (dos meses) y que la eficiencia de utilización del forraje es de 50 %, entonces la carga animal que soportarían praderas es de 8.8 ovejas por hectárea. Sin embargo, considerando la variación mensual en la producción de forrajes, la carga animal debería considerarse una fluctuación de entre 3 a 17 ovejas.

Los ovinos son una especie fácil de adaptarse ambientales adversas y representan una fuente importante de proteína en la alimentación humana. La producción ovina generalmente se localiza en sistemas intensivos, donde la base de la alimentación consiste en el pastoreo de gramíneas forrajeras; dichos sistemas se caracterizan por el uso de grandes superficies de tierra para la producción de pastos y escaso uso de insumos alimentarios disponibles localmente; la ganancia de peso es baja fluctuando entre 70 y 100 g animal⁻¹ d⁻¹, dependiendo de la calidad del pasto (Ramírez *et al.*, 2011), y las deficiencias nutricionales en los forrajes se ven reflejadas en bajos índices reproductivos (Galina, Morales, Silva y López, 1996).

Una alternativa que permite reducir costos de alimentación es la utilización de las leguminosas asociadas con gramíneas, debido al mayor aporte nutritivo de las leguminosas, como la leucaena (*Leucaena leucocephala*) que contiene más de 20% de proteína (García, Wencomo, González y Medina, 2008). Además, el uso de gramíneas y leguminosas incrementa la biodiversidad vegetal; los animales cosechan un alimento mucho más balanceado en comparación con el de la pradera de monocultivo y la leguminosa contribuye con la fijación de nitrógeno al suelo (Figueredo y del Toro, 2005). Asimismo, los animales que se alimentan en sistemas silvopastoriles mejoran la ganancia diaria de peso (Izaguirre *et al.*, 2011).

Estos estudios se han llevado a cabo en animales suplementados con leguminosas, o con leguminosa y concentrado; sin embargo el efecto del pastoreo en un sistema silvopastoril intensivo sobre el comportamiento

reproductivo de ovejas no está suficientemente documentado. Ortiz et al. (2014) menciona que en un estudio desarrollado con 72 ovejas pelibuey dispuestas en un silvopastoril de 1 y 1.5 ha en dos tratamientos para T1: pastoreo de *Leucaena leucocephala* con pasto *Cynodon nlemfuensis* y T2: pastoreo con pasto *Cynodon nlemfuensis* solo; concluye que la *leucaena* asociada con pasto estrella en un sistema silvopastoril intensivo permitió obtener indicadores reproductivos favorables en ovejas pelibuey con lo cual se mantuvo mayor carga animal en el sistema comparado con el pastoreo de pasto estrella en monocultivo, lo que puede asegurar la oferta de forraje en épocas de menor disponibilidad, como son las estaciones de norte y sequía.

Peri (2008) dispuso en dos parcelas de 0.7 ha de sistema silvopastoril integrado por árboles de 18.6 m de altura y pastizal a una cobertura del 90% con predominancia de gramíneas (42%) (*Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*), trébol blanco (8%) (*Trifolium repens*) y latifoliadas no leguminosas (50%) (*Taraxacum officinalis*) a 17 y 26 ovejas Corriedale de 4 años de edad. El número de animales en cada parcela se calculó en base a la asignación de forraje, la producción del pastizal y la biomasa residual, determinó una carga de 17 y 26 ovejas para las coberturas arbóreas de 60 y 40%, respectivamente. En cuanto a la asignación diaria de 3 kg de MS de forraje por animal (Cangiano, 1996). Peri indica que en el sistema silvopastoril con 40% de cobertura de copa arbórea, permitió una carga animal más alta resultando en una ganancia de peso vivo (GPV) por hectárea significativamente mayor.

Para el objeto del presente estudio el ganado ovino es un elemento que se considera importante conocer su productividad en el aprovechamiento de la cantidad y calidad de forraje producido en determinadas época del año.

4.1.4. Razas de ovino recomendadas para climas subtropicales

Dentro de las razas de borregos que se consideran mejor adaptadas a climas subtropicales y de clima semihúmedo se nombran el Dorper y Pelibuey. Estas dos razas son de importancia económica y pueden formar parte integral del

sistema silvopastoril implementado en la comunidad de Xaltepuxtla, Puebla. Para conocer sus características y condicionantes de desarrollo, crecimiento y producción de carne se presenta a continuación un descripción de estas.

Dorper

De Kirchner (2014) esta raza de pelo fue desarrollada en Sudáfrica para soportar las temperaturas extremas en el clima árido de ese país. Las hembras de esta raza cuentan con un instinto maternal fuerte, con una larga vida productiva y facilidad de parto, lográndose excelentes pesos al nacimiento y destete. En promedio, bajo condiciones de pastoreo únicamente, los animales alcanzan a la edad de los 3.5 meses, pesos entre 36 y 45 kg o más. La carne es suave, magra y de un sabor que le ha dado actualmente los primeros lugares en calidad, rendimiento y sabor.

Los machos maduros alcanzan pesos entre los 113 a 136 kg mientras que las hembras oscilan entre los 90 a 102 kg contando con una excelente conformación, así mismo son bien proporcionados y compactos. Poseen un cuerpo de pelo blanco y cabeza negra o son completamente blancos; eventualmente a algunos animales les crece un poco de lana que mudan sin dificultad. La raza dorper son animales de fácil manutención y a bajo costo. En su introducción en México se ha probado su alto desempeño en el trópico y en el norte del país, resultando ideal para mejorar la producción de carne al cruzarlo con las razas criollas, principalmente de pelo.

Esta raza, sin lana, no requiere trasquila, es de fácil cuidado para la producción de carne, naturalmente tolerante a climas extremos de crudos inviernos o altas temperaturas en el trópico húmedo o seco con un alto desempeño en una amplia variedad de ambientes, para producir carne económica. Son también significativamente más tolerantes a los parásitos que los borregos de lana.

Raza pelibuey

De Kirchner (2014) esta raza de animales son de conformación cárnica, con buenas masas musculares (evitar animales descarnados con grupas caídas y faltos de profundidad corporal), libre de fibras de lana permanente, cubiertos de pelo espeso y corto en tres variedades: canelo, blanco y pinto. Los machos pesan entre 85 y 100 kg, y las hembras entre 50 y 60 kg. Son rústicos, prolíficos, sexualmente precoces y tienen una amplia estación reproductiva.

4.1.5. Manejo de hato

La cría de borregos es un proceso de transformación de diversos recursos para convertirlos en productos útiles al hombre. El objetivo de alimentar adecuadamente a los borregos es utilizar la menor cantidad de recursos, al costo más bajo y causando menor grado de deterioro ambiental; el índice de eficiencia alimenticia más simple es la cantidad de alimento seco (o un nutriente específico) necesario para una unidad de producción, ya sea como aumento de peso, que contiene todos los productos, o como un producto específico (carne, leche, lana) (Shimada, 2015).

La alimentación de los borregos se basa en el conocimiento de: el funcionamiento de los procesos digestivos (la absorción de los nutrientes contenidos en los alimentos) y metabólicos (la utilización de los nutrimentos), y los mecanismos de eliminación de residuos o desechos. Los nutrimentos necesarios para las diferentes funciones y situaciones: mantenimiento, crecimiento, reproducción, producción de leche, lana. Y el aporte de los nutrimentos de los alimentos.

El conocimiento de las etapas de desarrollo de ovinos permite identificar las diferentes etapas de manejo requeridas para el mismo. Cerna et al. (2000) menciona que en otoño con la disminución de las horas luz inicia la actividad sexual hasta el final de esta estación. El empadre debe realizar en los meses de abril y agosto en un período máximo de dos meses en zonas de pastoreo alto y

para zonas bajas en los meses de mayo y junio. El celo de ovinos dura de 2 a 3 días en cada 12 y 15 días, esto entre los 7 y 10 meses de edad. Una alimentación balanceada adelanta el período de celo y se recomienda al menos un número de 20 ovejas a montar por carnero.

Durante la preñez es crucial proveer de alimentación suficiente a la borrega de tal manera que se garantice sobrevivencia en el parto. En este orden la gestación dura 5 meses durante los cuales la borrega debe recibir los siguientes tratos.

- Evitar las grandes caminatas, golpes y maltratos.
- Tener corrales limpios y seguros sin animales extraños.
- Y suficiente alimentación durante los 6 meses.
- Esquilar la lana que queda detrás de la ubre que facilite el amamantamiento de corderillos.
- Trasladar a otro corral las borregas próximas al parto.

Al término del parto debe limpiarse al cordero, pesarse y ayudarlo para que mame el calostro de la ubre de su madre y que la borrega madre reconozca al cordero recién nacido.

En relación a la alimentación los ovinos prefieren los pastos cortos y finos, la alimentación de ovinos al pastoreo o sistema de engorde extensivo dura aproximadamente entre los 7 días a un año. Cabe señalar que una alimentación adecuada toma en cuenta además de la calidad y la cantidad del alimento la etapa que atraviesa el animal, la gestación, lactancia, crecimiento, engorde y la etapa reproductiva.

4.1.6. Suplementos nutrimentales para ovinos

Los costos de alimentación de los ovinos constituyen un gran porcentaje de los costos de producción. Si la alimentación es deficiente, la explotación ovina no tendrá éxito. Dentro de las necesidades nutricionales de los ovinos figuran: agua, energía, proteína, vitaminas y minerales.

Según Cruz (2010) la necesidad de estos nutrientes varía según la edad, el tamaño, el estado fisiológico (crecimiento, preñez,), nivel de producción

(engorde, leche) y las condiciones climáticas. Los ovinos tienen la capacidad de alimentarse con pastos rastreros, que a otros animales les es imposible levantar. Un ovino adulto requiere una cantidad de forraje fresco (en verde) igual a 15% de su peso vivo. Por ejemplo, un animal de 35 kg requerirá 5.25 kg de forraje fresco por día. Si los animales se crían en establos se debe incluir una cantidad adicional (por ejemplo 1.5 kg adicional) para compensar la porción de forraje que el animal rechazará.

Agua: Los ovinos necesitan beber, normalmente, 2 litros de agua por cada kg de materia seca que consuman, entre 3 a 8 litros de agua por animal por día. En animales criados en corral, un promedio de 4 litros de agua por cabeza. El agua debe ser fresca, limpia y de fácil acceso al animal. Un borrego en crecimiento con un peso vivo de 40 kg necesita de 3 a 5 litros de agua por día. Una oveja de 50 kg de peso vivo requiere de 4 a 5 litros de agua por día, durante la primera parte de la preñez. Cuando está preñada de dos crías y la temperatura ambiental es mayor de 20 °C, esta oveja puede necesitar hasta 20 litros de agua por día en el último mes de gestación (Kirchner, 2014).

Energía: La energía proporciona la potencia necesaria para mejorar todos los procesos metabólicos de un animal. Sin ella, no se producirían reacciones químicas y musculares, sin ella la leche y la lana no podrían ser sintetizadas. Los carbohidratos constituyen la parte más importante de las necesidades nutricionales del ovino, a tal grado que no puede asimilar ningún nutriente si no está cubierta su necesidad de energía. Los rumiantes obtienen su energía principalmente de los carbohidratos (azúcar, almidón y celulosa) provenientes de los pastos, de algunos suplementos como henos y ensilados de buena calidad (por ejemplo, mezclar el pasto con melaza de caña de azúcar) (Romero, 2011).

Proteínas: Son necesarias para poder crecer, producir crías, carne, leche o lana. En ovinos es más importante la cantidad que la calidad. En época de sequía, los pastos naturales tienen bajo porcentaje de proteína (7%), por lo

tanto debe suplementarse el forraje suministrado, con concentrados que contenga el porcentaje de proteína requerida (20 a 25%) o también se puede incluir urea, leucaena (*Leucaena leucocephala*), o leguminosas nativas en la ración diaria (Shimada, 2015).

Según Romero (2011) el ovino adulto, dada su capacidad de selección, al menos puede satisfacer sus requerimientos de mantención. Durante el período de flushing, se requiere una dieta que tenga al menos un 9.5% de PC. En los primeros 2/3 de la gestación (primeras 15 semanas), la dieta debe contener un 9.5% de PC, pero al final de la gestación, la concentración proteica requerida debe ser del orden de un 11 a 14%. Durante la lactancia, los requerimientos proteicos son aún mayores, requiriéndose dietas con una concentración de proteína cruda entre 13 -14%.

Los minerales y las vitaminas son elementos protectores y conservadores de la salud de los animales. Entre los principales minerales de interés en los ovinos se pueden mencionar: el calcio, fósforo, potasio, yodo, cobre, hierro y otros.

Minerales: También son obtenidos de los pastos y los más necesarios son: Calcio, Fósforo, Magnesio, Potasio, Cloro y Azufre. Las especies de *Tithonia diversifolia* en crecimiento avanzado aportan importante contenido de fosforo (0.38%), calcio (2.30%) y magnesio (0.05%); *Cajanus cajan* (1.03%) de calcio y (0.23%) de fosforo; *Trifolium repens* (0.157%) calcio, (0.33%) fosforo, (0.38%) potasio y (0.031%) de magnesio así en *Arachis pintoi* (0.80 y 1.30 %) de calcio; *Cynodon dactylon* (0.38%) calcio y (0.36%) de fósforo en tejido vegetal (Shimada, 2015).

Vitaminas: Son obtenidas de los pastos, forrajes y granos suministrados. Son sustancias esenciales para el normal funcionamiento del organismo. Las más importantes son: Vitaminas A, D, E y K. Entre las vitaminas existen la A, D, E, B, K, C, y otras. Los rumiantes adultos son prácticamente independientes en cuanto a necesidades de vitaminas hidrosolubles (B y C), ya que éstas son sintetizadas por los microorganismos del rumen. Sin embargo, se requiere de

un adecuado aporte de ciertos minerales para la síntesis de vitamina B12. En el caso de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), sólo los microorganismos del rumen son capaces de efectuar la síntesis de vitamina K, siendo las vitaminas A, D y E aportadas en la dieta. Aportes dietarios de vitamina A pueden ser importantes cuando se presentan sequías prolongadas (mayores a 6 meses) y las reservas hepáticas de retinol del animal no logran suplir el déficit. La carencia de vitamina A provoca disfunciones en la visión y afecta la actividad de los epitelios gonadales, afectando la reproducción de los ovinos.

La sal común: Es imprescindible en la alimentación, estimula el apetito y regula funciones del cuerpo, se usa mezclada con otros minerales para asegurar su consumo, porque los hace más palatables (agradable sabor). Los ovinos adultos requieren diariamente 9 g de sal y los corderos la mitad de esa cantidad; se sugiere suministrar a granel y no en bloques porque los animales muerden los bloques, lo que les provoca daño en los dientes.

Literatura citada apartado anexo

- Arteaga, C. D. D. (2006). Situación actual de la ovinocultura y sus perspectivas. *Memoria de la primera semana nacional de ovinocultura. Día demostrativo: el papel del mejoramiento genético en la producción de carne de ovino. Tulancingo, Hidalgo. México, 6-15.*
- Bravo, S., & Romero, O. (2011). Sociedad Chilena de Producción Animal. Año 2011. 1-18.
- Cangiano, C. A. (1996). Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. *Curso Nutrición de la Vaca Lechera. Octubre de 1997. Balcarce. AR.*
- Cruz, R. (2010). Manual de producción ovina. Ministerio de Agricultura y ganadería. Instituto paraguayo de tecnología agraria (IPTA). San Lorenzo Paraguay. Año 2010. 1-22
- Figueredo, B., L., & M. I. del Toro. (2005). Los ovinos: una producción de bajos insumos. *Revista Electrónica de Veterinaria* 6 (9): 19.
- Galina, M. A., Morales, R., Silva, E., & López, B. (1996). Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Ruminant Research*, 22(1), 31-37.

- García, D. E., Wencomo, H. B., González, M. E., & Medina, M. G. (2008). Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje. *Zootecnia tropical*, 26(1), 9-18.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (2011). Range Management, Principles and Practices. 6th edition. Prentice Hall, New Jersey. 444.
- Izaguirre, F. T., Martínez, J. J., Jiménez, F. J. G. O., Posada, C. S., García C. C. G., & Martínez, P. G. (2011). Reproductive and productive response of Pelibuey ewes to supplementation with leaves of Cuautote (*Guazuma ulmifolia*), Guaje (*Leucaena leucocephala*) and Yaite (*Gliricidia sepium*) in the humid tropics. *Livestock Research for Rural Development* 23 (10).
- Reyes, A. S. J., Soto, M. A. C., Ornelas, E. G., Treviñoc, E. M. R., Negrete, J. C., & Barragán, H. B. (2009). Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Técnica pecuaria en México*, 47(1), 55-68.
- Romero, O. (2011). RECURSOS FORRAJEROS PARA LA PRODUCCIÓN OVINA. *Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía*, 42.
- Ortíz, T. M., Lara, B. A., Huerta, B. M., Miranda, R. L. A., Martínez, H. P. A., & García, M. J. G. (2014). Comportamiento productivo y reproductivo de ovejas en un sistema silvopastoril intensivo en el trópico mexicano. Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Edo México. 5.
- Peri, P. L. (2008). Respuesta de ovinos a pastizales creciendo en diferente cobertura de copas en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antártica*) en Patagonia Sur, Argentina. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 363-366.
- Reyes, A. S. J., Soto, M. A. C., Ornelas, E. G., Treviñoc, E. M. R., Negrete, J. C., & Barragán, H. B. (2009). Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Técnica pecuaria en México*, 47(1), 55-68.
- Romero, O. (2011). RECURSOS FORRAJEROS PARA LA PRODUCCIÓN OVINA. *Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía*, 42.