

98
2es



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Consecuencias Ecológicas y Alternativas
del Uso de la Leña en la Comunidad
de Los Reyes Metzontla, Pue.

T E S I S

Que para Obtener el Título de

B I O L O G O

P r e s e n t a

Carlos Martorell Delgado

DIVISION DE ESTUDIOS
ACADEMICOS



México, D. F. FACULTAD DE CIENCIAS
SECCIÓN ESCOLAR

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

" CONSECUENCIAS ECOLOGICAS Y PERSPECTIVAS DEL USO DE LA LEÑA
EN LA COMUNIDAD DE LOS REYES METZONTLA, PUEBLA. "

realizado por CARLOS MARTORELL DELGADO

con número de cuenta 8852676-6 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis DR. ALFONSO VALIENTE BANUET
Propietario

Propietario DRA. ALMA DELFINA LUCIA OROZCO SEGOVIA

Propietario M. en C. ALEJANDRO CASAS FERNANDEZ

Suplente Biol. LEOPOLDO VALIENTE BANUET

Suplente Biol. MARIANA HERNANDEZ APOLINAR

Alfonso Valiente Banuet

Alma Delfina Lucia Orozco Segovia

Alejandro Casas Fernandez

Mariana Hernandez Apolinar

Consejo Departamental de Biología

M. en C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA

***A la comunidad de Los Reyes Metzontla
A mi madre y a mis dos familias
A Andrea***

Índice

| | |
|--|------|
| Índice de figuras | vii |
| Agradecimientos | viii |
| 1. Introducción | |
| 1.1. Presentación | 2 |
| 1.1.1. Objetivos | 3 |
| 1.1.2. Enfoques | 4 |
| 1.2. Introducción | 5 |
| 1.3. Historia de la Zona | 6 |
| 1.3.1. Una historia de cambios en la producción | 6 |
| 1.3.2. Consecuencias del desarrollo histórico de la zona sobre el medio ambiente | 8 |
| 1.4. La problemática de la leña en las zonas áridas | 9 |
| 1.4.1. Zonas áridas, leña y desarrollo | 9 |
| 1.4.2. Efectos de otras actividades económicas sobre la leña | 11 |
| 1.4.3. La reforestación como alternativa | 13 |
| 1.4.4. Causas por las que han fracasado los programas de reforestación | 14 |
| 1.4.5. Selección de especies | 16 |
| 1.5. Exploración de alternativas: la regeneración por semilla | 18 |
| 1.5.1. Latencia | 19 |
| 1.5.2. Mecanismos de latencia | 20 |
| 1.5.3. Germinación en zonas áridas | 22 |
| 1.5.4. Formas de latencia en zonas áridas | 23 |
| 2. Materiales y Métodos | |
| 2.1. Zona de estudio | 26 |
| 2.2. Metodologías | 26 |
| 2.2.1. Metodologías para la parte de diagnóstico | 26 |
| 2.2.2. Metodologías para la parte de germinación | 28 |
| 2.2.2.1. Descripción de las semillas | 29 |
| 2.2.2.2. Diseño experimental | 35 |
| 2.2.2.3. Análisis estadístico | 38 |

3. Resultados

| | |
|--------------------------------------|----|
| 3.1. Diagnóstico | 40 |
| 3.1.1. Aspectos tecnológicos | 40 |
| 3.1.2. La leña de cama | 41 |
| 3.1.3. La leña de tapa | 43 |
| 3.1.4. La cantidad de leña utilizada | 45 |
| 3.1.5. Balance económico | 45 |
| 3.1.6. Consecuencias ambientales | 49 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3.2. Germinación | 52 |
| 3.2.1. Observaciones generales | 52 |
| 3.2.2. Formas de latencia encontradas | 61 |

4. Discusión

| | |
|--|----|
| 4.1. La situación actual en Los Reyes Metzontla | 66 |
| 4.1.1. La producción artesanal | 66 |
| 4.1.2. Las especies utilizadas | 67 |
| 4.1.3. Pobreza y destrucción ambiental | 69 |
| 4.1.4. La introducción de prácticas ajenas | 71 |
| 4.1.5. Estrategias tradicionales | 72 |
| 4.1.6. Una visión global: la interdisciplina | 73 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Una evaluación del sistema de plantaciones intensivas | 74 |
| 4.2.1. Productividad | 74 |
| 4.2.2. Economía | 77 |

| | |
|--|----|
| 4.3. Plantaciones y biodiversidad | 79 |
| 4.3.1. La biodiversidad como necesidad | 79 |
| 4.3.2. Ventajas de la reforestación con pocas especies | 85 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Germinación | 85 |
| 4.4.1. Evaluación global | 86 |
| 4.4.2. Distribución de las formas de latencia | 87 |
| 4.4.3. Algunas generalizaciones | 92 |

| | |
|--|-----|
| 4.5. Integración de la biodiversidad en sistemas de apropiación de recursos | 93 |
| 4.5.1. Sistemas domésticos | 94 |
| 4.5.2. Manejo de zonas naturales | 94 |
| 4.5.3. Manejo integral | 96 |
| 4.5.4. Diseños comunitarios | 101 |

5. Conclusiones

| | |
|---------------------|-----|
| Conclusiones | 103 |
|---------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| Bibliografía | 105 |
| Apéndice A: Formato de encuesta sobre el uso de la leña en Los Reyes Metzontla | 113 |
| Apéndice B: Plantas útiles en la elaboración de cerámica | 115 |
| Apéndice C: Efectos de la organización interna de las comunidades en los proyectos de recuperación ecológica | 118 |
| Apéndice D: Manejo del ganado favorable a la reforestación | 120 |
| Apéndice E: Análisis de porcentajes y tasas de germinación | 122 |
| Apéndice F: Manejo de la semilla para la reforestación | 133 |

Índice de Figuras

| | |
|--|-------|
| 1.1. Población de Los Reyes Metzontla | 9 |
| 2.1. Principales ríos y cerros de Los Reyes | 27 |
| 2.2. Diseño experimental | 36 |
| 2.3. Temperaturas máxima y mínima registradas en el sitio de estudio del 15 de mayo al 9 de junio de 1993 | 38 |
| 3.1. Procedencia de la leña de cama | 43 |
| 3.2. Frecuencia de mención de especies de leña de cama | 44 |
| 3.3. Procedencia de la leña de tapa | 46 |
| 3.4. Proporción de pesos de especies utilizadas | 46 |
| 3.5. Relación entre gastos y ganancias en la venta de cerámica | 47 |
| 3.6. Proporción de piezas fabricadas por artesanos de Los Reyes Metzontla | 47 |
| 3.7. Análisis de Componentes Principales para la producción de cerámica | 48 |
| 3.8. Cubierta vegetal y disturbio en Los Reyes Metzontla | 50 |
| 3.9. Superficie proporcional de las clases de cubierta de cubierta vegetal descritas para Los Reyes Metzontla | 51 |
| 3.10. Sitios de procedencia de leña dentro de Los Reyes Metzontla | 52 |
| 3.11. Curvas de germinación para 23 especies de plantas útiles | 53-60 |
| 3.12. Semillas sin latencia | 61 |
| 3.13. Semillas sin latencia que resultaron dañadas | 62 |
| 3.14. Semillas que requieren escarificación | 63 |
| 3.15. Semillas que se ven beneficiadas por la escarificación | 64 |
| 3.16. Semillas inmaduras | 64 |
| 4.1. Sustratos geológicos de Los Reyes Metzontla | 80 |
| 4.2. Variación en la productividad de sistemas forestales a lo largo del tiempo | 81 |
| 4.3. Proporción de formas de latencia en árboles y arbustos | 90 |
| 4.4. Etapas iniciales del establecimiento de un lote de árboles | 98 |
| 4.5. Etapas maduras de un lote de árboles | 99 |
| 4.6. Reocupación agrícola de un lote de árboles | 100 |

Agradecimientos

Estoy en deuda con los habitantes de Los Reyes Metzontla que tan amablemente me recibieron en su comunidad, y me brindaron todo su apoyo, permitiéndome entrar en sus hogares para pesar su leña, observar sus técnicas para cocer la cerámica, y platicar sobre la realidad en que viven. Especialmente debo agradecer a las autoridades del pueblo: los presidentes municipales auxiliares Don Felipe Flores y Don Lidio Bautista, así como a sus allegados en dicho puesto, y a todos los miembros del comisariado ejidal, por el auxilio que me dieron, sin el cual este proyecto no hubiese podido realizarse. Estoy especialmente agradecido con Don Felipe Flores y su familia, Doña Petra y Andrés por haberme ofrecido su casa y todas las facilidades para mi estadía en Los Reyes, así como su invaluable amistad. Su hijo Andrés Flores se ofreció para entrevistar a los artesanos de Los Reyes, haciendo un excelente trabajo. Deseo extender mi gratitud a quienes me acompañaron en mis caminatas por los cerros de la zona para coleccionar plantas útiles: los señores Don Cipriano Román y Don Cipriano Barragán, a éste último y a su familia les agradezco también su franca amistad. En el pueblo de Zapotitlán de las Salinas conté con el auxilio de Don Eberardo Castillo, a quien agradezco sus comentarios y el auxilio que me prestó al coleccionar las semillas.

Agradezco en especial a mi asesor de tesis, el Dr. Alfonso Valiente sin cuya guía y apoyo en todo no se hubiera podido llevar a cabo la presente investigación: por el tiempo y conocimientos que siempre me brindó, por su orientación y todo el apoyo logístico que me facilitó, y en general por todo lo que aportó a esta tesis.

Esta tesis se ha enriquecido con las observaciones de mis sinodales Dra. Alma Orozco, M. en C. Alejandro Casas y los biólogos Leopoldo Valiente y Mariana Hernández. La gran variedad de enfoques e intereses que cubre cada quien en su campo ha ampliado los enfoques de este trabajo. Sus observaciones han mejorado con mucho este trabajo. Está de sobra señalar que cualquier error sólo es atribuible a mi persona.

Debo agradecer también a quienes me ayudaron de uno u otro modo acá en la Ciudad de México: A todos los alumnos de Vali por sus valiosas observaciones y su ayuda: Polo Galicia, Lalo, Ángela, Héctor, Alberto, Carlos, Óscar y Lenny, así como a

El uso de la leña en Los Reyes Metzontla ix

los demás miembros del laboratorio, en especial a Polo Valiente por sus comentarios y a Santiago Arizaga por sus observaciones y su gran ayuda al montar los experimentos de Germinación. Al amigo Esteban por "fletarse" esos montajes infernales. A Andrea, que me acompañó en los recorridos por la zona de estudio, ayudándome en las colectas de material y en las observaciones de la región. También conté con su apoyo en el montaje de los dichos experimentos de germinación, así como con su computadora, la que le apañé muchísimas veces, y su ayuda en general en muchas otras actividades. A Chelito y Amelia por su amabilidad y atenciones.

A mi familia, a mi madre, Olga Delgado, y a la familia Martínez Ballesté -sobre todo a Nury y Gustavo, con quienes conviví a diario-, les agradezco su ayuda en todos los sentidos y su apoyo pese a la guerra que les di. Sin su asistencia no hubiera podido realizarse este trabajo, pero su auxilio también me facilitó muchísimo cursar toda mi carrera.

A todo el *personal*, Juan Carlos, Fernando, Esteban, Laura, Lalo, Carlos y Armando, les agradezco su amistad y aliviane cuando lo necesité.

Y por supuesto, agradezco su ayuda en todo y su inmenso cariño a Andrea.

Este proyecto contó con el financiamiento de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico con una beca para tesista de licenciatura dentro del proyecto IN207993

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación

A nivel mundial, las zonas áridas del tercer mundo enfrentan una grave crisis energética como resultado de la escasez de leña. México no se sustrae de esta problemática ya que más de la mitad de la energía utilizada en el país procede de combustibles vegetales. De ahí que la atención en el uso de la madera se haya intensificado en estudios de años recientes.

El valle de Tehuacán, una zona semiárida del centro de México, sufre el dicho deterioro de sus recursos naturales, entre los que se cuenta la leña. En particular, la población de Los Reyes Metzontla destaca por la cantidad de leña que se utiliza -mucho mayor que la consumida en cualquier otra población de los alrededores-, según se evidenció a raíz de un estudio efectuado por Alfonso Valiente-Banuet y colaboradores (en preparación) sobre la situación social y ambiental en el Valle de Tehuacán. La situación de Los Reyes resultó, según dichos autores, ser producto de una agricultura poco productiva como resultado de una grave erosión, y que por lo tanto significa un aporte mínimo a la economía de los lugareños. La solución que se ha adoptado corre en dos vertientes: por una, el pastoreo de cabras que significan un ahorro, y por otro, la fabricación de cerámica para su venta, que representa el principal ingreso económico. Esta última actividad es responsable de un alto consumo de leña, la cual es un recurso que ya se encuentra afectado y es insuficiente dentro de la localidad. La consecuente compra de madera a las comunidades vecinas significa un impacto negativo adicional sobre la economía de los Metzontecos.

A raíz de dicho reconocimiento se hizo evidente la gravedad del problema, tanto por su impacto negativo sobre la calidad de vida de los habitantes de la región, como por el daño que significa a una zona biológicamente muy diversa. El presente estudio pretende una profundización en nuestra comprensión de las dificultades que atraviesan los habitantes de la zona.

Ante todo se requiere de un conocimiento profundo del problema y sus causas. La primera parte de la investigación se abocó a esto, lo que denominaremos en lo subsecuente **DIAGNÓSTICO**. Aquí se abarca desde el reconocimiento de algunos factores culturales (conocimiento etnobotánico), hasta la descripción del estado actual del recurso. Asimismo se exploraron algunas **ALTERNATIVAS** que constituyen la segunda sección de esta tesis. Nos centramos específicamente en el estudio de las formas de propagación de las plantas más utilizadas con miras a una restitución de la base de recursos. La decisión de enfocarnos en esta opción se basa en la solicitud expresa de

algunos de los habitantes del pueblo, así como en la observación de que la degradación ambiental ha resultado en una dinámica acelerada de deterioro económico de los Metzontecos,

1.1.1. Objetivos

Esta tesis es parte de un programa más amplio para abordar la problemática de Los Reyes Metzontla. Constituye uno de los primeros pasos, por lo que se pretende con ella obtener un cuerpo de conocimientos accesible a quienes continúen este esfuerzo, a la vez que señalar las líneas que la investigación debe seguir. De acuerdo con Omäs y Salih (1991) esta es la función de los programas necesariamente parciales como este. Particularmente se abordarán los siguientes aspectos:

1. Diagnósis

Dentro de esta etapa se efectuaron una serie de actividades descriptivas dentro de las que se incluyen:

- Elaborar de un listado de las plantas que se utilizan como leña, y dentro de éstas, cuales son las preferidas y sus sustitutos. Las especies nativas son las ideales para cualquier programa de recuperación ecológica, debido al conocimiento que los alfareros tienen sobre ellas: su eficiencia ha quedado demostrada ampliamente en la práctica, y están adaptadas a las condiciones de la zona (Mgeni 1992). Estas especies además tienen frecuentemente gran cantidad de usos, y muchas de ellas son leguminosas, que favorecen la recuperación de la fertilidad del suelo (Nimbkar *et al.* 1986). Por otro lado la gran biodiversidad de Tehuacán es un patrimonio que no se debe poner en riesgo al introducir ajenas.
- Describir de la tecnología asociada a la elaboración de la cerámica, a fin de tener un conocimiento del papel que juegan las especies en las quemas, las propiedades que las cualifican para tal uso, las tasas de consumo de la leña con la finalidad de proponer un esquema completo de la utilización del recurso.
- Reconocer de modo general las condiciones actuales de la zona, con la finalidad de tener un panorama general de la situación del recurso. Aunque la información obtenida es esencialmente cualitativa, es útil para poder marcar los lineamientos generales que las alternativas de desarrollo deben mostrar, y

- Evaluar la situación actual en Los Reyes comparando la información sobre el uso y el estado de los recursos combustibles del pueblo. Dentro de esta evaluación se considerará el papel que las diferentes estrategias que se han adoptado a nivel mundial para enfrentar la crisis de la leña pueden jugar en la rehabilitación del sistema productivo.

2. Alternativas

- Determinar cuáles son los requisitos mínimos para la germinación, es decir, cuáles son las formas de latencia de un grupo representativo de especies seleccionadas. Este conocimiento es necesario para propagar algunas plantas (aquellas de difícil reproducción vegetativa) o al menos recomendable al mantener una mayor variabilidad y resistencia a las condiciones adversas (plagas, sequías).

Finalmente se busca evaluar toda esta información con miras al establecimiento de un programa de rehabilitación ecológica y social de la zona, y señalando algunas líneas que deberían seguirse.

1.1.2. Enfoques

En el resto de la introducción definiremos más cuidadosamente el problema. En la sección 1.2. se plantea la situación actual de Los Reyes dentro del Valle de Tehuacán, sujeto a la crisis energética de la leña pese a su alta diversidad biológica y étnica. En la sección 1.3. se describe la historia local tal como la recuerdan los Metzontecos y sus autoridades. Aquí se ponen de manifiesto algunas causas probables de la situación actual y se aprecia cómo las directrices para el desarrollo adoptadas en el pasado han fracasado y sirven como enseñanza para evitar cometer los mismos errores. Definida la situación del pueblo, evaluamos cómo es que condiciones similares han sido enfrentadas en la sección 1.4. Aquí comenzamos por señalar la situación mundial de la leña y sus semejanzas notables con la experiencia de Los Reyes y señalamos por último los éxitos y fracasos vividos al tratar de remediar la llamada "crisis energética de los pobres" poniendo énfasis en la reforestación como la alternativa propuesta. Por último en la sección 1.5. revisamos la bibliografía en torno a la germinación en zonas áridas para proponer una metodología que nos permita romper la latencia de las semillas y así poder propagar las especies utilizadas en Los Reyes Metzontla.

1.2 Introducción

Para algunos autores, la cultura no es más que un mecanismo que ha desarrollado la especie humana para captar la energía del medio que le rodea (Palerm y Wolf 1972). Si bien esta proposición es muy simplista, debemos estar de acuerdo en que las sociedades destinan gran parte de sus esfuerzos a la apropiación de los recursos que le rodean, lo que sin duda moldea todos los aspectos de la colectividad. Este proceso se verifica como resultado de la acumulación de información sobre el medio ambiente y las tecnologías que permiten su explotación.

Al tener una alta diversidad biológica y étnica, El valle de Tehuacán presenta una situación única en cuanto al conocimiento existente en torno al medio ambiente y su uso. Gracias al asentamiento de numerosos grupos étnicos, entre los que contamos a los nahoas, popolocas, cuicatecos, ichcatecos, mazatecos, chinantecos y mixtecos (además de las influencias llegadas a la región con el establecimiento de grupos europeos y mestizos después de la conquista), cuenta con una amplísima cultura etnobiológica. Tehuacán ha sido considerado como uno de los centros más importantes en lo referente a la domesticación de plantas en Mesoamérica y el mundo (McNeish 1964). A juzgar por los abundantes restos arqueológicos, fue una zona densamente poblada en tiempos prehispánicos¹, lo que nos revela que las culturas asentadas en la zona desarrollaron un conocimiento profundo de las formas de producción en el área. Aún en la actualidad, Tehuacán es una zona con una altísima cantidad de plantas útiles: unas 400 especies registradas, número que bien podría ser mucho mayor (Casas *et al.* en preparación), representando hasta un diez por ciento de la flora útil del país en un área de tan sólo 10, 000 kilómetros cuadrados. Dentro de estas plantas aprovechables hay vegetales leñosos como árboles y arbustos, los cuales son utilizados como material de construcción, alimento, forraje, y como fuente para una gran diversidad de productos como ceras, taninos, gomas, resinas y medicinas, pero sobre todo, como leña (Ben Salem y Palmberg, 1984). Para este propósito, en el valle, Casas y colaboradores (En preparación) reportan que se utilizan al menos 92 especies. Pese a ello, este recurso se encuentra actualmente amenazado.

Por diversas razones, a nivel nacional y hasta mundial, los recursos que los campesinos utilizan para producir fuego escasean hasta el punto de que se ha comparado la situación con la crisis energética mundial que nos plantean otros productos (Mnzava 1981). Esta situación es especialmente grave en las zonas áridas, ya que en ellas la escasa productividad del medio rara vez permite una recuperación de los recursos a una tasa similar a la de su extracción. Debemos sumar a esta circunstancia el hecho de que las zonas cálidas y secas del planeta se ubican en países del tercer

¹ Se estimán 120, 000 habitantes hacia 1524 (De la Lama y Reynoso s.f.)

mundo, donde los campesinos en general no tienen recursos para diversificar sus ingresos de energía hacia formas diferentes de la leña tales como el gas, mientras que no existen programas gubernamentales destinados al fomento de estrategias que faciliten un desarrollo sustentable de la zona (Dang 1993).

El 60% de la superficie de México está situada en zonas desérticas y semiáridas que, a excepción de ciertos núcleos altamente tecnificados en el norte del país, comparten esta crisis energética. A pesar de ello, la nutrida literatura mundial sobre el tema carece de información sobre el territorio nacional. Aunque Tehuacán disfrute de la situación "privilegiada" que se ha discutido anteriormente, no constituye una excepción a la crisis. Una de las comunidades más afectadas por la escasez de leña es Los Reyes Metzontla, localizada en la parte sur del valle en el municipio de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Esta población está enclavada en una de las zonas de mayor diversidad del valle (Valiente-Banuet *et al.* en preparación). Debido a los severos procesos de erosión que han actuado en la zona, la agricultura ha dejado de ser productiva, por lo que la economía de los habitantes de la población se ha centrado en el pastoreo de cabras y sobre todo en la elaboración de cerámica de barro cocido, que venden en la vecina ciudad de Tehuacán. Como veremos, la demanda de combustible que presupone la cocción de la loza es altísima debido a la gran cantidad de familias que dependen de tal actividad y al uso ineficiente del calor producido. Esto ha significado la virtual desaparición de las reservas ejidales de madera, y la prohibición de la extracción de leña verde, mientras que la leña seca es muy escasa. En los últimos años, la crisis ha obligado a que casi toda la leña haya sido importada de los pueblos vecinos. Adicionalmente, se ha producido un gran daño a las comunidades biológicas representadas en la localidad. La grave condición que se vive en la zona es el resultado de varios años durante los cuales se ha buscado una forma de producción adecuada al medio, y por lo tanto su revisión nos auxiliará a comprender el problema y sus consecuencias a varios niveles:

1.3. Historia de la zona

1.3.1. Una historia de cambios en la producción

Antes de la llegada de los españoles a América, Teozapototitlan era un reino popoloca, asentado en el actual Zapotitlán de las Salinas, al cual Metzontla rendía tributo (De la Lama y Reynoso s.f.). Existen evidencias de asentamientos prehispánicos en los territorios del actual Los Reyes, entre las que se encuentran terrazas y obras de irrigación, lo que indica la importancia de la agricultura como medio productivo en aquel entonces. Durante la colonia, y hasta 1893, Metzontla seguía bajo posesión de las caciques de Zapotitlán quienes eran dueños de las tierras y debían

autorizar cualquier actividad en las mismas. Desde entonces ocurren los primeros cambios en las formas de producción pues en 1575 ya se producen mantas de lana con el consecuente pastoreo de ganado ovino (De la Lama y Reynoso s.f.), actividad que se mantuvo hasta años recientes cuando fallecieron los últimos artesanos que conocían la técnica de los telares, hoy lamentablemente perdida. Es posible que la caída de las autoridades nativas con la colonia afectara el complejo sistema de riego y drenaje prehispánicos (McNeish 1964) alterando la producción agrícola local y obligando al cambio hacia una economía de intercambio. También durante la colonia se dedicaron esfuerzos a la minería de metales preciosos en los siglos XVII y XVIII aunque las vetas se agotan (De la Lama y Reynoso s.f.). Sin embargo, con el descubrimiento de minas de manganeso por ingenieros españoles en la zona de Barranca Pizarro (Figura 2.1.), muchos agricultores y pastores popolocas que habitaban de forma dispersa fueron contratados por los mineros y asentados en la población. Según señalan los propios Metzontecos, para cuando la minase agotó, Los Reyes contaba con una población mayor, con sus tierras propias y su parroquia².

Las actividades económicas que se han efectuado desde entonces han tenido un efecto negativo sobre el medio ambiente, según se recuerda en el pueblo. La explotación del ixtle, *Agave peacockii*, se volvió una de las actividades económicas más importantes, al grado que se cuenta que el recurso llegó a escasear. Al parecer la construcción de la terracería que lleva al pueblo significó un importante factor de deterioro ecológico para la zona. Quienes vivieron aquellos años relatan la salida de camiones llenos de leña de la localidad³, la cual contaba entonces con muchísimos más árboles que ahora. Este fenómeno, ligado al parecer con una intensificación de la agricultura entre 1978 y 1987 mediante la adición de fertilizantes químicos (Valiente-Banuet *et al.* en preparación), ha traído como consecuencia un grave problema de erosión. Los suelos donde se encuentran muchas milpas no llegan siquiera a los 30 cm. de profundidad, y la formación de cárcavas en los cerros es muy común. En consecuencia, no hubo producción significativa de maíz en Metzontla desde finales de los 80 hasta 1993, año en que la cosecha de maíz fue raquítica, y se obtuvo una modesta cantidad de frijol.

² De acuerdo con De la Lama y Reynoso, es hasta 1919 cuando se restituye el fundo del pueblo a los lugareños, lo que puede situar el cierre de las minas a finales del siglo pasado o principios del actual.

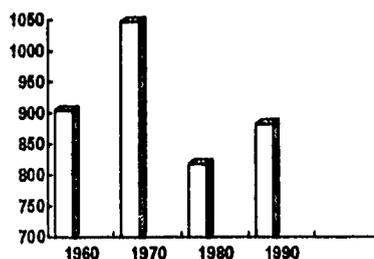
³ Aún en 1991 se observó la venta masiva de leña.

1.3.2. Consecuencias del desarrollo histórico de la zona sobre el medio ambiente

Como consecuencia de esta serie de eventos la población de Los Reyes no obtiene la mayoría de sus ingresos de la agricultura, sino de la alfarería. Debido a la similitud de ésta con las formas prehispánicas es muy probable que la elaboración de loza jamás haya cesado, y ya desde 1909 se señala que es la principal fuente de recursos (De la Lama y Reynoso s.f.) El censo de 1990 estimó en total 882 residentes para Metzontla y las colonias Zaragoza y San José, (más otros 54 para la colonia de Agua Mezquite, también parte de Los Reyes), de los cuales el 26.41% se incluyeron como población económicamente activa, 26.25% como población ocupada, y 47.32% como población económicamente inactiva. 36.41% están dedicados al sector primario, 51.20% al sector secundario (dentro del que se cuenta la alfarería) y el restante 13.25% al sector terciario (INEGI 1991). Como se ve, más de la mitad de la población obtiene sus ingresos principalmente de la alfarería. Esta proporción debe ser aún mayor, ya que se están sumando al total los habitantes de colonia San José, que se dedican a la producción de pulque y no a la cerámica. La cocción del barro es una actividad altamente demandante de leña, de la cual se consume alrededor de 6240 toneladas anuales, más 5252 utilizadas para uso doméstico y 1840 que se venden al exterior, sumando 13 332 toneladas de leña por año (Valiente-Banuet *et al.* en preparación). Semejante tasa de extracción ha significado el agotamiento del recurso en los alrededores de la población, y por ende el traslado de las actividades de leñificación a regiones cada vez más lejanas, suponiendo un severo impacto sobre las comunidades naturales (Ben Salem y Palmberg 1984), así como un desembolso por parte de los Metzontecos que se ven obligados a comprar leña a otras comunidades, mermando así sus ingresos.

La principal actividad agropecuaria es la crianza de ganado caprino. Valiente-Banuet *et al.* (en preparación) reportan una población de 3800 cabras, las cuales se alimentan de la vegetación que crece en forma natural en los cerros de Los Reyes. El impacto en la vegetación natural provocado por esta práctica ha sido muy grande, disminuyendo seriamente la cubierta vegetal y abriendo una gran cantidad de pequeños caminos donde no se observa regeneración vegetal. Esto resulta una erosión fuerte de los suelos en las zonas de más intenso pastoreo.

Figura 1.1.
Población de Los Reyes Metzontla



En la figura se aprecia la tendencia a la disminución poblacional en Los Reyes
(Tomado de Valiente-Banuet *et al.* en preparación e INEGI 1991)

Las condiciones actuales de degradación natural del área han resultado en extensas migraciones de trabajadores al estado de Morelos, donde se emplean en la zafra, y un traslado en menor escala a los Estados Unidos, especialmente de los hombres más jóvenes. En términos generales se ha observado un decremento en la población de Metzontla, como se ve en la figura 1.1. Estas migraciones provocan un descuido general en las milpas, incrementando el problema de erosión y de baja producción agrícola (Valiente-Banuet *et al.* en preparación).

1.4. La problemática de la leña en las zonas áridas

1.4.1. Zonas áridas, leña y desarrollo

Como ya señalamos, Los Reyes se encuentra involucrado en una dinámica en la que los factores ecológicos y económicos interactúan con un medio poco productivo agotando el recurso leña. Esta conjunción de procesos es mucho muy común en los países en vías de desarrollo, donde el 50 por ciento de la superficie de está localizada en zonas áridas y semiáridas (Ben Salem y Palmberg, 1984). Los habitantes de estas áreas son por lo general campesinos con escasos recursos económicos, debido en gran medida a la escasa producción que se obtiene de la agricultura bajo condiciones de aridez. Dado lo impredecible de los ambientes secos, lo que se busca es asegurar la producción más que maximizarla, lo que por demás es característico de la economía campesina (De Troyer 1986, Zizumbo y Terán 1985, Omás y Salih 1991, Grainger 1990), lo que deja escaso o

ningún excedente que permita el comercio y la obtención de efectivo. El resultado es frecuentemente la destrucción ambiental. Se estima que cuatro millones de hectáreas de tierras áridas dominadas por vegetación leñosa que son denudadas anualmente, en parte a causa de campesinos que procuran su subsistencia mediante una agricultura que produce muy poco, y por tanto ocupa grandes extensiones de terreno, y en parte por la extracción de leña, que ocupa una proporción importante (Grainger 1990), al no contarse con los recursos económicos para adquirir otras fuentes de energía. En México, alrededor de 20 millones de personas dependen de la leña como combustible, especialmente en las zonas rurales, donde se emplean 15.69 millones de toneladas anuales, es decir, el 69.15% de la energía producida a nivel nacional (INEGI 1991, SEMIP-CCE 1988). Para muchos habitantes de las regiones cálidas - secas del mundo (y en general para los campesinos de los países en desarrollo) la leña constituye la forma de combustible doméstico más barato y accesible. Resultado de este fenómeno es que la leña comprende una mayor proporción (54%) de la cosecha mundial de madera que todos los demás usos juntos. De hecho, en muchos países del tercer mundo el crecimiento en el sector de energía se ha estancado o rezagado considerablemente en relación con la demanda en la última década (Osei 1993), y la leña constituye virtualmente la única alternativa. La recolección de leña seca en los terrenos de los pueblos es común en todo el planeta, y aunque la erosión *puede* verse favorecida al exponer la superficie a las lluvias intensas que se presentan en los desiertos, a la vez que empobrece los suelos al restarles materia orgánica, en general se le ha considerado una actividad de bajo impacto ambiental (Shackleton 1993, Osei 1993). Esta situación ha sido rebasada en Los Reyes donde se ha transitado a la tala de árboles. La corta de leña verde está prohibida por los reglamentos del ejido, pero al recorrer los terrenos cercanos se observan muchos troncos frescos macheteados. Esto revela una alta demanda cuya satisfacción bien vale el riesgo de quebrantar la ley. Asimismo se ha pasado a la tala de árboles en muchos otros lugares de todo el planeta. ¿Cuáles son las causas de esta aceleración en el consumo?

Se han sugerido diferentes motivos: el crecimiento de la población, cambio en las estructuras sociales, ruptura de los patrones tradicionales de producción, autoridad política centralizada y economías urbanas (de Troyer 1986)⁴. Un enfoque sólo tecnológico queda evidentemente rebasado. El problema, de acuerdo con Dang (1993), puede ser estudiado desde un punto de vista de eficiencia o de equitatividad. El primero enfatiza los métodos de producción-apropiación del recurso, y por lo mismo observa estrategias relacionadas con la internalización de los costos hacia el seno de la sociedad a fin de compensar los efectos negativos que tienen sobre el exterior, y comprende programas de reforestación, y de integración de la producción de la leña a los sistemas agrícolas. El segundo punto de vista está relacionado con la privación de energéticos hacia los estratos más pobres

⁴ Esta no es la situación en Los Reyes. Hasta ahora hemos señalado que la población NO ha crecido, sino al contrario (Figura 1.1.)

de la sociedad, dificultad que ha sido a menudo enfrentada mediante subsidios a los precios de la energía.

El papel que la biología puede jugar dentro del esquema está más fuertemente ligado al primer enfoque. Las estrategias del primer tipo inciden directamente sobre la recuperación de los recursos biológicos de la zona, no sólo rescatando la base de recursos energéticos regionales, sino beneficiando así a otras actividades agropecuarias (Sección 1.4.3).

La intensificación de la extracción de leña actúa en conjunto con la condición de otros sistemas de apropiación de recursos tales como la agricultura y la ganadería, resultando en una sobreexplotación de las zonas naturales (De Troyer 1986, Nimbkar *et al.* 1986), con una consecuente y sostenida declinación de la productividad biológica. El resultado de dichos procesos es generalmente suelo degradado, frecuentemente irrecuperable. Estamos hablando, pues, de un proceso de desertificación de las zonas áridas en los países en vías de desarrollo, concomitante a una crisis rural de energéticos a nivel mundial, y que corresponde a las ciencias biológicas estudiar en su conjunto. A continuación se profundiza en la forma en que las demás actividades productivas influyen en la disponibilidad de la madera.

1.4.2. Efectos de otras actividades económicas sobre la leña

La forma en que otras actividades distintas de la obtención de combustibles afectan a la cubierta vegetal es muy diversa, pero podemos citar a 3 procesos de producción que están cercanamente ligados a ella: la agricultura, el pastoreo y la extracción con fines comerciales. Ha sido demostrado (De Troyer 1986) que la capacidad de carga de la cubierta forestal es menor que la de la agricultura y la ganadería, y por lo tanto se trata de un sistema más sensible que los demás. Además, la disminución de la superficie verde además influye negativamente sobre las demás actividades estableciéndose un círculo vicioso que se acelera cada vez más.

Agricultura: El desmonte de ciertas áreas para la agricultura es la principal causa de deforestación en algunos países (Osei 1993). Los procesos agrarios tradicionales en las regiones secas se caracterizan por largos períodos de descanso que siguen a los breves intervalos de aprovechamiento agrario, durante los cuales ocurre la erosión, pérdida de humus, lavado de nutrientes etc. (Ben Salem y Palmberg 1984). Durante los plazos de descanso, existe un aprovechamiento de las etapas sucesionales, especialmente como fuentes de leña, logrando así una explotación integral de los recursos en un área dada (Alcom 1989, Osei 1993). Este fenómeno que no se presenta en la agricultura "moderna" altamente tecnificada. La aplicación de la tecnología

agrícola occidental en zonas áridas suele tener como efecto la prolongación de los periodos de actividad agraria disminuyendo el periodo de recuperación natural de los suelos, y por tanto es causa de la destrucción irreversible de los recursos edáficos, e indirectamente de la disminución en la producción de combustibles al evitar el desarrollo de las etapas secundarias en suelos pobres.

Ganadería: Esta actividad se reduce principalmente al pastoreo de ganado caprino, habitualmente en un grado excesivo. Este problema se manifiesta también a nivel global en zonas áridas como las de la India (Nimbkar 1986), África (De Troyer 1986), Sudamérica (Zelada 1986) y México (Reid *et al.* 1990). Estos últimos autores trabajando a lo largo de un gradiente de humedad en Linares, Nuevo León demostraron que en las zonas más secas el forrajeo es más intenso⁵, causa daños más severos, y afecta hasta las plantas menos palatables al no haber otras en abundancia suficiente. En general, en todo el mundo son las cabras las responsables de la destrucción de las plantas de todo tipo, incluso aquellas que están más fuertemente armadas con espinas. Participan en diferentes etapas de la destrucción de suelos, inicialmente al reducir la cubierta vegetal, tras lo cual típicamente abren varios caminos en las zonas donde se les pastorea, incrementado la erosión, y compactando el suelo al grado de destruirlo (Olsson y Rapp 1991). La ganadería en las zonas áridas no es para consumo, sino que está enfocada a la venta para obtener diversos recursos.

Extracción comercial: Agricultura, ganadería y explotación forestal son actividades que interactúan negativamente unas con otras, por lo que la solución inmediata ha sido la intensificación de dichas actividades productivas, lo que a su vez agrava más la problemática. Dang (1993) señala que este círculo vicioso se acelera gracias a los procesos económicos: los productos silvícolas y agropecuarios incrementan su precio debido a la escasez, lo que inclina a los campesinos a dedicarse al comercio de productos naturales o artesanías derivadas de los mismos, lo que fomenta la extracción irracional.

Estos tres procesos se han manifestado de forma dramática en Los Reyes, como señalamos en la sección 1.3.: erosión y cosechas vanas, sobrepastoreo por ganado caprino y venta de leña. Esta última se seguía vendiendo en 1991 a una tasa de 1840 toneladas al año (Valiente-Banuet *et al.* en preparación), aunque para 1993 no se supo de nadie que comerciara con la madera del pueblo.

Queda claro que la crisis de la leña comprende no solo diferentes aspectos de la vida humana (políticos, económicos, demográficos, sección 1.4.1.) sino los distintos subsistemas productivos que

⁵ Quizá como resultado de la intensificación agropecuaria descrita en la sección 1.4.1

aseguran su subsistencia. Que cualquier solución debe contemplar un panorama amplio es algo que no debemos perder de vista en lo subsecuente.

1.4.3. La reforestación como alternativa

En conjunto todos los fenómenos que hemos discutido actúan entre sí acelerándose mutuamente, llevando a niveles de deterioro económico y ambiental considerables. Es claro entonces que la solución a la problemática metzonteca descansa en soluciones integrales en las que deben intervenir aspectos económicos, jurídicos, y tecnológicos, entre otros, en conjunto con los proyectos ecológicos, que se limitan a las estrategias del primer tipo definido por Dang (1993) (sección 1.4.1.).

Dentro de un programa de este tipo se puede incluir la restauración de la cubierta vegetal. Esto que traería consigo la recuperación del reservorio de plantas energéticas, el freno a la erosión (y a largo plazo la rehabilitación de los suelos agrícolas), y la disminución del impacto de la crianza de cabras, al haber menos cabezas por unidad de área verde destinada al pastoreo, e incluso favoreciendo la diversificación de las actividades económicas. El impacto sobre la sociedad también es positivo, como señala la FAO (citada en Sharma 1993a), en cuanto a que "el objetivo es elevar la calidad de vida del habitante rural (...) Las metas físicas que se impongan deberán estar dirigidas hacia el objetivo de mejorar las vidas de los seres humanos". De ahí que cuando la crisis energética de la leña se vuelve clara, es frecuente que se intenten instaurar programas de reforestación a gran escala (Grainger 1990, Sharma 1993a, Saxena 1992, Latorre-Alonso 1990, Dang 1993, Mgeni 1992 entre otros).

Hasta aquí hemos señalado la necesidad de cultivar árboles para satisfacer las necesidades de los Metzontecos, y para frenar directamente los procesos que están deteriorando la región. Sin embargo hay muchos beneficios adicionales que además inciden sobre la crisis indirectamente: Los árboles detienen los procesos de desertificación al proteger el suelo de la erosión por agua y viento, recupera terrenos que ya han sido degradados al formar islas de fertilidad, jugando un papel muy importante en los ciclos de nutrientes y el mejoramiento del suelo al reconstituir la biota edáfica. Sus copas capturan esporas de hongos micorrizógenos. Incrementan el contenido de agua al proveer alimento para la fauna que crea macroporos, facilitando la absorción, y la mantiene al reducir la insolación del suelo y por tanto la evaporación. Mejoran la estructura del suelo al reducir el impacto de la lluvia y adicionar materia orgánica en forma de hojarasca. Los árboles y arbustos brindan un ambiente favorable para muchas especies de animales los cuales a menudo (e. g. las aves) depositan propágulos de otras plantas y las copas capturan semillas que de otro modo serían arrastradas por el viento. Incrementan los recursos cinegéticos de la región al mismo tiempo que los pastorales, ya que

acentúan la diversidad y productividad de los estratos herbáceos de la comunidad, a la vez que brindan un refugio a las especies animales. Incluso pueden reducir la herbivoría en las plantas cercanas al brindar un hábitat para arañas y otros depredadores. Por último, al proporcionar fuentes alternativas para la obtención de sus derivados, reducen la explotación de las zonas naturales (Grainger 1990, Pyke y Archer 1991, Call y Roundy 1991)⁶. Sin duda los árboles son esenciales para la buena marcha de las comunidades desérticas y semidesérticas, como lo ha expresado Saxena (1992) "Los árboles son ecológicamente sistemas superiores de uso del suelo y el paisaje que integran todos los componentes de un ecosistema estable combinando conservación con producción".

Es claro que para disfrutar de estos beneficios las plantaciones deben ocupar extensiones medianas o grandes (uno o dos árboles no sirven). La satisfacción de las necesidades de combustible plantea un esfuerzo aún mayor. El déficit de leña en las zonas áridas en 1980 igualaba a la producción sostenible de 26 millones de hectáreas de plantaciones intensivas, y se estima que bajo las condiciones actuales dicho déficit se equiparará a 50 a 62 millones de hectáreas hacia el fin del presente siglo, lo que significa una tasa de reforestación 15 veces superior a los niveles actuales (Grainger 1990, Dang 1993). Como resultado, las plantaciones han tenido sólo un pequeño efecto sobre el problema de la leña (Dang 1993, Weber y Stoney 1986). La situación se agrava si revisamos los múltiples ejemplos en los cuales dichos proyectos han fracasado (De Troyer 1986, Grainger 1990, Mgeni 1992, Dang 1993) (Sección 1.4.4).

Antes que señalar que es inútil plantar árboles ante las dimensiones de la crisis, estos datos deberían alentarnos a intensificar la producción de biomasa para la obtención de energía y a aprender de los errores. También nos indican que esto no es suficiente sino que se debe enfrentar la situación mediante la investigación de otras alternativas que, por ejemplo, provoquen una disminución significativa en el consumo de leña, ya que el suministro de leña parece imposible de alcanzar a la demanda al corto y mediano plazo.

1.4.4. Causas por las que han fracasado los programas de reforestación

Las causas de los fracasos han sido varias: Elección de especies de escaso rendimiento en las zonas que serán reforestadas (Weber y Stoney 1986, Grainger 1990), Plantación de especies de uso

⁶ Es más: también se ha señalado la necesidad de plantar árboles como un medio para reducir los niveles de bióxido de carbono en la atmósfera y revertir las tendencias del cambio global. Se ha demostrado también que la desertificación *per se* contribuye al cambio global (Helldén, 1991) al disminuir la productividad y por tanto la fijación del CO₂.

industrial en zonas campesinas (Mgeni 1992), Programas basados en información de escasa calidad y poco rigurosamente diseñados (Omäs y Salih 1991, Mgeni 1992).

Las medidas generalmente son tardías. Se ponen en práctica en suelos raquícos (Dang 1993) que han sido destruidos por la erosión. Esto tiene como consecuencia la baja productividad de los sistemas (Sirén 1982), los cuales se vuelven costosos por la adición de fertilizantes y horas hombre que se les deben invertir. Sin embargo éstos son a menudo los únicos sitios que se pueden y deben destinar a la forestería a fin de no causar conflictos con otras actividades (Ormazábal 1991, Saxena 1992).

Sin embargo una de las causas más frecuentes es la falta de participación a nivel del campesinado, que es quien proporciona la mano de obra para la siembra y mantenimiento de las plantas. Las razones para esto son varias, entre las que podemos citar las siguientes:

- Los proyectos son a largo plazo debido al lento crecimiento de las plantas en condiciones de aridez. Es claro que pocos particulares están dispuestos a esperar 20 años para tener un árbol de 2 metros de altura, y en los casos en que existe dicha disposición sobreviene el desánimo (Young y Francombe 1991). Además la espera implica una reducción en los ingresos familiares (Saxena 1992) al inutilizar terrenos. La participación de las instancias de gobierno deberá ser más activa en las acciones de reforestación, no sólo en desiertos sino a nivel global (De Troyer 1986, Smiet 1993, Banco Mundial en Sharma 1993a)
- Los campesinos perciben el problema de la leña sólo como una pequeña parte de sus necesidades globales (Dang 1993, Weber y Stoney 1986). Una jerarquización de los recursos que los campesinos perciben como necesidades inmediatas es: 1) Obtención de alimento y agua, 2) Disponibilidad de insumos agrícolas y transporte, 3) Falta de hospitales/dispensarios, 4) Molinos de grano, escuelas, y abasto de productos básicos (Mgeni 1992). Aunque es de esperar que la jerarquización varíe en diferentes sitios (en México el problema de la tenencia de la tierra alcanzaría probablemente una más alta jerarquía), en general la leña sigue siendo percibida como problemática secundaria (Ver sección 4.1.3. y apéndice C). El caso particular de Los Reyes es un ejemplo donde el combustible es prioritaria al no existir otras formas de producción local que rindan suficientes beneficios.
- Los diseñadores de los programas no consideran la filosofía campesina de asegurar la producción aunque esta sea pequeña (sección 1.4.1). Los proyectos a gran escala consideran pocas especies y un gran esfuerzo que los agricultores consideran riesgosos (De Troyer 1986). Además las

siembras se realizan en terrenos de acceso comunal, donde el recurso no está realmente asegurado (Mgeni 1992) ya que otros pueden usarlo más activamente y agotarlo.

- Existe un disgusto general de la gente por los trabajos comunales, lo que significa una mano de obra escasa o indispuesta (Mgeni 1992)
- La experiencia de los habitantes de la región va mucho más allá de los proyectos que se plantean habitualmente: cada planta está imbuida en una matriz de interrelaciones con el hombre y sus actividades, y generalmente tiene más de un uso o bien desventajas desconocidas a los investigadores (De Troyer 1986, Nimbkar *et al.* 1986), o escasa calidad como combustible (Mgeni 1992)(Sección 4.1.5.).

En general, los contratiempos que enfrentan los programas de reforestación pueden ser resueltos mediante la participación comunitaria (Weber y Stoney 1986, Mgeni 1992). Los diseñadores de los programas de reforestación "deben estar dispuestos a comprender a la gente e incluir dicha disposición en el diseño y manejo de sus proyectos. La aceptación o rechazo de las plantaciones de leña de la realidad social, cultural, económica y política local" (Noronha 1981 en Mgeni 1992), pues si bien los trabajos comunales no resultan atractivos a los campesinos, constituyen la fuente de mano de obra accesible a la sociedad rural. El diseño comunitario se ajusta a esta realidad local, al tiempo que aprovecha el inmenso conocimiento que los agricultores tienen de su medio ambiente. El problema principal que se debe vencer en muchos programas poco exitosos es la tendencia centralista, que se debe revertir enfatizando la participación de los campesinos y pastores en todas las etapas de los programas rurales (Mgeni 1992).

1.4.5. Selección de especies

La selección de especies se vuelve muy importante para asegurar el éxito del programa. Muchos proyectos han fracasado al favorecer especies inadecuadas para la zona (Weber y Stoney 1986), y/o desconocidas para los campesinos (Mgeni 1992). En gran medida, los esfuerzos de reforestación que se han efectuado a nivel mundial descansan sobre especies exóticas, especialmente *Eucalyptus* spp. y (en mucho menor grado) algunas leguminosas (p. ej. *Leucaena leucocephala*) (ejemplos de alrededor de todo el mundo son: México: Foroughbakhch y Heiseke (1990), Foroughbakhch (1992); India: Nimbkar *et al.* (1986); África: Weber y Stoney (1986), Caulfield *et al.* (1993), Ngulube *et al.* (1993); Australia: Mott y Reid, (1986); América Latina: Lima (1986), Latorre-Alonso (1990), Ormazábal (1991)).

El impacto de la introducción de estas especies no ha sido estudiado con la profundidad que amerita. Mott y Reid (1986) señalan que "En general la plantación de especies exóticas no se considera como un método principalmente destinado al fortalecimiento de la productividad y estabilidad, sino más bien como la explotación de nichos favorables, ya sean naturales o antropogénicos", y entonces teóricamente el efecto sobre el medio sería mínimo, pero también la producción. El problema se agrava cuando se destruye el hábitat para sembrar estas plantas, o peor aún, cuando éstas son capaces de hacerlo por sí mismas. Este es el caso de las diferentes especies de *Eucalyptus*, que han jugado un papel muy importante en la degradación ambiental en México al invadir los ambientes en que crecen las especies nativas. Dicha especie ha sido calificada de "Terrorista ecológico" por los detractores de los programas de reforestación gubernamentales en la India pues no produce los beneficios que muchas especies nativas aportan a los campesinos, y daña el suelo: el eucalipto podría ser un agente más de la desertificación (Grainger 1990). El estado de Haryana en la India, donde los eucaliptos fueron intensamente plantados, fue motivo del siguiente comentario: "El eucalipto está prácticamente muerto en Haryana hoy en día. Los campesinos lo están desraizando hoy con el mismo odio que el amor con el cual fue plantado. Es una maldición, se come la producción agrícola y sus precios no son remunerativos" (SIDA 1990 en Saxena 1992).

Ciertamente no existe evidencia concluyente para señalar que degradará el medio en Los Reyes, (como planta alelopática, por ejemplo) pero ello más bien debería alertarnos contra su uso que motivarnos a cultivarlo. En principio cualquier especie introducida puede representar peligro dentro de la comunidad. Los mismos autores (Mott y Reid 1986) indican además que "Es importante reconocer que la estabilidad y productividad del recurso [...] en su totalidad deben ser consideradas en cualquier sistema de manejo, no sólo las especies introducidas". Podemos concluir que un sistema de reforestación que emplee sólo especies introducidas (o en general un conjunto reducido de especies) corre el riesgo de simplificar los modos de apropiación del recurso a través de la pérdida de la diversidad de las mismas. Las consecuencias de esto pueden incluir la destrucción del ambiente natural a fin de sembrar las especies seleccionadas, una falta de plasticidad en la respuesta de los sistemas al agotamiento del recurso y pérdida de variabilidad genética, entre otras.

Por último conviene preguntarse cuál ha sido el éxito real de las plantaciones de eucaliptos. Aparentemente, este ha sido amplio en términos de productividad (Grainger 1990. ver tabla 4.1.), sin embargo los objetivos sociales del programa han fallado: sólo los sectores más ricos de la población se ven favorecidos, mientras que en las bastas regiones de economía de subsistencia el programa ha tenido poca aceptación y un éxito reducido (Grainger 1990, Saxena 1992)

Como contraparte, existe una tendencia a la ocupación de árboles "multipropósito", (véase por ejemplo Owino 1992) que son aquellos cuyos productos se emplean para satisfacer necesidades de diferente índole, como por ejemplo, leña, forraje y medicina. Éstos árboles se han convertido en especies multipropósito a lo largo de siglos de interacción con la especie humana, y por lo tanto son siempre especies nativas. Si consideramos además que la crisis de la leña está ligada con problemas agrícolas y ganaderos, entre otros, en los países del tercer mundo, establecer plantaciones de especies multipropósito contribuye a una solución integral de la problemática de la zona.

El caso específico de Tehuacán parece encajar a la perfección dentro de esta escuela. Por un lado, cuenta con una gran biodiversidad que 1) se pondría en riesgo con la introducción de especies tan agresivas como el eucalipto y 2) proporciona una gran cantidad de alternativas. Los amplios conocimientos botánicos de los campesinos locales brindan muchas opciones (sección 1.2.) dentro de la flora local, y a menudo se conoce más de un uso para cada vegetal. Estos usos además corresponden, tras años de enfrentamiento con el medio, con la realidad local dada, y justamente servirían para resolver las mayores demandas de los Metzontecos de acuerdo a sus medios más importantes de producción: forraje y leña.

Al tratarse de plantas que en general son nuevas en el ámbito de la reforestación se requiere generar mucha información adecuada a las mismas. Esto va desde su elección dentro del universo de plantas útiles (empezando desde el conocimiento de dicho universo) considerando sus características y la demanda de sus productos, hasta el perfeccionamiento de las tecnologías que nos permitan su cultivo, es decir, elaborar un diagnóstico y evaluar alternativas, como hemos señalado (sección 1.1.).

1.5. Exploración de alternativas: regeneración por semilla.

Pese a todos los problemas que enfrenta la reforestación en las zonas áridas, los beneficios son muy importantes (Sección 1.4.3.). Si nos concretamos al estudio particular de la zona de estudio encontramos que su papel puede incluso ser más importante para producir la leña para las quemas⁷, que es tan fuertemente explotada (Valiente-Banuet *et al.* en preparación), además de beneficiar a todas las actividades económicas que se desarrollan en el pueblo.

Una parte muy importante de cualquier proyecto de reforestación es la propagación de las especies. Ésta puede ser sexual, por semilla, o vegetativa a través de esquejes. Las ventajas que

⁷ En Los Reyes se denomina "quema" al proceso de hornear la cerámica

ofrece esta última son una mayor velocidad en el crecimiento inicial de la planta, un control más cercano sobre el genoma de los individuos, la mayor supervivencia de las plantas en ambientes adversos hasta la llegada de las esporádicas condiciones para la producción de semillas o el establecimiento de plántulas son encontradas, y una mayor resistencia al daño en el tallo ocasionado por pastoreo, fuego, heladas o sequía (Pyke y Archer 1991). Sin embargo, la propagación vegetativa reduce la variabilidad de los recursos genéticos de los que depende la producción exponiéndola a vicisitudes que pueden destruirla por completo, como ha sido el caso de las plagas.

El estudio de la reproducción sexual en las plantas no sólo proporciona los conocimientos tecnológicos para establecer plantaciones de árboles, sino que puede ser muy importante para proponer planes de manejo basados en el fomento del establecimiento natural de las especies. Esto puede ser muy ventajoso si consideramos como ejemplo que la producción de plántulas es mayor con menor esfuerzo humano, y que este debe ser amplísimo para poder establecer las extensiones de terreno reforestado que se requieren para satisfacer la demanda (Dang 1993). De este modo la semilla otorga un número mayor de alternativas a la comunidad de diseñar un plan de empleo del sitio en base a los resultados de esta tesis.

1.5.1. Latencia

Para producir plantas a partir de semilla es preciso ante todo que las semillas germinen. Para ello debe primero romperse la latencia. Ésta se ha descrito de diferentes formas, pero para los fines de este trabajo, nos conviene adoptar la definición de Tran y Cavanagh (1984), que señalan que una semilla está latente si no germina aún cuando se le coloca en condiciones normalmente consideradas adecuadas para la germinación. En tal estado, el crecimiento está suspendido o grandemente reducido, aunque puedan existir maduración y diferenciación fisiológicas (Ross 1984).

La mayor parte de las semillas presentan este fenómeno, el cual les confiere la ventaja de poder dispersarse en el tiempo, evitando germinar cuando las condiciones son adversas, o durante breves periodos de bonanza, como una lluvia esporádica en plena estación seca (Fenner 1985). Sólo una pequeña fracción de las semillas no presenta latencia, por lo que deben germinar rápidamente o morir. Estas semillas se conocen bajo el nombre de recalcitrantes (las demás semillas reciben el nombre genérico de ortodoxas).

Existen diversos tipos de latencia: la primaria, o innata, la secundaria, o inducida, y de acuerdo con algunos autores, la forzada. La innata se presenta desde antes de la dispersión y evita que la semilla germine aún en la planta matema, (Tran y Cavanagh 1984) pero es frecuente que aún

persista por un tiempo tras la dispersión, lo que se relaciona frecuentemente con asegurar la dispersión adecuada de las semillas, o con evitar la germinación hasta la llegada de la época adecuada (Fenner 1985). La latencia secundaria es esencialmente idéntica a la primaria, con la salvedad de que no es innata, sino que puede estar promovida por una serie de factores ambientales adversos. Finalmente, la latencia forzada es aquella en la que la semilla no germina por no estar en condiciones benignas (Por ejemplo no se le ha adicionado agua, pero germinará en cuanto esta deficiencia sea suplida) (Ross 1984); por ello no se le puede considerar una latencia *sensu stricto* de acuerdo a nuestra definición, sino más bien como semillas quiescentes.

Para establecer un cultivo lo que se requiere es conocer los mecanismos de latencia primaria y/o secundaria de las semillas, y cómo promover el escape de dicho estado. En este sentido, es importante comprender las formas en que se rompe la latencia en la naturaleza, básicamente por dos razones. En primer término, para simular en el campo dichas formas y promover la germinación (ya sea para establecer alinácigos o en las zonas a reforestar), y, segundo, para entrever cuáles son las situaciones que le resultan adversas a la semilla. Si consideramos que la latencia es un mecanismo que permite evitar las condiciones desfavorables mediante una migración en el tiempo (Fenner 1985, Begon *et al.* 1988) hasta que las condiciones son las más adecuadas para la supervivencia y la reproducción del genoma (Mayor y Poljakoff-Mayer 1989 en Bell *et al.* 1993), conocer cuáles son las formas de latencia pueden darnos claves sobre cuáles son las condiciones adversas o favorables para la germinación.

1.5.2. Mecanismos de la latencia

Las causas de este estado de crecimiento suspendido son varias, tanto estructurales como fisiológicas. Entre ellas encontramos 1) la impermeabilidad de los tegumentos de la semilla al agua y los gases, 2) la inmadurez del embrión, 3) presencia de inhibidores, 4) restricciones mecánicas al crecimiento del embrión y/o la radícula (Tran y Cavanagh 1984, Driscoll 1990), o combinaciones de las anteriores, como por ejemplo la latencia morfofisiológica (Baskin y Baskin 1990).

Las causas de la impermeabilidad de las semillas es aún debatida, y no hay resultados generalizables. Aparentemente durante la maduración de la semilla se depositan sustancias hidrofóbicas en la cutícula de la semilla. En casi todas las Caesalpinaceae encontramos por ejemplo una capa de material céreo (Niembro 1989), y a lo largo de las células en empalizada, a las que se atribuye comúnmente el papel principal en la impermeabilidad de la semilla.

Lo que si se sabe con certeza es que la repelencia al agua se pierde con el tiempo, si los tegumentos se erosionan al desplazarse sobre el sustrato, o si son degradados al atravesar el ambiente ácido del tracto digestivo de los animales. Este último proceso también es el responsable del lavado de algunas sustancias inhibitoras (Tran y Cavanagh 1984; Fenner, 1985). Al permitirse la entrada del agua y/o los gases se inicia la germinación en este tipo de semillas.

Otras simientes se hayan en latencia gracias al balance de hormonas inhibitoras y promotoras del crecimiento, tales como ABA, Giberelinas, citoquininas, y etileno, entre otras. En ocasiones este balance está determinado por la represión y derrepresión de ciertos loci del genoma seminal. Asimismo este último fenómeno puede causar disfunciones en los ciclos respiratorios, o puede bloquear el acceso a las reservas alimenticias, provocando un déficit energético que impide la germinación, Este tipo de mecanismos bioquímicos pueden ser alterados por condiciones de luz o temperatura, proceso en el cual pueden intervenir activamente sensores como los fitocromos (Ross 1984). Muchas veces estas sustancias deben ser lavadas por imbibición en agua por períodos lo suficientemente largos, como en el caso de algunas plantas anuales en desiertos (Went 1948, Fenner 1985).

El papel de las hormonas puede ir más allá. En algunas semillas el embrión es muy pequeño, aún después de la dispersión y está anatómicamente y/o fisiológicamente inmaduro. La acumulación lenta de giberelinas permite a la semilla permanecer latente durante un periodo dado de tiempo, transcurrido el cual se ha alcanzado una concentración crítica y el embrión ha madurado (Ross 1984, Baskin y Baskin 1990).

Existen algunos casos en los que los mecanismos involucrados en la activación de la semilla son combinaciones de los anteriores, o la presentación secuencial de dos o más claves ambientales. Estas situaciones se conocen de varias plantas pero se ha puesto poco énfasis en ello. Hay reportes de este tipo de latencia para zonas áridas (Bell *et al.* 1993).

Conviene, en consecuencia, tener presente que hay dos mecanismos involucrados en la latencia: unos **morfológicos**, relacionados con la impermeabilidad, dureza e integridad de la testa, y otros **fisiológicos**, en los que se involucran complejos aparatos bioquímicos, cuya función es mantener a la semilla en estado suspendido hasta que se encuentran condiciones ambientales adecuadas para la germinación y el establecimiento. Los tratamientos experimentales que se propondrán más adelante están ligados a estas consideraciones, y pretenden simular los procesos naturales de ruptura de la latencia mas comunes.

1.5.3. Germinación en zonas áridas

La mayor parte de los estudios que se han efectuado en zonas áridas han tomado como sistemas de estudio plantas anuales en los desiertos extratropicales del mundo, que en general se caracterizan por condiciones más severas que las que podemos encontrar en Tehuacán. Las publicaciones que se salen de estos límites en general tratan problemas muy específicos y no se prestan a la generalización de otros ensayos elaborados con base a decenas de especies. De lo anterior se desprende que muchos de los conceptos que se han desarrollado para la germinación en condiciones de aridez no han sido demostradas para sistemas similares al nuestro

Uno de los conceptos más arraigados en la literatura sobre germinación en desiertos es que ésta está determinada por dos factores principales: temperatura y humedad. El origen de este modelo se encuentra en una serie de cuatro artículos publicados por Went y su equipo de colaboradores (Went 1948, 1949, Went y Westergaard 1949, Juhren *et al.* 1956). De acuerdo con estos autores, es requisito para la germinación que la temperatura sea aproximadamente aquella que se presenta en la naturaleza durante la época en que las plantas se establecen. De este modo las especies de invierno crecen a temperaturas bajas, mientras que las de verano germinan cuando hace más calor.⁸ También se demuestra que la lluvia es un factor limitante importantísimo, no sólo para la supervivencia de las plántulas sino porque muchas especies sólo germinan tras una lluvia muy copiosa, la cual, según Juhren *et al.* (1956), es capaz de lavar las sustancias inhibitorias de la semilla. Esto generalmente asegura a la planta mantos freáticos elevados, o micrositos ricos en humedad (Mott 1974a). Estudios posteriores (Burk 1982, Mott 1972, Mott 1974a, Osman *et al.* 1991, Jurado y Westoby 1992a) han demostrado que dicho fenómeno está representado en otros grupos taxonómicos y en otras regiones del mundo. Es importante resaltar que todos estos estudios han sido efectuados en zonas con regímenes de lluvia bimodales. El modelo se ha validado también para algunas especies perennes (Ackerman 1979, Went 1948, Gutterman 1990), aunque el rango de temperaturas bajo las cuales germinan algunos de estos grupos es más amplio.

Estas investigaciones sugieren que uno de los factores más importantes en la latencia de plantas de desiertos son las condiciones climáticas en un momento dado. Se ha propuesto una asociación entre ello y la impredecibilidad de ciertos ambientes, tales como los suelos desnudos o las zonas áridas (Fenner 1985). Se ha demostrado que la capacidad de detectar las claves ambientales que indican la proximidad de eventos favorables, como en el caso de las plantas de Went, incrementa

⁸ Los trabajos que discutimos se efectuaron en las zonas áridas del suroeste de los EEUU, donde hay dos temporadas de lluvia (coincidentes con los solsticios), cada una caracterizada por una flora efímera exclusiva.

la probabilidad de que las plántulas se establezcan (Freas y Kemp 1983, Koller 1969). El conocimiento de estos procesos permite no sólo la promoción de la germinación, sino que incrementaría la supervivencia de las plántulas.

El panorama se complica si consideramos modelos de evolución que predicen un alto polimorfismo en la latencia primaria de las semillas (Cohen 1966 y 1968, Levins 1969 citados en Freas y Kemp 1983), de forma que sólo una porción de las semillas disponibles esté lista para germinar en un momento dado. De esta manera el riesgo de germinar en una temporada mala se disipa entre varios eventos de lluvia.

Este mismo sistema ha sido adoptado por los campesinos mexicanos en varios sitios: el polimorfismo se manifiesta como una gran cantidad de variedades, algunas que se desarrollan en periodos de tiempo cortos, que aseguran la producción (aunque escasa) en los años malos. Junto a estas variedades rápidas se siembran variedades lentas e intermedias que son más productivas (Hernández X. 1971). Este tipo de estrategia está, por lo tanto, ampliamente probada mediante la experiencia de los productores, y bien podría integrarse a un modelo de reforestación.

1.5.5. Formas de latencia en zonas áridas

La latencia innata en desiertos es de varios tipos. Como ya hemos señalado, en muchas plantas anuales existe latencia fisiológica gracias a sustancias inhibitoras que se lixivian con el agua de lluvia. Otra forma de latencia fisiológica muy común es la producida por la inmadurez del embrión, frecuente en gramíneas y compuestas (Mott 1974b, Hagon 1976, Baskin *et al.* 1992). La total maduración del embrión se logra sólo bajo ciertas temperaturas, las cuales además determinan el rango de temperaturas a las que la planta germina (muy importante en zonas áridas, como hemos visto) (Evans y Young 1980), influyendo importantemente sobre el número de organismos que se establecen (Fenner 1985). Las formas morfológicas de la latencia son comunes en zonas áridas y semiáridas. Éstas pueden estar relacionados con la dureza de la testa seminal, o de las brácteas como en muchas gramíneas (Mott 1974b, Hagon 1976). Los mecanismos para lograr el estado de actividad suspendida que se han demostrado caen dentro de varias categorías: Impermeabilidad al agua (por acumulación de sustancias hidrofóbicas, (Niembro 1989)), a los gases (Mott 1974b), y restricciones mecánicas al crecimiento (Hagon 1976). Así como la temperatura induce variabilidad en los requerimientos de germinación, también se ha encontrado que la duración del fotoperíodo puede generar diferencias en el grosor de la testa (Fenner 1985) y por lo tanto en su necesidad de escarificación, y es una fuente de variabilidad. También se ha demostrado recientemente la existencia de latencia secundaria cíclica en *Penstemon palmeri*, una perenne de las zonas áridas del sudoeste de los EE. UU. (Meyer y Kitchen 1992), y en *Eriogonum albertianum* y *Eriastrum*

diffusum, dos anuales de invierno del desierto chihuahuense (Baskin *et al.* 1993). Las semillas de dichas especies cruzan cada verano por períodos en los cuales se registra poca germinación, aunque se les coloque en temperaturas típicas de invierno. Esta es una característica de ambientes más pronosticables, y es improbable que variaciones anuales en la precipitación tengan un efecto importante sobre la ciclicidad de la latencia (Baskin *et al.* 1993). Parece dudoso que este fenómeno esté bien representado en Tehuacán, donde no existe un régimen de lluvia bimodal, y por lo tanto no hay necesidad de cruzar un período de latencia para evitar ciertas temporadas de lluvia. En todo caso, la latencia debe perderse en verano, cuando ocurre la única época de humedad, que es por demás, la época razonable para efectuar cualquier siembra.

Muy pocos estudios han sido realizados en plantas perennes, e igualmente escasos son los que se han efectuado en desiertos intertropicales. La información procedente de este tipo de ambientes es necesaria, tanto como para conocer cual es la perspectiva que se tiene del complejo panorama de la germinación en zonas áridas, como para poder generar conocimientos aplicables a la reforestación en Los Reyes Metzontla.

Este estudio no pretende examinar a fondo el fenómeno de la latencia en la zona de estudio, sino que se procuró no perder de vista los objetivos prácticos de esta tesis, de modo que los experimentos se diseñaron considerando sólo aquellas metodologías para romper la latencia que pueden ser puestas en práctica por los Metzontecos dadas las condiciones que se dan en el pueblo.

2. Materiales y Métodos

2.1. La zona de estudio

Los Reyes Metzontla se localiza en la parte sur del Valle de Tehuacán, en el municipio de Zapotitlán Salinas, pueblo con el que colinda al norte, y tiene cerca de 3000 hectáreas en disputa de un total de 7948 (Valiente-Banuet *et al.* en preparación). Al poniente limita con Acatepec y La Compañía, al sur con Caltepec y San Luis Atolotitlán, y al oriente con Xochiltepec. La altitud de la población es de 1800 msnm, aunque las mayores elevaciones del pueblo sobrepasan los 2200 msnm. El territorio del pueblo está surcado por 3 cañadas que van de sur a norte y que permanecen secas excepto durante la temporada de lluvias. La más grande es Barranca Nacional, en la zona central y donde se localiza el pueblo. Al poniente encontramos Barranca Pizarro y al oriente Barranca Agua La Cruz (figura 2.1). Entre estos sistemas fluviales se encuentra una serie de montañas, en general muy empinadas, donde asoman varios tipos de sustratos geológicos, entre los que se cuentan areniscas, calizas y riolitas (Figura 4.1).

El clima de Los Reyes¹ es BS_{hw}(w)a(e)g (García 1973), correspondiente a clima semiárido con lluvias en verano. La vegetación es matorral xerófilo de acuerdo con Rzedowski (1978), aunque se distinguen diferentes asociaciones en la zona y que en general siguen los afloramientos de diferentes sustratos geológicos. Esto hace que la zona sea muy rica en especies, muchas de las cuales son útiles. En Metzontla encontramos la mayor diversidad de cactáceas columnares del Valle de Tehuacán (Valiente-Banuet *et al.* en preparación).

2.2. Metodologías

2.2.1. Metodologías de la parte de diagnóstico

Para obtener una idea clara de cuáles son los recursos que utilizan los Metzontecos, y de las prácticas existentes de apropiación de dichos recursos, se efectuaron las siguientes actividades:

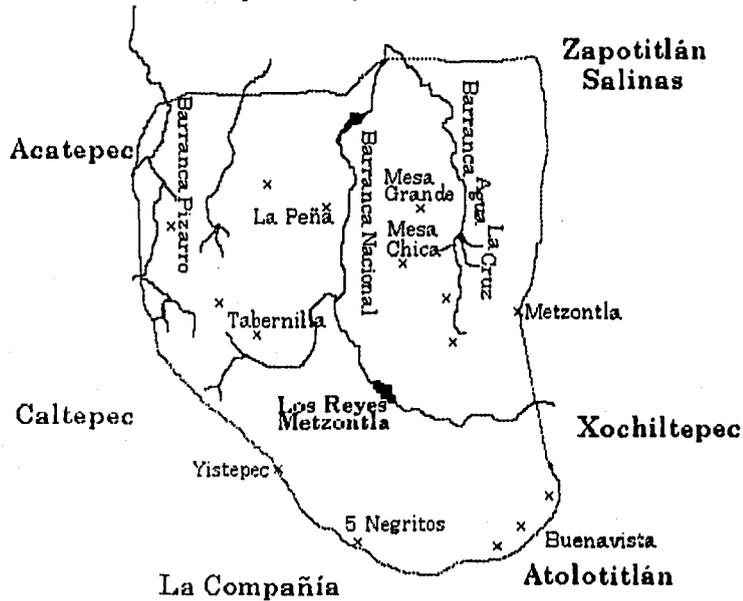
- Caminatas, a fin de observar la recolección de leña y de obtener ejemplares de plantas útiles, así como información sobre su nombre local² y otros usos que se le dan a la planta. Estos

¹ Medición procedente de la estación meteorológica más cercana en Zapotitlán Salinas

² La nomenclatura seguida en Los Reyes se transcribe aquí con la mayor fidelidad, conservando las variantes poco "ortodoxas" de los nombres. Estas variantes son comunes debido a que muchos apelativos provienen de la lengua nahua, la que no se habla en el pueblo. Así pues se suele decir "papalome!" en lugar de "papalomet!" y "Cozahuate" en vez de "Cazahuate"

recorridos se llevaron a cabo entre febrero y abril de 1993. Simultáneamente se efectuó un reconocimiento general de la zona y recabó información general sobre las condiciones de la misma.

Figura 2.1
Principales ríos y cerros de Los Reyes



Los puntos señalados con una x son los cerros más importantes de la zona. En negritas y con tipografía grande están señalados los pueblos con los que colinda Los Reyes.

- Entrevistas no estructuradas con los alfareros. En este tipo de entrevista se permite la expresión espontánea del entrevistado, sin seguir un cuestionario estricto. Aunque la información recabada por medio de este instrumento es anecdótica y en general imposible de analizar estadísticamente, tiene la ventaja de permitir conocer la forma en que se percibe la problemática de la leña desde el punto de vista de aquellos que la usan (Méndez *et al.* 1984).
- Encuestas con formato, con el propósito de obtener información cuantitativa sobre la explotación de la leña. Se efectuaron 51 entrevistas en diferentes casas lo que representa el 70.8% de las familias de alfareros en la zona (INEGI 1991), con el auxilio de Andrés Flores, un habitante de Los Reyes. Una copia del formato de la encuesta se anexa en el apéndice A.

- Asistencia a quemas³, donde se hicieron observaciones generales, se pesó la leña que sería utilizada y se tomaron medidas de la misma a fin de hacer correlaciones volumen-peso. Para esto se utilizaron cintas métricas de "costurera" y una pesola de 20kg (graduada cada 250 g.) Esta información se obtuvo en marzo y abril de 1993.

La información generada dentro de esta etapa se analizó en general mediante las pruebas estadísticas convencionales (análisis de regresión por mínimos cuadrados, t de Student, χ^2 de Pearson etc. En los resultados se reporta cuál se usó en cada caso) utilizando el programa STATGRAPHICS. Se efectuó un análisis de componentes principales con el programa MVSP para ordenar la producción artesanal en términos del tipo y número de piezas fabricadas por alfarero y buscar patrones en cuanto a insumos o ganancias dependiendo del material producido.

2.2.2. Metodologías empleadas en los experimentos de germinación.

Para este estudio se utilizaron semillas de 24 especies. Se procuró que estuviesen bien representadas las especies de mayor uso, así como diferentes grupos taxonómicos. Las semillas se colectaron en los terrenos de Los Reyes Metzontla y en los de Zapotitlán Salinas durante febrero, marzo y abril de 1993. Se procuró tomarlas de diferentes plantas para representar la variabilidad de la población. Sólo se incluyeron semillas colectadas en frutos maduros, nunca del suelo o de productos inmaduros.

Las semillas fueron seleccionadas utilizando sólo aquellas que parecían estar sanas: las que presentasen perforaciones, las que fuesen ligeras o muy pequeñas para la especie, o tuviesen en general mal aspecto fueron rechazadas. Se retiraron cerdas capilares, alas, anillos y cualquier otro órgano relacionado con la dispersión.

Las semillas de todas las especies se almacenaron en frascos de vidrio cubiertos por cedazos, colocados en la oscuridad a temperatura ambiente⁴. A varias especies se les adicionó cal viva en el recipiente a fin de frenar la acción de gorgojos (Fam. Bruchidae) (Borror y White 1970). Estos insectos se observaron infectando un enorme número de semillas de leguminosas y de *J. arborescens*. A las semillas de las compuestas, de *Sedum* sp., de *B. gracilis*, y de las cactáceas no se les añadió cal, ya que por sus reducidas dimensiones la manipulación hubiera resultado muy complicada.

³ El término "quemá" se aplica en Los Reyes al proceso de cocción de cerámica

⁴ Las semillas no se almacenaron en dispositivos adecuados para semillas recalcitrantes. Se consideró muy improbable que algunas fueran de este tipo ya que en general provenían de frutos dehiscentes. es de suponer que una vez dispersadas, las semillas expuestas a un ambiente árido se desecarían. Todas estas son características de semillas ortodoxas (Roberts y King 1980).

La selección de especies se hizo con base en la información recabada en las etapas previas del proyecto descritas en la sección 2.2.1. Se procuró la inclusión de las especies que son más utilizadas y que más falta hacen en la zona (sección 4.4.) como las de leña de tapa. Las especies *Acacia constricta* y *Lippia graveolens*, muy utilizadas como leña de cama no se incluyeron por no encontrar semillas sanas en el primer caso, o no las suficientes en el segundo.

No se efectuaron pruebas de viabilidad en los embriones, aunque la gran proporción de semillas que germinaron indica que en general aquella era elevada. Ya que el muestreo abarca un período breve en el tiempo dentro del cual sería improbable que por casualidad las semillas estuviesen viables, es de suponer que éste es el estado más habitual de los propágulos de las especies estudiadas

2.2.2.1. Descripción de las semillas

Las siguientes descripciones utilizan la nomenclatura propuesta por Niembro (1989), y sigue el formato propuesto en su "guía", ya que facilita la elaboración de bases de datos basadas en las características más relevantes (aquellas de difícil observación se han obtenido de la literatura (Niembro 1989)). Es importante señalar que aquí, como en el texto que sigue, se utiliza el término semilla para referirse también a ciertos frutos que, como el aquenio de las compuestas, se constituyen en la unidad de dispersión de la especie.

Acacia subangulata Rose "Sierrecilla" (Mimosaceae)

Las semillas se desarrollan dentro de legumbres leñosas que permanecen en la planta durante, y después de, la dehiscencia. Su forma es lenticular-globosa, y su tamaño grande (1 a 1.5 cm.⁵). La cubierta seminal es de color castaño oscuro, semi-mate, de superficie lisa, córnea, con un profundo pleurograma en ambas caras, abierto por el extremo hilar. El hilo es inconspicuo, elíptico, castaño, apical. Micrópilo inconspicuo, apical. Perispermo ausente. Endospermo en ambas caras del embrión, con reservas de hemicelulosa. Embrión bien desarrollado, de color amarillo, con dos cotiledones gruesos y carnosos, de forma circular, iguales, lisos, ápice redondeado, margen entero, base obtusa a ligeramente cordada. Radícula recta, gruesa.

⁵ Medida del diámetro en todos los casos

***Acacia* sp. "Chodata" (Mimosaceae)**

Las semillas se desarrollan dentro de legumbres. Su forma es lenticular a ligeramente cuadrangular, y su tamaño mediano (0.7- 1.0 cm.). La cubierta seminal es de color canela, semimate, de superficie lisa, cómea, con un profundo pleurograma en ambas caras, abierto por el extremo hilar. El hilo es inconspicuo, elíptico, castaño, apical. Micrópilo inconspicuo, apical. Perispermo ausente. Endospermo en ambas caras del embrión, con reservas de hemicelulosa. Embrión bien desarrollado, de color amarillo, con dos cotiledones gruesos y camosos, de forma circular, iguales, lisos, ápice redondeado, margen entero, base obtusa a ligeramente cordada. Radícula recta, gruesa.

***Agave macroacantha* Zucc. "Maguey azul" (Agavaceae)**

Produce cápsulas triloculares, dehiscentes. Semillas de forma plana, obovada-asimétrica, medianas (5 a 10 mm.), cubierta seminal negra, lustrosa, quizá recubierta por compuestos cerosos, crustácea, con el borde ensanchado-plegado. Hilo y micrópilo inconspicuos, apicales. Embrión blanco con un cotiledón clavado-subulado, ápice agudo, base redondeada. Radícula corta.

***Agave peacockii* Croucher "Ixtle, Maguey ixtlero" (Agavaceae)**

Las semillas se originan en cápsulas triloculares, dehiscentes. Su forma es aplanada semicircular, chicas (3-5 mm. de largo). La cubierta seminal es negra, lustrosa, de consistencia crustácea. Hilo y micrópilo inconspicuos, laterales. Embrión blanquecino, con un cotiledón delgado, subulado de ápice agudo y base hemisférica. Radícula corta y delgada.

***Agave verschaffeltii* "Papalomel" (Agavaceae)**

Las semillas se desarrollan en cápsulas triloculares, dehiscentes. Semillas de forma plana, semicircular, medianas (5 a 10 mm.), cubierta seminal negra, lustrosa, crustácea, con el borde externo ensanchándose en forma circular. Hilo y micrópilo inconspicuos, apicales. Embrión blanco con un cotiledón clavado-subulado, ápice agudo, base redondeada. Radícula corta y angosta.

***Agave* sp. "Maguey cimarrón" (Agavaceae)**

Semillas que se desarrollan en cápsulas dehiscentes, triloculares. Semillas de forma plana a ligeramente triangular en corte transversal, semicircular, medianas (5 a 10 mm.), cubierta seminal negra, brillante, crustácea. Hilo y micrópilo inconspicuos, apicales. Embrión blanquecino con un cotiledón clavado-subulado, ápice agudo, base redondeada. Radícula corta.

***Beaucarnea gracilis* Lem. "Sotolín" (Nolinaceae)**

Semillas que se desarrollan en sámaras trialadas, triloculares, con una semilla por lóculo. La forma de la semilla es obovoide, subtrigona, chicas (alrededor de 3 mm. de largo), cubierta seminal

de color amarillo mate, opaca, de textura cerosa. Micrópilo e hilo inconspicuos en el extremo más agudo de la semilla. Abundante material de reserva de apariencia albuminosa. Embrión amarillo-blanquecino con un cotiledón lineal. Radícula delgada.

***Bursera* sp. "Copalillo" (Burseraceae)**

La semillas de *Bursera* sp. se desarrollan en el interior de drupas cuyo exocarpo leñoso es dehiscente, liberando al mesocarpo que contiene a su vez al endocarpo córneo. Durante la germinación, éste endocarpo se parte por la mitad liberando la semilla propiamente dicha. En adelante se denominará semilla al endocarpo. Su forma es ovoide, subtrigona, de tamaño mediano (5-6 mm.), con un mesocarpo ariloide, coriáceo, brillantemente coloreado de rojo o amarillo, y muy aromático, recubriendo todo el mesocarpo, de color hueso. La cubierta seminal es blanca mate, delgada y membranosa, rugosa. El hilo y micrópilo son inconspicuos, blancos. Perispermo muy delgado, endospermo nuclear, ausente o muy escaso. Embrión lineal, claro, con dos cotiledones iguales, muy plegados sobre sí mismos, imparipinatífidos, con 5 segmentos lineares, con márgenes enteros.

***Cercidium praecox* "Manteco" (Ruiz & Pavón) Harms. (Caesalpinaceae)**

Las legumbres de esta especie son membranáceas y dehiscentes. Las semillas son aplanadas, obovadas, con el ápice redondeado y la base puntiaguda, de tamaño mediano (7-8 mm. de longitud). La cubierta seminal presenta un patrón variegado, con manchas irregulares en tonos grises y verdes olivo, más o menos lustrosa y recubierta por una capa cerosa, gruesa, córnea, lisa, dotada de un pleurograma cerrado poco conspicuo. Hilo y micrópilo puitiformes, basales. Perispermo ausente. El endospermo no se observó claramente. Embrión amarillo, provisto de dos cotiledones iguales, gruesos y carnosos, elípticos, de ápice redondeado, margen entero, base redondeada. Radícula gruesa y corta, recta.

***Caesalpinia* sp. "Rompebota" (Caesalpinaceae)**

La legumbre de esta especie es delgada, coriácea y dehiscente. Las semillas son rómbicas, chicas (3-5 mm.). La cubierta seminal es de color castaño oscuro, semi-mate, córnea, lisa, recubierta por una capa de cera, marcada en ambas caras por un pleurograma cerrado. Hilo y micrópilo basales, inconspicuos. Perispermo ausente. Endospermo escaso. Embrión amarillento, provisto de 2 cotiledones iguales gruesos, de ápice agudo, margen entero y base redondeada a ligeramente hastada. Radícula corta, gruesa.

***Gochnatia hypoleuca* (DC.) A. Gray. "Coatillo" (Asteraceae)**

Las semillas se desarrollan dentro de aquenios cilíndricos - fusiformes, chicos (de 4 a 5 mm. de largo), de color crema - verdoso, coriáceos, densamente hirsuto - tomentosos, con un vilano de cerdas capilares de hasta 5 mm. de longitud. Cubierta seminal castaña oscura, delgada, perispermo ausente, endospermo escaso o ausente, embrión alargado, recto, espatulado, provisto de dos cotiledones, expandidos, plano convexos, adpresos.

***Ipomoea arborescens* G. Don. "Cosahuate" (Convolvulaceae)**

Los frutos del cosahuate son cápsulas biloculares, con dos semillas por lóculo. Las semillas son trigonas, muy similares en forma a una rebanada de sandía, de tamaño mediano - grande (8 a 12 mm.), de color canela, no lustrosas. La cubierta seminal es gruesa, córnea, rugosa, dotada de cerdas capilares tan largas como la semilla que crecen densamente en los ángulos cercanos a la base, y sirven para la dispersión. El hilo es grande, subbasal, formando una depresión cuadrada de 1 mm. de profundidad, donde se encuentra el micrópilo inconspicuo, puntiforme. Aparentemente tiene un perispermo blanquecino, farináceo (?), en cuyo caso es escaso. Endospermo con reservas de aceite y hemicelulosa, nuclear. Embrión blanquecino, con dos cotiledones plegados y arrugados, foliáceos, largamente obcordados - bifidos, con ápices obtusos, margen entero o ligeramente sinuado, base aguda, de igual tamaño, venación conduplicada.

***Montanoa leucantha* (Lagasca & Segura) S.F. Blake "Cuapiojo blanco" (Asteraceae)**

Las semillas están contenidas dentro de aquenios castaños o negros mate, muy ligeramente lustrosos en ocasiones, desprovistos de vilano de ningún tipo, piramidales, más o menos robustos, de unos 3 a 4 mm. de largo, leñoso. Cubierta seminal muy delgada, blanca, perispermo ausente, endospermo escaso o ausente, embrión alargado, recto, espatulado, provisto de dos cotiledones, expandidos, plano convexos, adpresos.

***Montanoa tomentosa* Cerv. "Cuapiojo negro" (Asteraceae)**

El aquenio de esta especie es de color negro lustroso, desprovisto de vilano, piramidal, esbelto, chico (2 mm. de largo), leñoso. Cubierta seminal muy delgada, blanca, perispermo ausente, endospermo escaso o ausente, embrión alargado, recto, espatulado, provisto de dos cotiledones, expandidos, plano convexos, adpresos.

***Nolina longifolia* (Schultes) Hemsley "Sotole" (Nolinaceae)**

Las semillas se producen en sámaras de consistencia papirácea, trialadas, triloculares, con una semilla por lóculo. Su forma es globular, chicas (hasta 4 mm. de largo). La cubierta seminal es

amarilla - translúcida, delgada (o cubierta por una capa delgada de sustancias hidrofóbicas), poco reflejante, coriácea, lisa. Hilo y micrópilo inconspicuos. Abundante material de reserva de apariencia albuminosa. Embrión amarillento con un cotiledón filiforme, radícula pequeña.

***Opuntia pilifera* F.A.C. Weber "Nopal" (Cactaceae)**

Los frutos son bayas espinosas comúnmente llamadas tunas, que son frecuentemente comidas por pájaros. Las semillas son reniformes, chicas (3-5 mm.), color hueso o gris oscuro, mates. Cubierta seminal coriácea - ósea, rugosa. Hilo lateral, grande y redondo. Perispermo abundante, con granos de almidón, farináceo. Endospermo nuclear, ausente o escaso. Embrión amarillento, con dos cotiledones iguales, foliáceos, ovados, con el ápice agudo, margen entero, base redondeada. Radícula gruesa.

***Pitocaulon praecox* (Cav.) H. Rob. & Brettel "Consuelda" (Asteraceae)**

Los aquenios de esta especie son cilíndricos, largos y delgados, medianos (más o menos 6 mm. de longitud), de color amarillo verdoso, opacos, de consistencia coriácea-membranosa, pilosos, corrugados. Están dotados de un vilano de cerdas capilares, un poco más cortos que el fruto. La semilla es de color gris, testa delgada, perispermo ausente, endospermo escaso o ausente, embrión alargado, recto, espatulado, provisto de dos cotiledones, expandidos, plano convexos, adpresos.

***Plumeria rubra* L. "Solache, Calosuche, Cacaloxochit" (Apocynaceae)**

Las semillas se desarrollan en mericarpios parecidos a vainas, dehiscentes. La semilla es elíptica - fusiforme, grande, de hasta 1.5 cm. de largo. La cubierta seminal es castaño mate, de textura membranosa, corrugada, expandida en un ala terminal adnada, papirácea, irregular, opaca. Hilo y micrópilo inconspicuos, basales. Endospermo nuclear, con reservas de aceite. Embrión amarillento - blanquecino, con dos cotiledones iguales, gruesos y camosos, con la misma forma de la semilla.

***Polaskia chichipe* (Goselin) Backeb. "Chichipe" (Cactaceae)**

Los frutos del chichipe son bayas espinudas, muy dulces, de las que se alimentan varios animales. Las semillas son elipsoides, chicas, (1-1.5 mm. de largo), provistas de un anillo que cubre menos de la mitad de la semilla, de origen funicular, camoso, rojo, lineal. La cubierta seminal es negra, lustrosa, córnea, lisa. El hilo es basal, redondo, ampilo, blanco. En él se encuentra el micrópilo puntiforme. Perispermo abundante, con granos de almidón, farináceo. Endospermo nuclear, ausente o escaso. Embrión amarillento, con dos cotiledones iguales, vestigiales, camosos. Radícula gruesa.

***Prosopis laevigata* Humb. "Mezquite" (Mimosaceae)**

Las vainas del mezquite presentan un exocarpo coriáceo rojizo, un mesocarpo caroso y dulce, comestible, y un endocarpo óseo muy duro que se fragmenta en secciones que contienen una sola semilla. Estas secciones son indehiscentes, aunque se han observado que cuando se les encuentra en estiércol de vaca están abiertas. Las semillas son obovadas-globulosas, chicas (hasta 4 mm. de largo). La cubierta seminal es de color amarillo ocre claro, lustrosa, ósea, lisa. El hilo y micrópilo son puntiformes y basales. Perispermo ausente. Embrión provisto de dos cotiledones iguales, carnosos, ovales, con el ápice redondeado, margen entero, base auriculada. Radícula recta, gruesa.

***Sedum* sp. "Siempre viva" (Crasulaceae)**

En folículos se desarrollan las semillas, que son obovoides, provistas de 4 pequeñas alas en sentido longitudinal, su tamaño es diminuto (menos de 1 mm.). La testa es de color canela, mate, membranosa, lisa. El hilo y el micrópilo son muy pequeños.

***Senna* sp. "Rompebota" (Caesalpinaceae)**

Las semillas se desarrollan en vainas membranáceas, cuyas paredes se fragmentan en secciones transversales, liberando a la semilla, que es de forma ovalada - lenticular, medianas a grandes (9 a 13 mm.). Cubierta seminal castaña - rojiza, lustrosa, coriácea, lisa, cubierta de una capa cerosa, con un pleurograma bien definido. Hilo y micrópilo inconspicuos, basales. Perispermo ausente, Endospermo nuclear, muy abundante, mucilaginoso cuando se moja, presente en las caras laterales de los cotiledones. Embrión recto, amarillo, con dos cotiledones iguales, gruesos y carnosos, planos, elípticos, ápice redondeado, margen entero. Radícula recta y gruesa.

***Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. "Campanita" (Bignoniaceae)**

Las semillas se desarrollan en silicuas coriáceas, dehiscentes. Su forma es elíptica y su tamaño mediano (hasta 1 cm.). La cubierta seminal presenta una coloración amarillenta-mate, es de textura papirácea, lisa, expandida en un ala doble (ligeramente marginal), papirácea, hialina. Hilo lateral, oblongo, micrópilo inconspicuo. Perispermo ausente. Endospermo celular, ausente. Embrión amarillo, provisto de dos cotiledones iguales, foliosos y delgados, bilobulados, ápice truncado, base obtusa, venación conduplicada. Radícula delgada.

***Yucca periculosa* F. Baker. "Izote" (Agavaceae)**

Los frutos del izote son cápsulas triloculares dehiscentes. Las semillas son hemisféricas, medianas - grandes (.8-1.2 cm.), de color negro mate. La cubierta seminal es ósea, corrugada. El hilo

es basal, de color blanco, oblongo. Micrópilo inconspicuo. Material de reserva farináceo-cómeo. Embrión blanco, dotado de un cotiledón subulado, camoso, robusto. Radícula gruesa.

2.2.2.2. Diseño experimental

En función de los factores fisiológicos y morfológicos asociados a la latencia en la mayoría de los casos, y que ya fueron mencionados en la introducción (secciones 1.5.2. y 1.5.3.), se consideró conveniente evaluar 3 factores: escarificación química (con 3 niveles), escarificación mecánica (2 niveles) e inmersión en agua (4 niveles). No se definieron tratamientos como combinaciones de distintos factores, ya que, si bien existen formas complejas de latencia (sección 1.5.2.), se corría el riesgo de matar al embrión al probar distintos métodos secuencialmente. Tratamientos asociados a temperatura, calidad de luz, etcétera, que pueden activar la germinación se evitaron, ya que su manipulación puede resultar difícil con la tecnología disponible en Los Reyes Metzontla.

Podría considerarse que se trata de un experimento factorial incompleto, mas como se busca el mejor tratamiento nos interesa comparar tratamientos y no factores, por lo que el análisis fue una ANOVA de una sola vía con 7 niveles (tratamientos)⁶. Tampoco se compararon especies entre sí por las mismas razones prácticas, aunque puede considerarse que el montaje del experimento es un factorial de 7*25 (tratamientos por especies).

Los tratamientos aplicados fueron:

- 1) Inmersión en ácido clorhídrico al 10% por una hora, con lo que se pretende simular el paso de las semillas por el tracto digestivo de un vertebrado. Como ya se ha mencionado, este es un proceso relacionado con la degradación de la testa que en muchos casos es la responsable de la latencia. Las semillas se colocaron en frascos de cristal con 50 ml. de solución ácida, y después se lavaron en agua corriente por unos segundos.
- 2) Igual que 1) pero por 4 horas.
- 3) Inmersión en agua por 48 horas a fin de lavar sustancias inhibidoras de la germinación. Para ello se colocaron las semillas en frascos de vidrio con 200 ml. de agua corriente, a temperatura ambiente (aproximadamente a 20°C), recibiendo la luz disponible en una habitación.

⁶ Nótese que un nivel de cada factor puede definirse como ausencia (ausencia de escarificación, de ácido o de inbibición) y en cada caso es igual por lo que se reduce de 3+2+4=9 a 7 tratamientos diferentes.

- 4) Igual que 3) pero por 24 horas.
- 5) Igual que 3) pero por 12 horas.
- 6) Escarificación mecánica de la testa. Para ello se utilizaron lijas de diferentes números, las más gruesas sirvieron para las cubiertas seminales más resistentes. Las semillas fueron manejadas hasta que se observó la formación de hendiduras en un microscopio, o hasta que el embrión fue visible en un punto. Se esperaba que con este tratamiento se permitiese la entrada de agua y/o gases al embrión permitiéndole germinar.
- 7) Testigo. Las semillas fueron sembradas directamente sin tratamiento previo (Figura 2.2).

Figura 2.2
Diseño experimental

| | Agua 12h | Agua 24h | Agua 48h | Ácido 1h | Ácido 4h | Escarificación | Testigo |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|---------|
| Especie 1 | | | | | | | |
| Especie 2 | | | | | | | |
| Especie 3 | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Especie 24 | | | | | | | |

Las unidades experimentales fueron cajas de petri de diez centímetros de diámetro llenas con agar al 1% en peso, donde se sembraron 25 semillas. Para *O. pilifera* y *Bursera sp.* sólo se sembraron 17 y 18 semillas respectivamente ya que no se pudieron coleccionar más en el campo. Se replicaron cuatro cajas para cada tratamiento.

La cal fue removida en todos los casos con agua corriente, y las semillas fueron desinfectadas en cloruro de litio al 5% por 3 minutos, y vueltas a lavar en agua corriente para evitar cualquier efecto negativo que esta sustancia pudiese tener sobre el embrión y permitir una manipulación más sencilla del propágulo, ya que se trata de una sustancia muy tóxica.

Se sembraron dos grupos de semillas: El primer conjunto se montó el 14 de mayo de 1993, con *A. subangulata*, *A. peacockii*, *B. gracilis*, *Senna sp.*, *C. praecox*, *Montanoa leucantha*, *G. hypoleuca*, *I. arborescens*, *Plumeria rubra*, *P. praecox*, y *Tecoma stans*.

Las cajas de petri se distribuyeron de modo aleatorio sobre una mesa bajo una ventana, donde recibían abundante luz, pero ésta nunca era directa. La radiación, medida con un cuantómetro LI-COR LI-185 B. La luz que incidía a mediodía (sin nubes) sobre la mesa era de 80 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Las temperatura máxima y mínima diarias están reportadas en la figura 2.3.

Cuando se observó que las curvas de germinación habían llegado a su meseta en el 7º día, las especies fueron retiradas. Las restantes fueron seguidas por una semana más.

El 28 de mayo de 1993 se sembró el segundo conjunto de semillas. Esta vez se incluyeron *A. macroacantha*, *A. verschaffeltii*, *Agave sp.*, *Bursera sp.*, *Caesalpinia sp.*, *Montanoa tomentosa*, *Acacia sp.*, *N. longifolia*, *O. pilifera*, *P. chichiipe*, *P. laevigata*, *Sedum sp.*, y *Y. periculosa*. Las especies que alcanzaron su meseta de germinación hacia el 6º día fueron retiradas. Las demás permanecieron 7 días más.

Durante el primer montaje las semillas se clavaron en el agar de manera que aquellas anemócoras quedasen con sus alas hacia arriba, simulando aproximadamente la forma en que caen naturalmente. Esto, según demostró Sheldon (1974) para varias compuestas, trae como consecuencia una mejor absorción de agua y mayor germinación. En el segundo montaje las semillas sólo se colocaron sobre el sustrato, ya que al parecer el primer procedimiento intensificaba la infección por hongos.

Las cajas fueron revisadas diariamente durante la primera semana, y, en su caso, cada tercer día durante la segunda, durante los cuales se registró el número de semillas germinadas, consideradas como aquellas donde había ocurrido la emergencia de la radícula.

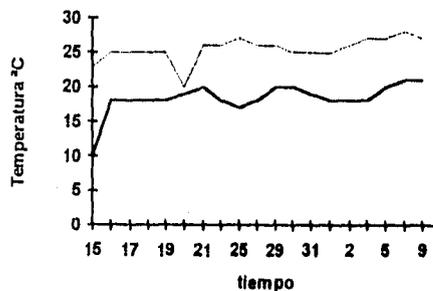
2.2.2.3. Análisis estadístico

La proporción de semillas que germinaron en total al final del experimento fue comparado mediante ANOVAS para cada especie. Para esto los datos se transformaron mediante la función arco-seno modificada por Freeman y Tuckey:

$$p' = \frac{1}{2} \left(\arcsen \sqrt{\frac{x}{n+1}} + \arcsen \sqrt{\frac{x+1}{n+1}} \right)$$

donde x es el número de semillas germinadas de un total de n , y p' es la proporción transformada (Zar 1984), a fin de asegurar normalidad en los datos. Los estadísticos se obtuvieron con el programa GLIM 3.77. La significancia de los valores de F se obtuvo con el procedimiento CRITVAL del programa STATGRAPHICS. En los casos en que el análisis de varianza fuese significativo al 95%, se efectuaron comparaciones múltiples utilizando el método de Tuckey. Estos valores están reportados en el apéndice E.

Figura 2.3.
Temperaturas máxima y mínima registradas en el sitio de estudio del 15 de mayo al 9 de junio de 1993



Para estimar las tasas de germinación se consideró el número de días que se requirieron para alcanzar una germinación del 50%. El procedimiento se modificó de Grime *et al.* (1981), asumiendo que las semillas germinan siguiendo una función lineal entre dos intervalos de observación. Por lo tanto,

Este procedimiento disminuye considerablemente la varianza producida por la discontinuidad falsa en el eje del tiempo. Con los datos así obtenidos se efectuaron ANOVAS, siguiendo el mismo procedimiento que para el número final de semillas. Los resultados también están comprendidos dentro del apéndice E.

3. Resultados

3.1. Diagnóstico

3.1.1 Aspectos Tecnológicos

La elaboración de la cerámica en Los Reyes Metzontla es un proceso del que los diferentes miembros de la familia forman parte. Aunque existe variación entre núcleos familiares, se puede decir que en general los hombres están a cargo de la obtención y preparación del barro. Éste se obtiene a partir de arcillas que han quedado descubiertas por los ríos en ciertos estratos. Al polvo que se obtiene al moler y tamizar estas arcillas se agrega una pizarra, rica en mineral de mica, molida como desgrasante. Las mujeres moldean las piezas en bases cóncavas especiales, denominadas moldes, que se pueden ir girando durante el proceso. Este método se conoce sólo de ciertas partes del centro de Oaxaca, (por ejemplo del célebre barro negro de Coyotepec) y se denomina en aquella región KABAL. Se trata de un proceso prehispánico que los antropólogos atribuyen a los mayas (Whitacker y Whitacker 1974)¹. El acabado, que puede ser bruñido, con ayuda de piedras de "talco" (ónix), o pintado con cuajote (*Bursera morelensis* Ramírez) o un tipo de tierra de color guinda, también es efectuado por las mujeres. La leña es obtenida por los hombres, ya sea cortándola en los cerros, o comprándola a los pueblos vecinos. Ellos también están a cargo de los preparativos para la cocción del barro y de la cocción misma. Para esto, la loza debe haberse secado bien, ya sea al sol, o mediante fuego. Para ello se utilizan las varas más delgadas de dos especies de compuestas: popote (*Gymnosperma glutinosum* (Sprengel) Less.) y estrellita (*Brickellia veronicifolia* (Kunth). A. Gray), así como paja de cualquier tipo.

Dentro de la leña que se utiliza en Los Reyes podemos distinguir dos grupos: La leña que se utiliza para la cocina, que es en general madera muy pesada y compacta, y que por lo tanto produce muchas brasas, y entre la que contamos principalmente a especies como la sierrecilla (*Acacia subangulata*) y el mezquite (*Prosopis laevigata*), y por otro lado, encontramos la leña útil en las "quemias", que si bien puede incluir las especies mencionadas en general está compuesta por madera más ligera o "bofa".

¹ El origen prehispánico de la alfarería metzonteca ha sido discutido ampliamente por De la Lama y Reynosa (s.f.), quienes señalan que las formas básicas de la loza se encuentran en la cerámica de la fase PURRÓN (2300-1500 a.C.) y en los asentamientos prehispánicos de Coxcatlán, inmediatamente anteriores a la conquista. El hecho de haber el kabal en la región y con una distribución tan discontinua nos sugiere su llegada a la región en la época precolombina, probablemente desde las fechas señaladas.

Esta diferencia se debe a las formas tecnológicas aplicadas a la cocción de la cerámica. Ésta se efectúa a cielo abierto, en general por las tardes a fin de utilizar la brisa vespertina para controlar el fuego. La tecnología del horno abierto es una invención europea introducida a México en el siglo XVI, y que ahora es de un amplísimo uso en el país, desde Michoacán hasta Chiapas, aunque Guerrero y Oaxaca son los sitios donde dicho proceso es más generalizado (Whitaker y Whitaker 1974). En Los Reyes, los pasos que se siguen en la confección de los dichos hornos efímeros son los siguientes:

- Se coloca leña delgada sobre el suelo hasta formar una capa de unos 10 cm. de espesor, 1.5 a 2 m. de ancho y una longitud variable. A esta faja se le denomina comúnmente cama
- En el centro de la cama, en sentido longitudinal se dispone algún tipo de apoyo que sirva para apoyar la cerámica (en general comales), de forma que esté dispuesta en forma vertical. Algunas personas han construido pequeños muros de piedra para este propósito, y la cama se construye junto al muro. Es común observar que los cántaros más grandes pueden servir como soporte.
- La loza, ya bien seca, se coloca apoyada contra el soporte. En este proceso se procura que hayan espacios entre las diferentes piezas que puedan servir como tiros para que el aire caliente fluya lo más homogéneamente posible.
- Sobre la loza se coloca la madera más liviana, inicialmente sólo del lado de sotavento, aunque conforme va avanzando el fuego se agrega leña hasta que la lumbre ha recorrido totalmente la pila de cerámica. A esta madera se le denomina "de tapa".

3.1.2. La leña de cama

La característica más importante de la leña de cama es su delgadez: El diámetro más grande que se encontró entre la leña que había sido cortada para este propósito fue de 2 cm. Aunque hay ciertas especies que se utilizan con mayor frecuencia, cualquier rama es buena, siempre que sea estrecha. Sin embargo, la utilización exclusiva de las especies que dejan muchas brasas puede resultar en el despostillado de la mercancía. Cuando se tiene solamente madera de este tipo, el problema se puede evitar mezclándola con "basura": leña podrida, paja etc.

Las especies más utilizadas para la cama son, quizá por su gran abundancia en la zona, las siguientes:

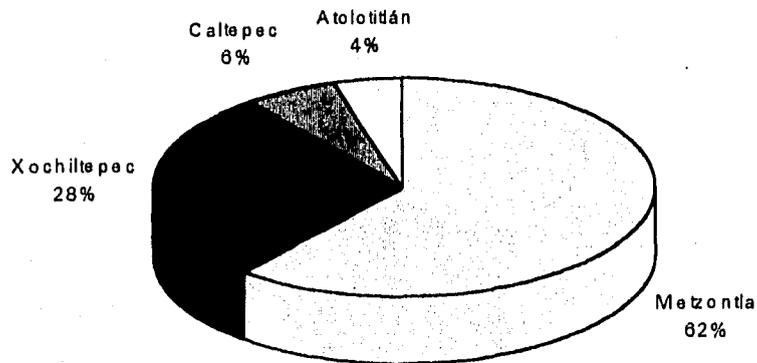
| | |
|-------------------|--|
| Orégano | <i>Lippia graveolens</i> Kunth. (Verbenaceae) |
| Guajillo | <i>Acacia constricta</i> Benth. (Mimosaceae) |
| Cuapiojo amarillo | <i>Montanoa mollissima</i> Brogn. ex Groenl. (Compositae) |
| Cuapiojo blanco | <i>Montanoa leucantha</i> (Lagasca & Segura) S.F. Blake (Compositae) |
| Cuapiojo negro | <i>Montanoa tomentosa</i> Cerv. (Compositae) |
| Pirul | <i>Schinus molle</i> L. (Anacardiaceae) |
| Mezquite | <i>Prosopis laevigata</i> Humb. (Mimosaceae) |
| Sierrecilla | <i>Acacia subangulata</i> Rose (Mimosaceae) |
| Tepeguaje | <i>Leucaena</i> sp. Aut. (Mimosaceae) |
| Garabato | |
| Tostadillo | |
| Cosahuate | <i>Ipomoea arborescens</i> G. Don. (Convolvulaceae) |
| Palo blanco | <i>Lysiloma</i> sp. Aut. (Caesalpinaceae) |
| Cardón | <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber) Backeb. <i>Neobuxbaumia macrocephala</i> (F.A.C. Weber) Dawson. (Cactaceae) |

La diversidad de especies que se utilizan como leña de cama es mucho mayor, incluyendo virtualmente a todas las plantas leñosas de la zona. Solamente ciertas plantas no son extensamente utilizadas como combustible, como por ejemplo algunas medicinales. La percepción de las plantas como recurso terapéutico no impide, de cualquier manera, que las ramas secas sean incluidas eventualmente como leña. Una lista completa de las plantas útiles en las quemas e incluye como apéndice B.

Esta enorme variedad de plantas ha evitado que el recurso se vuelva tan escaso como en el caso de la leña de tapa (ver adelante). Aún un 62% (IC95% 56.6% - 67.4%) de la leña de cama consumida en Los Reyes procede de los terrenos del propio pueblo, mientras que el resto procede de las comunidades vecinas (Figura 3.1). Compárese este dato con el de leña de tapa proporcionado más adelante.

La proporción de especies en las cargas de leña que se colectan en Los Reyes y en las cargas compradas no es significativamente diferente ($\chi^2 = 10.09$, 12 G.L., $p = 0.61$). La figura 3.2 muestra la proporción de especies utilizadas globalmente. En esta figura se muestra el porcentaje de veces que las especies fueron mencionadas en las entrevistas, y no una relación estricta entre biomásas.

Figura 3.1
Procedencia de la leña de cama



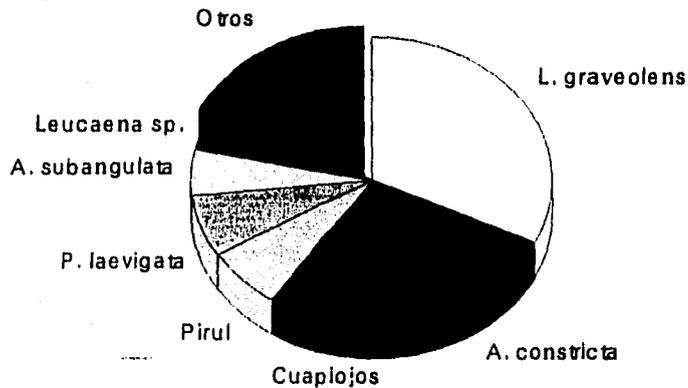
Aún un 62% de la leña de cama es colectada en los terrenos del pueblo de Los Reyes. El resto proviene de otros pueblos, especialmente Xochiltepec. Las proporciones se calcularon con relación al número de cargas de burro utilizadas por 51 familias.

3.1.3. La leña de tapa.

Las leña de tapa tiene características diferentes. Se buscan especies que puedan recubrir la pila de cerámica que se va a cocer, y por lo tanto se incluyen troncos más gruesos que en el caso de leña de cama, o bien pencas de maguey. Siempre se incluyen maderas ligeras, de combustión rápida que no dejan brasas, ya que un exceso de calor quiebra la cerámica.

Además de garantizar un calor más homogéneo, que proceda de todas direcciones, dentro del tendido de loza, la leña de tapa asegura la combustión total del negro de humo que se adhiere a la cerámica durante la quema, y que le da un aspecto negruzco. Para asegurar esto se buscan especies no muy resinosas, y se usa leña muy seca. Excepción a esto es el chichipe (*Polaskia chichipe*), también llamado "resina", que se utiliza extensamente en época de lluvias debido a su capacidad para arder aún cuando está húmedo.

Figura 3.2
Frecuencia de mención de especies de leña de cama



Se muestra la frecuencia con que se los artesanos señalaron tener cargas de leña de cada especie, por lo que la figura no muestra una relación entre biomásas

Las especies que se utilizan para leña de tapa son las siguientes:

| | |
|-------------------------|---|
| Cosahuate | <i>Ipomoea arborescens</i> G. Don. (Convolvulaceae) |
| Izote | <i>Yucca periculosa</i> F. Baker. (Agavaceae) |
| Magüey azul | <i>Agave macroacantha</i> Zucc. (Agavaceae) |
| Magüey cimarrón | <i>Agave</i> sp. (Agavaceae). |
| Magüey ixtilero | <i>Agave peacockii</i> Croucher (Agavaceae) |
| Papalomel | <i>Agave verschaffeltii</i> (Agavaceae) |
| Magüey de potrero | <i>Agave marmorata</i> Roehl. (Agavaceae) |
| Sotolin | <i>Beaucarnea gracilis</i> Lem. (Nolinaceae) |
| Sotole, Otate | <i>Nolina longifolia</i> (Schultes) Hemsley. (Nolinaceae) |
| Nopal | <i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber. (Cactaceae) |
| Chichipe, Resina | <i>Polaskia chichipe</i> (Goselin) Backeb. (Cactaceae) |
| Cacaloxochitl, Soluche, | <i>Plumeria rubra</i> L. (Apocynaceae) |
| Calosuche | |
| Consuelda | <i>Pittocaulon praecox</i> (Cav) H. Rob & Brettel (Compositae) |
| Copalillo | <i>Bursera</i> spp (4 especies) . (Burseraceae) |

La situación de la leña de tapa es alarmante. Como se muestra en la figura 3.3, sólo el 9% (IC95% 7.7% - 10.3%) del material proviene de los cerros del pueblo; el 91% restante es comprado, especialmente a la población de Xochiltepec. La diferencia entre la condición de la leña de tapa y la de cama puede deberse a la escasa variedad de la leña de tapa que se utiliza en las quemas, como se puede apreciar en la figura 3.4. Al diferencia de lo que sucede con la leña de cama, la leña de tapa comprada tiene una diferente composición de especies, dominada por *I. arborescens* y *Y. periculosa*, mientras que la diversidad de la leña colectada es mayor.

3.1.4. La cantidad de leña utilizada

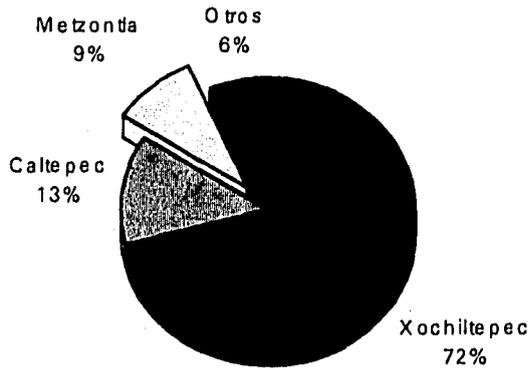
En términos de biomasa, una quema significa en promedio 2.15 cargas de leña de tapa y 2 cargas de leña de cama, cantidad que se ve muy poco afectada por la cantidad de loza que se produzca ($R^2 = 0.23$). Cada carga de leña de tapa pesa 46.69 kg. (**I.C.95% 37.49 - 55.90), mientras que la de cama pesa 51.63 (IC95% 35.17 - 62.95) kg., lo que significa un total de 203.64 kg. de madera en cada remesa de cerámica (64.3 piezas en promedio).

3.1.5. Balance económico

El alto porcentaje de leña que se compra a otras poblaciones representa un fuerte desembolso por parte de los alfareros, que deben pagar por la carga de leña un precio que oscila entre los \$6.00 y \$9.00. Este dinero puede provenir de otras ventas de cerámica, sin embargo, un 14% de las ventas se efectúan por medio del trueque y un 32% generan recursos mixtos de trueque y dinero en efectivo.

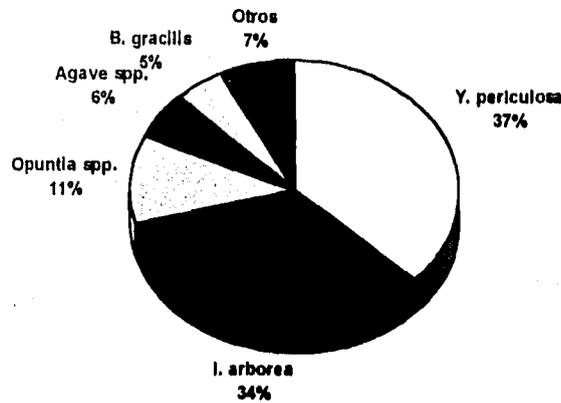
Un análisis basado sólo en las encuestas respondidas por aquellos artesanos que habían canjeado sus artículos sólo por dinero en efectivo revela que en promedio un 19% de las ganancias obtenidas son empleadas en la compra de leña. Sin embargo, el rubro donde más se invierte es el transporte (con el 31%), y los alimentos que se consumen en el sitio de venta de la loza (9%) representan otro gasto importante. En las familias en las que el padre ha marchado a la zafra en Morelos, es común que el barro se compre a otras personas, lo que también puede significar un desembolso substancial (figura 3.5). El caso de los alfareros que comercian mediante el trueque es similar, ya que esta forma de venta es común sobre todo en pueblos pequeños y aislados, a los que hay que transportar la cerámica. El viaje se contrata con alguien que posea un camión y dura algunos días debido a la gran cantidad de cerámica que se fabrica para aprovechar al máximo un desplazamiento tan largo. La medida habitual del trueque es cambiar la loza por la cantidad de maíz

Figura 3.3
Procedencia de la leña de tapa



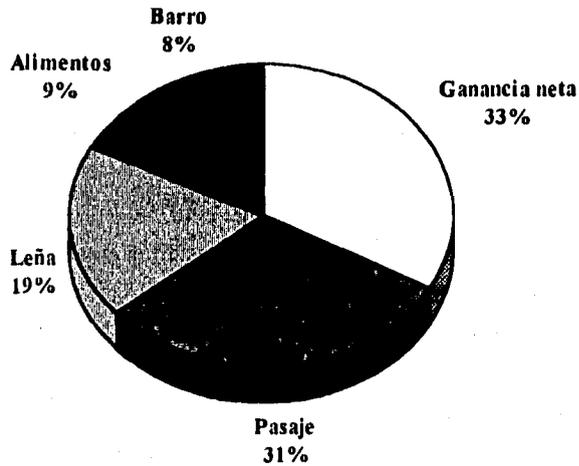
Se muestra la proporción de la biomasa utilizada como leña que procede de Los Reyes y de otras partes. Es notable la escasa cantidad de leña que es de origen local

Figura 3.4
Proporción de pesos de especies utilizadas



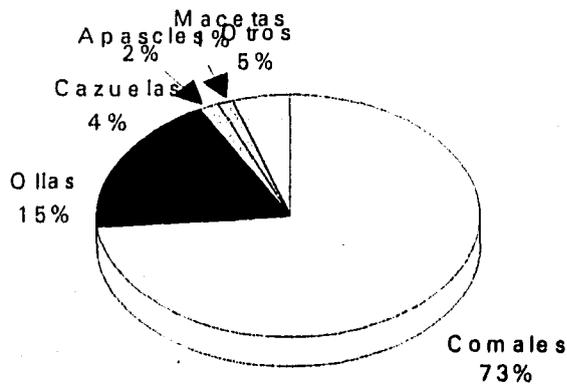
La figura muestra la proporción que guardan los pesos de las diferentes especies en una carga promedio de leña de cama.

Figura 3.5
Relación entre gastos y ganancias en la venta de la cerámica



Se representa el destino que tiene el dinero en proporción respecto a la ganancia total obtenida de la venta de una remesa de cerámica, basándose en 51 entrevistas.

Figura 3.6.
Proporción de piezas fabricadas por artesanos de Los Reyes Metzontla

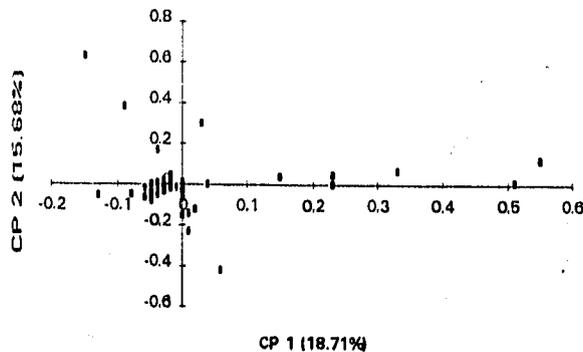


La producción de comales es la más importante en Los Reyes, seguida de algunos artículos de cocina.

que le quepa, pero de éste, la mitad es para el dueño del vehículo, y frecuentemente los gastos de gasolina también corren por cuenta del artesano.

El 47% de la cerámica se vende en Tehuacán, que es donde se obtiene gran parte del efectivo que circula en Metzontla. Tal vez debido a una saturación del mercado (el 71% de las piezas que se venden son comales, figura 3.6.), el precio promedio por cada ejemplar es de N\$1.68, lo que se traduce en N\$108.03 por toda la producción de cerámica, de los cuales sólo N\$35.72 son para el artesano, ingreso que se reparte entre los 6.5 miembros que tiene una familia en promedio, ya que no hay correlación entre el tamaño de la familia y el ingreso ($R^2=0.0031$). El análisis de componentes principales nos muestra cómo una parte importante de los alfareros se concentra en fabricar las mismas piezas en proporciones similares, como se aprecia en el muy denso cúmulo central de la figura 3.7. Aquí se grafican los 3 primeros componentes, que explican el 48.15% de la varianza. No se encontró relación entre la ordenación de los conjuntos de loza que cada artesano produce y otras variables como sitio de venta, cantidad de leña ocupada, o remuneración económica; tan sólo los encargos especiales de loza se salen de lo común y se hallan en las orillas. Ello es de esperarse, ya que de ser loza común no habría necesidad de encargarla.

Figura 3.7.
Análisis de componentes principales para la producción de cerámica



La gran concentración de puntos en el cúmulo central con sólo algunos datos extremosos señala que la mayor parte de los artesanos trabajan cantidades y tipos similares de cerámica.

3.1.6. Consecuencias ambientales

La zona se recorrió casi en su totalidad a fin de hacer un reconocimiento de la situación ambiental. La intervención humana ha provocado daños muy serios en la región, y aunque no muchas veces se puede reconocer claramente cuál es la causa primera, se reconocen como producto de la extracción de leña, el pastoreo, la agricultura y otras.

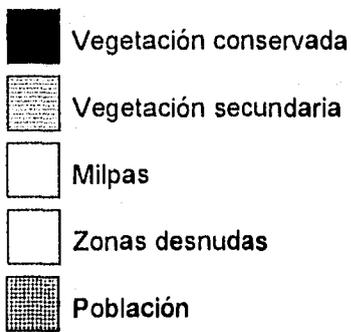
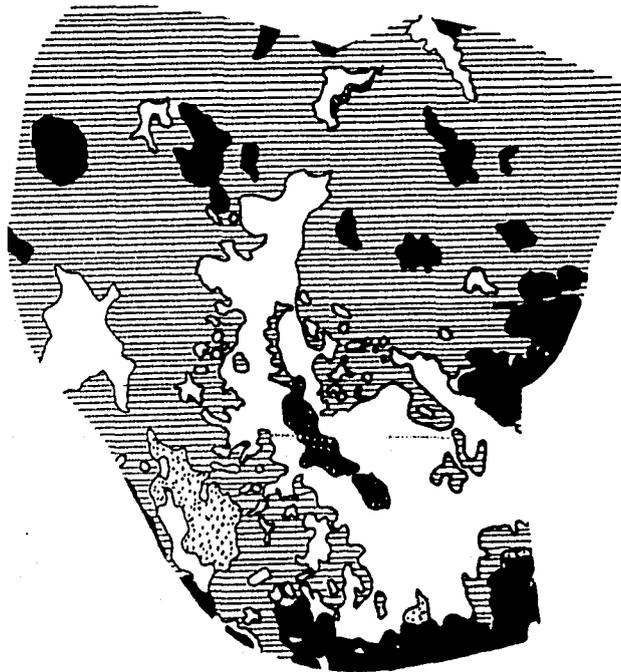
La erosión es un fenómeno muy común en la zona, observado también por Valiente-Banuet *et al.* (en preparación) que la calificaron entre los peores niveles observados en el valle. Es frecuente encontrar cárcavas de erosión extensas y profundas, en ocasiones llegando a la destrucción total del suelo, dejando sólo un roquerío o una plancha de caliche. Sin embargo esta destrucción es el resultado de otros procesos que y se aceleran unos a otros, presentados aquí en forma más o menos secuencial:

1. La cubierta vegetal se ve reducida por actividades silvopastorales. La extracción de leña y el pastoreo de cabras están intensificados probablemente mucho más allá de la capacidad de carga de la vegetación natural, y ésta se encuentra en recesión. Con ayuda de las observaciones en el campo se fueron identificando las diferentes áreas visitadas y los límites donde la vegetación cambia sobre un grupo de fotografías aéreas 1:75000 de 1985 y se reconstruyó lo que era la cubierta vegetal en la zona, como se ve en la figura 3.8. La zona indicada como vegetación secundaria se aprecia claramente en las fotografías como una región con vegetación difusa, a diferencia de las regiones marcadas en negro, donde la densidad es mucho mayor. Estas áreas conservadas se encuentran habitualmente en las puntas de los cerros más alejados del pueblo.

En la figura 3.9. se señalan los porcentajes ocupados por las diferentes clases de vegetación encontradas. De éstas, la más abundante es la vegetación secundaria, con una mala cobertura y gran cantidad de caminos "chiveros", que representa el 62% con 2574.6 Ha, seguida de 995.1 Ha (24%) de milpas. Ésto deja muy poca superficie a las zonas más conservadas, con 453.9 Ha (11%). El 3% (129.9 Ha) restante está ocupado por zonas urbanas y superficies de caliche desnudas, inadecuadas para el cultivo. El total de 4135.5 Ha no coincide exactamente con el área de Los Reyes (3948 Ha) debido a pequeños errores en la delimitación exacta del terreno, pero la diferencia es tan pequeña que permite una buena aproximación.

2. Destrucción de suelos por pastoreo. Tras la destrucción de la cubierta vegetal es común que el ganado destruya el suelo al compactarlo (Olsson y Rapp 1991). Es muy frecuente ver en el pueblo cerros completamente estriados, donde cerca del 50% de la superficie está ocupada por los caminos

Figura 3.8.
Cubierta vegetal y disturbio en
Los Reyes Metzontla

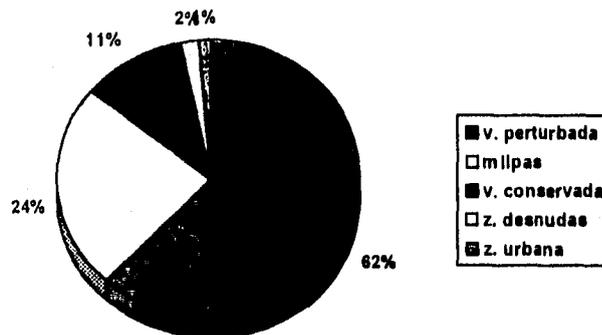


Mapa 1 : 75, 000 de Los Reyes Metzontla. Se muestra el estado de la cubierta vegetal en diferentes zonas. Para una descripción de las categorías, véase el texto.

que siguen los rebaños de cabras, y donde nada crece. A los lados de estos accesos la vegetación está severamente dañada, con arbustos y arbolitos enanos de crecimiento más bien fruticoso como resultado de la "poda" constante. Como resultado de esta disminución de la cubierta vegetal los suelos se erosionan.

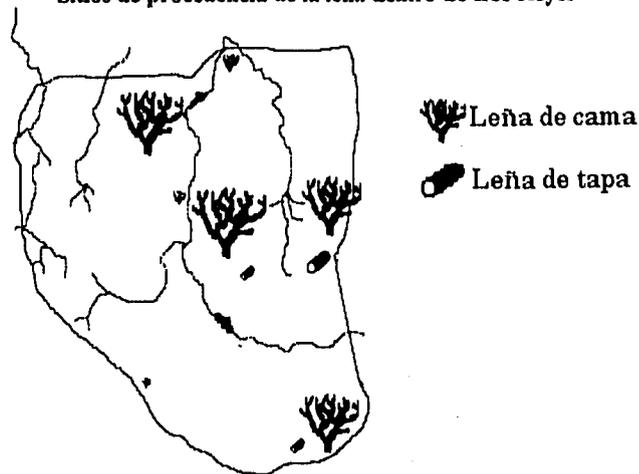
Si comparamos el mapa de vegetación con uno donde se representen los sitios de donde la leña se extrae actualmente (Figura 3.10), veremos que éstos coinciden con lo que en 1985 fueron zonas conservadas. En efecto, incluso estos sitios muestran ya los síntomas más tempranos (y no tan tempranos) de la transición hacia la vegetación más rala. Nótese que ninguno de los artesanos entrevistados extrae actualmente su leña de la región de Barranca Pizarro, de donde provenía la mayor parte de la leña en 1991 (Valiente-Banuet, comunicación personal).

Figura 3.9.
Superficie proporcional de las clases de cubierta vegetal
descritas para Los Reyes Metzontla



Se aprecia la destrucción ambiental en la región, de cerca de 90% de la superficie total. Véase el texto para más detalles.

Figura 3.10.
Sitios de procedencia de la leña dentro de Los Reyes



El tamaño de los símbolos es proporcional a la tasa de extracción de la leña en cada sitio. Barranca Pizarro es el río que está situado más al occidente.

3.2. Germinación

3.2.1. Observaciones generales

Las curvas de germinación (derivadas de las medias para las cuatro réplicas de cada tratamiento) que resultaron de los experimentos están representadas gráficamente en la figura 3.11. En ellas se pueden apreciar las tasas de germinación y el número total de semillas germinadas. Los resultados de las ANOVAS se reportan en el apéndice E.

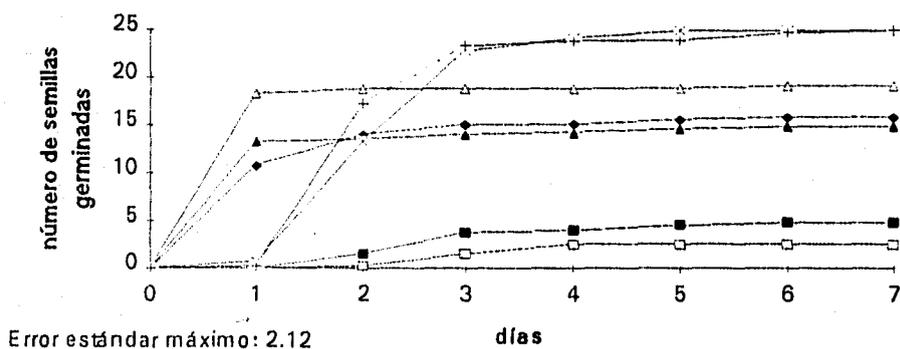
En general encontramos porcentajes de germinación altos para al menos un tratamiento en muchas especies (salvo en las familias Asteraceae, Burseraceae, Cactaceae y Crassulaceae), lo que significa que la latencia se rompió exitosamente.

Muchas especies germinaron en periodos de horas hasta alcanzar niveles de cerca del 100% (Véase por ejemplo *B. gracilis*, *N. logifolia*, *Acacia* sp., *A. peacockii*, *A. verschaffeltii*.), aunque en algunos casos el periodo se extendía hasta a 2 días. Sólo unas semillas brotaron tras varias fechas, lo que está asociado con su baja germinación (Grime *et al.* 1981). En varias especies se observó una germinación muy considerable aún antes de la siembra en los tratamientos de imbibición en agua (por ejemplo *M. tomentosa*, *A. peacockii*, entre muchos otros).

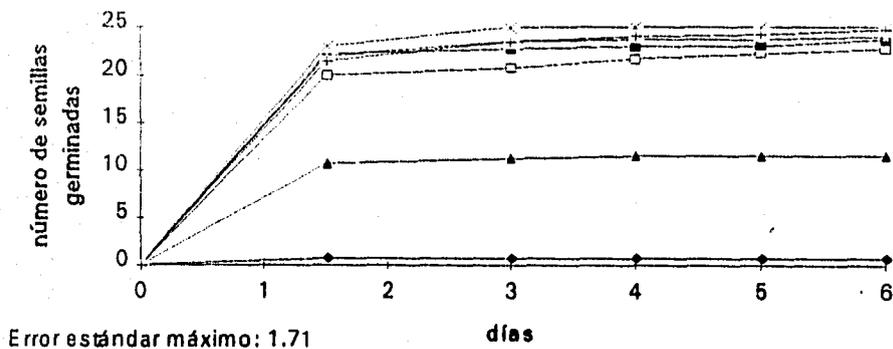
Figura 3.11
Curvas de germinación para 23 especies de plantas útiles.

Simbología
 Ácido 1 hora —■—
 Ácido 4 horas —□—
 Agua 48 horas —▲—
 Agua 24 horas —◆—
 Agua 12 horas —△—
 Escarificación —×—
 Testigo —+—

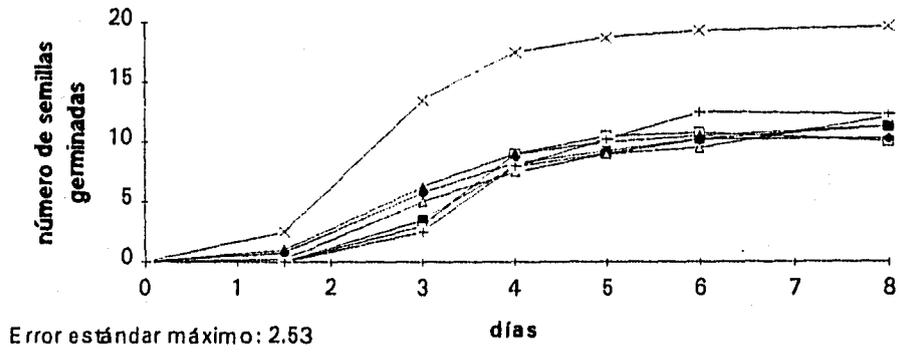
Acacia subangulata



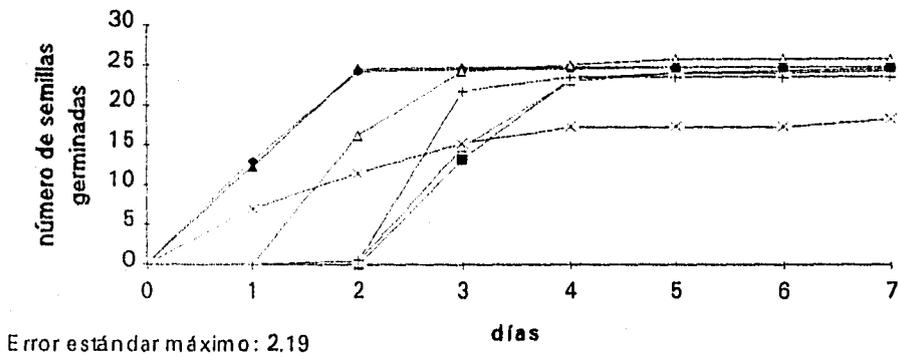
Acacia sp.



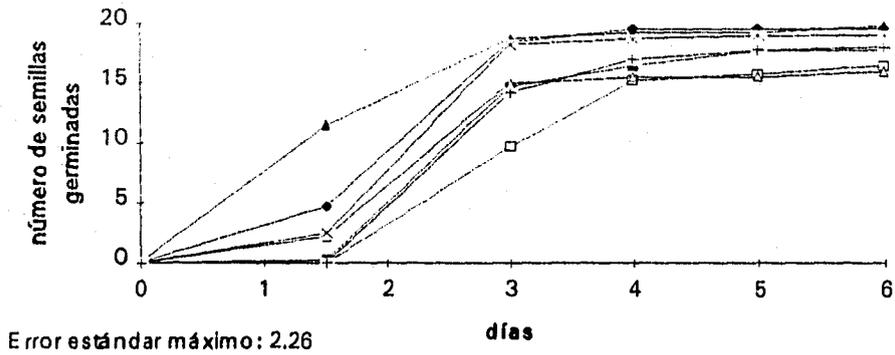
Agave macracantha



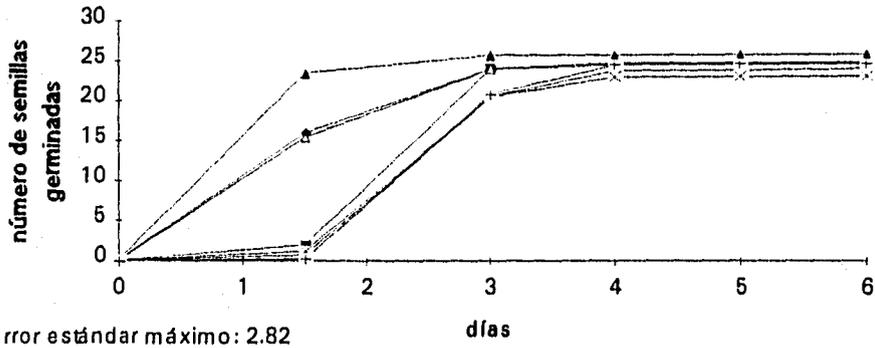
Agave peacockii



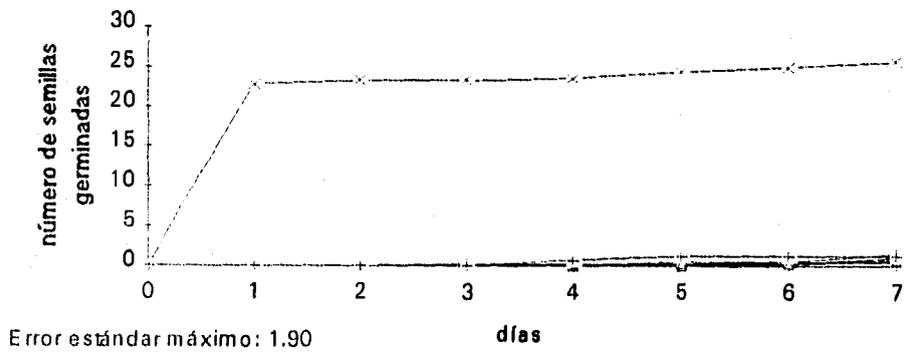
Agave sp.



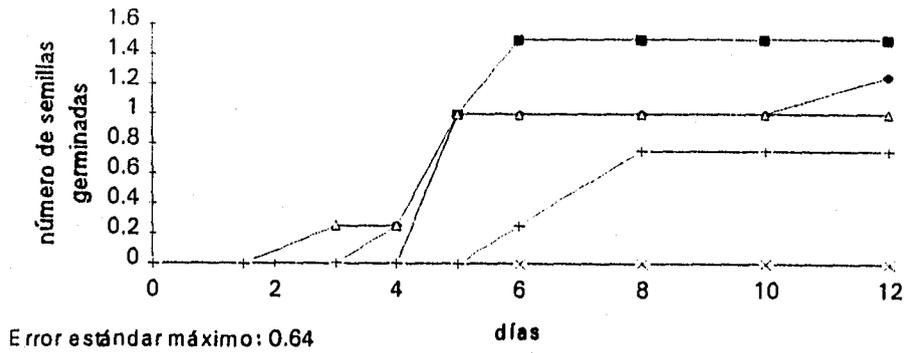
Agave verschaffeltii



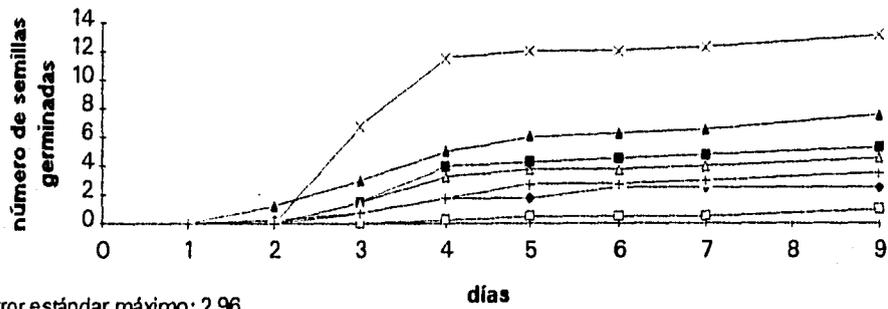
Beaucarnea gracilis



Bursera sp.

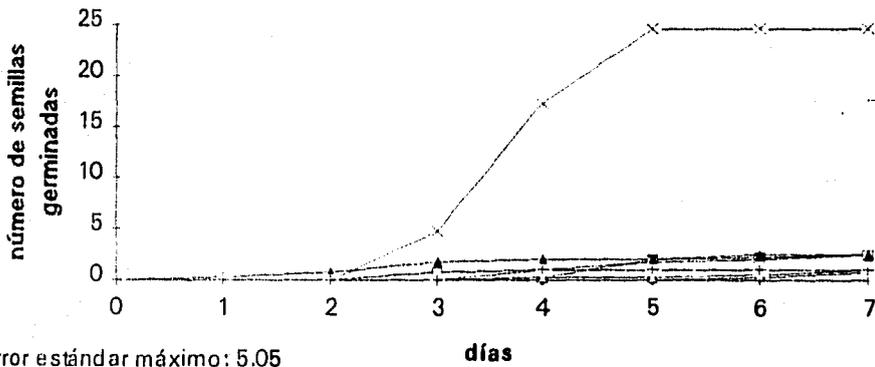


Caesalpinia sp.



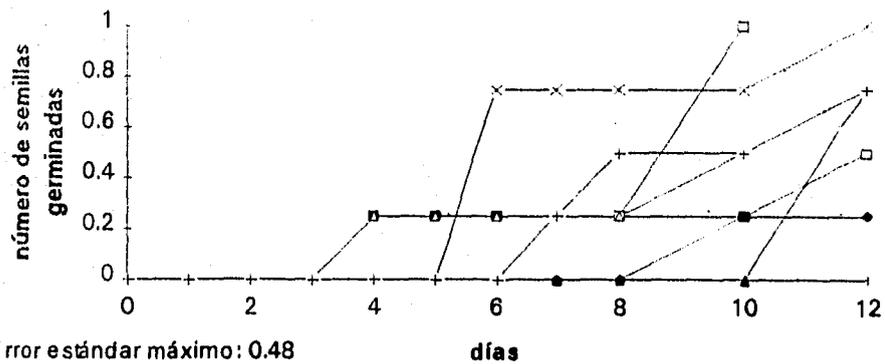
Error estándar máximo: 2.96

Cercidium praecox



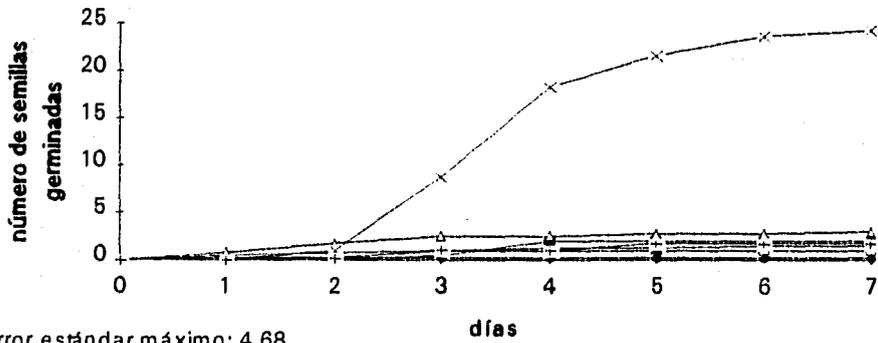
Error estándar máximo: 5.05

Gochnatia hypoleuca

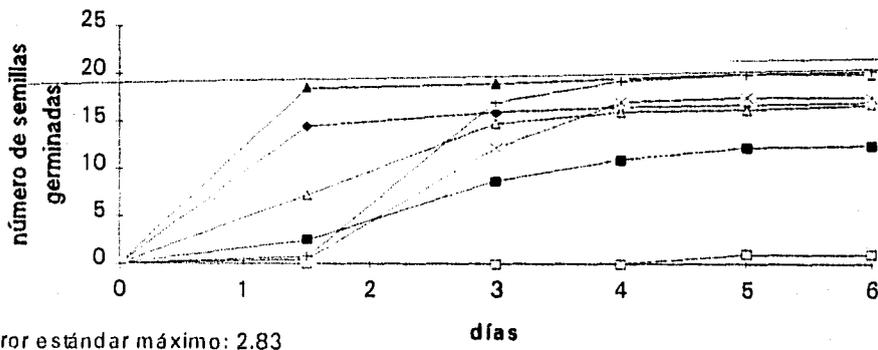


Error estándar máximo: 0.48

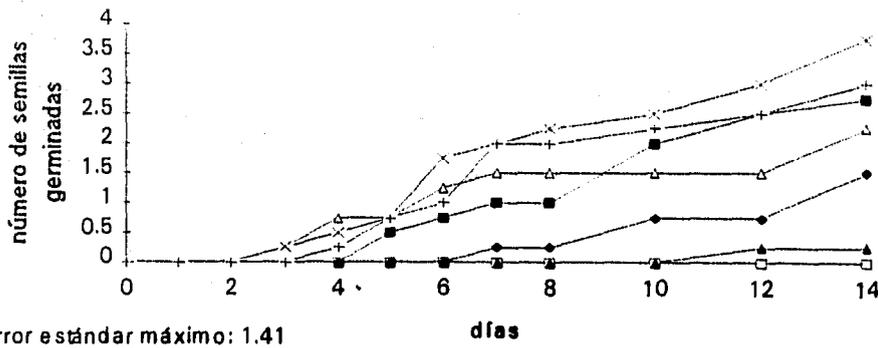
Ipomoea arborescens



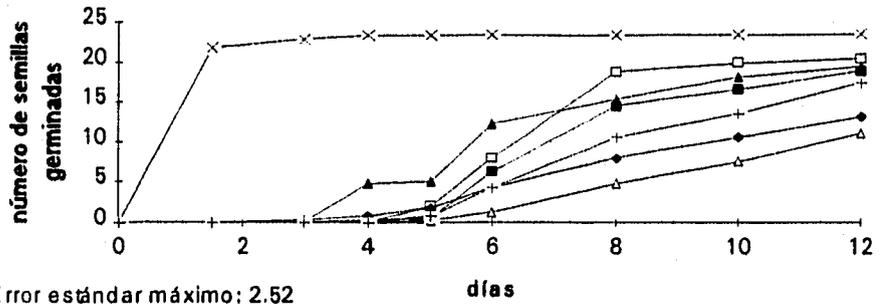
Montanoa tomentosa



Montanoa leucantha

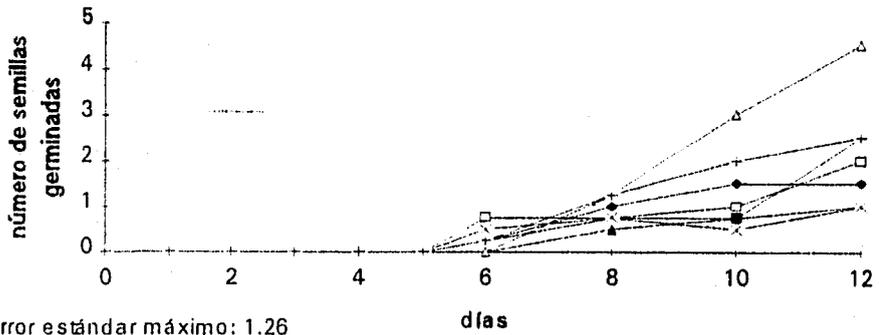


Nolina longifolia



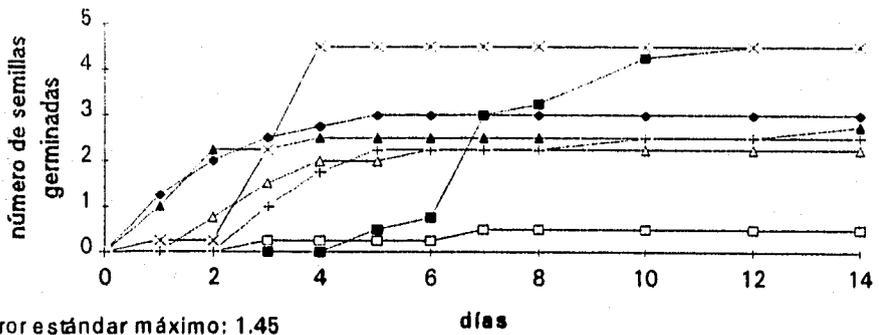
Error estándar máximo: 2.52

Opuntia pilifera



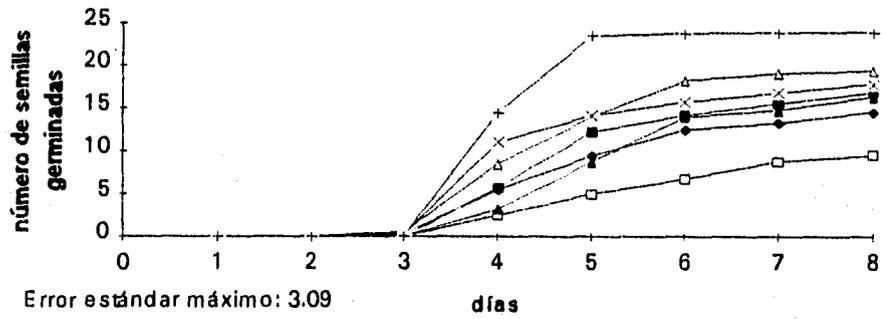
Error estándar máximo: 1.26

Pittocaulon praecox

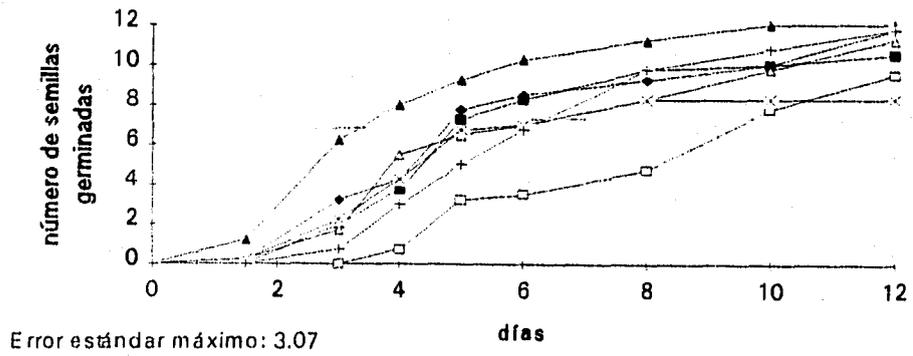


Error estándar máximo: 1.45

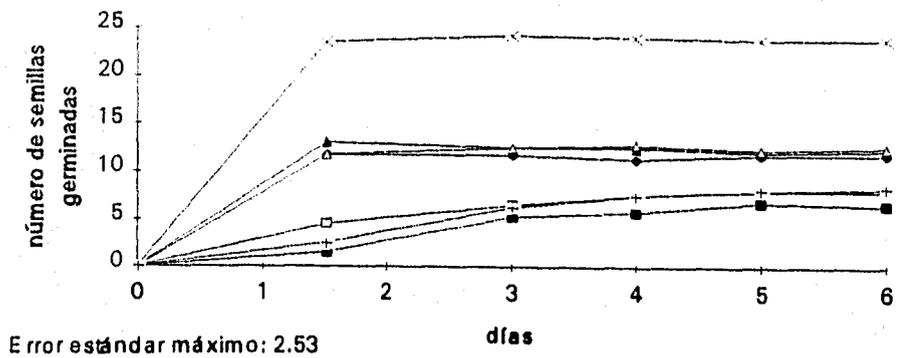
Plumeria rubra



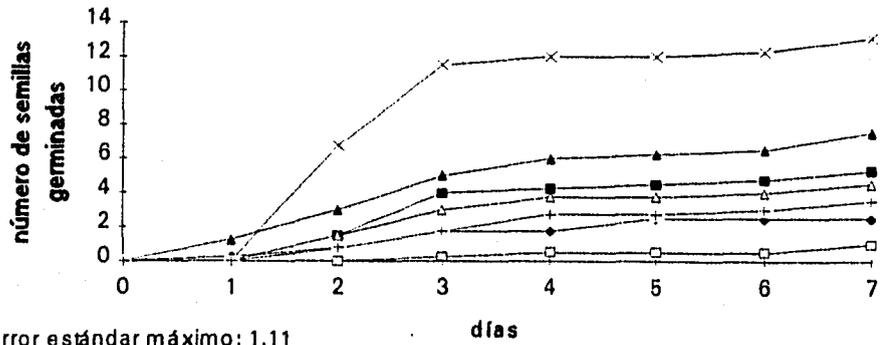
Polaskia chichipe



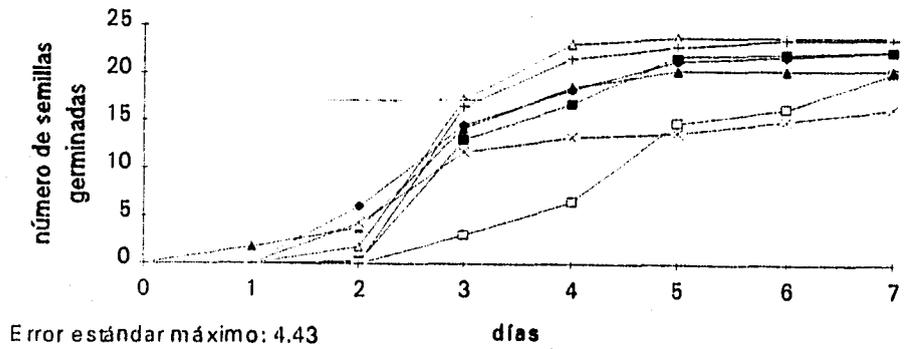
Prosopis laevigata



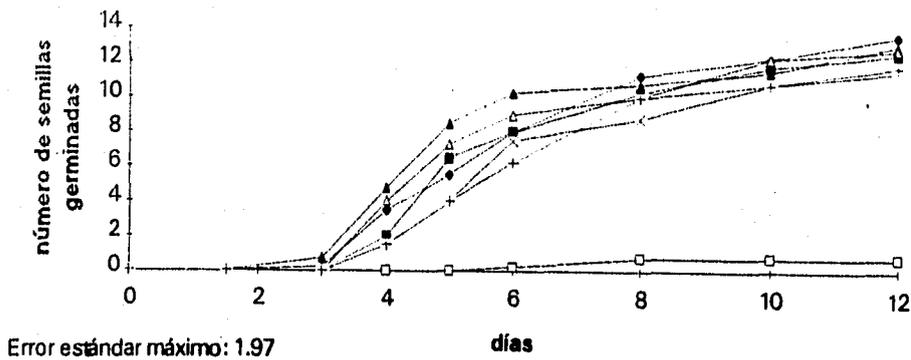
Senna sp



Tecoma stans



Yucca periculosa

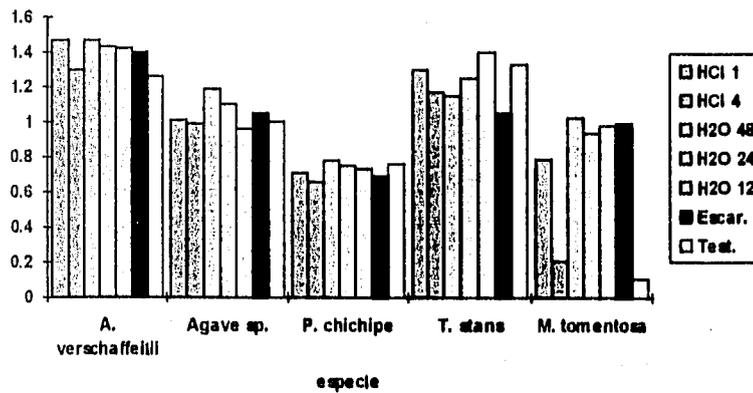


Algunas semillas de leguminosas (*A. subangulata*, *Acacia* sp.) aparentemente aseguran una buena provisión de agua para el desarrollo inmediato del embrión acumulándola en cantidades muy grandes en pocas horas, aún antes de que haya actividad visible en la radícula. En ambas especies se observó que los cotiledones duplicaron su volumen en 6 u 8 horas, y a tras las 12 horas la testa se rompía por la presión interna.

3.2.2. Formas de latencia encontradas

Los resultados de los experimentos están llenos de particularidades, y se requiere simplificarlos para poder hacer una interpretación. Para ello se formaron grupos de especies con características similares. Se reconocieron, en términos de número final de semillas germinadas, los siguientes grupos de especies:

Figura 3.12.
Germinación total de especies sin latencia



Se presenta el número final de semillas germinadas para aquellas especies que no requirieron ningún tratamiento para germinar.

. **Semillas sin latencia.** Los testigos de estas especies germinaron tan bien o mejor que las semillas sometidas a otros tratamientos. En este grupo hay 9 especies, entre las que se distinguen dos conjuntos:

1a. Semillas sin latencia con germinación igual en varias condiciones, donde no hubieron F significativas y todos los tratamientos mostraron una germinación parecida (*A. verschaffeltii*, *P. chichipe*, *T. stans*, *M. tomentosa* y *Agave* sp. Figura 3.12).

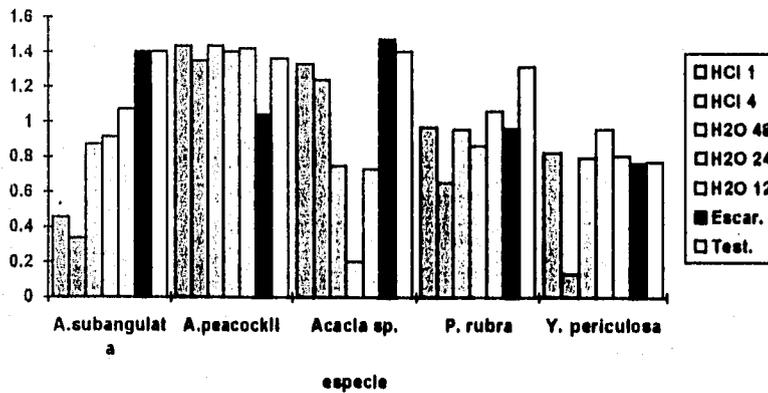
1b. Semillas sin latencia que pueden verse afectadas por algunas condiciones, donde los tratamientos reducían el número de semillas que germinaba, posiblemente al causar daño al embrión. Los factores que se registraron reduciendo la viabilidad de las semillas fueron el ácido durante 4 horas (*Y. periculosa*, *A. subangulata*, *P. rubra*), la escarificación (*A. peacockii*, *P. rubra*, donde se maltrató la radícula) y largos períodos de inmersión en agua (*A. subangulata*, *Acacia* sp., donde al abrirse la testa se establecían levaduras en el embrión, y *P. rubra*) (figura 3.13.)

2. **Semillas con testas duras o impermeables.** Para fomentar el desarrollo en esta agrupación es preciso que la testa sea escarificada. Este grupo de 8 especies se divide en 2:

2a. Semillas que requieren escarificación obligatoriamente, y no hay germinación apreciable bajo ningún otro tratamiento (*B. gracilis*, *Caesalpinia* sp., *C. praecox* y *I. arborescens*, figura 3.14.)

Figura 3.13

Germinación total de semillas sin latencia que resultaron dañadas



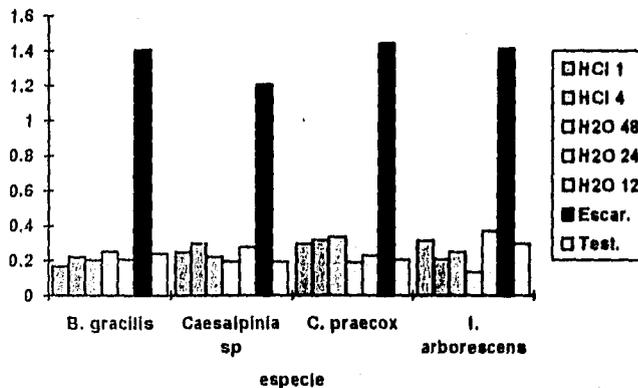
Se presenta el número final de semillas germinadas para aquellas especies sin latencia pero que resultaron afectadas negativamente por los tratamientos de germinación

2b. Semillas que requieren escarificación preferentemente, ya que incrementa la germinación, aunque un porcentaje considerable de semillas dentro del grupo testigo son capaces de nacer (*A. macroacantha*, *N. longifolia*, *P. laevigata* y *Senna* sp., figura 3.15.).

3. Semillas que permanecieron latentes. Seis especies caen dentro de este grupo (la mitad son compuestas). Creemos que dichas especies contenían embriones inmaduros o tenían requerimientos precisos de temperatura y/o luz que no fueron satisfechos en el laboratorio. Es improbable que se trate de un fenómeno de latencia estacional, ya que se procuró coincidir con la época de lluvias que iniciaba en la región bajo estudio (*Bursera* sp., *G. hypoleuca*, *M. leucantha*, *O. pilifera*, *P. praecox*, y *Sedum* sp., figura 3.16.).

Figura 3.14.

Semillas que requieren escarificación



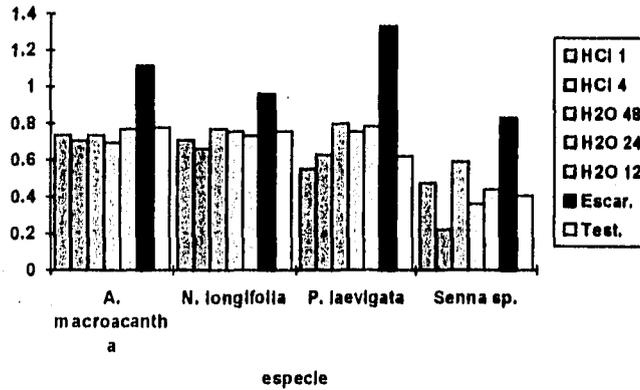
Se presenta el número final de semillas germinadas para aquellas especies que requieren escarificación en forma obligada para germinar

Respecto a las tasas de germinación, se observa que las diferencias son inexistentes (13 especies) o bien germinan antes si se imbiben (6 especies). La imbibición provoca una más rápida germinación al reducir en 1 ó 2 días el tiempo de imbibición en el agua, es decir, no hay un efecto de remoción de inhibidores sino un adelanto en la absorción de agua que no tiene ningún significado biológico. Por último, 5 especies germinan antes si se escarifican, y son todas especies del grupo 2, por lo que la tasa no brinda información nueva. En general, pues, la aceleración en la germinación que se logra con nuestros tratamientos no es lo suficientemente grande como para justificarlos en un sentido

práctico, y carecen de información biológica relevante, por lo que no se discutirán aquí. Los resultados de las ANOVAS se reportan en el apéndice E.

Figura 3.15.

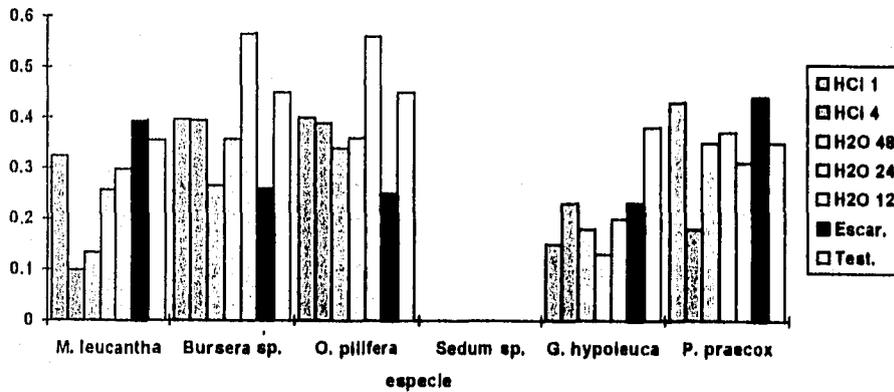
Semillas que se ven beneficiadas por la escarificación



Se presenta el número final de semillas germinadas para aquellas especies que germinan en mayor número si se escarifican, pero que al menos en parte pueden prescindir de ello.

Figura 3.16.

Semillas inmaduras



Se presenta el número final de semillas germinadas para aquellas especies que permanecieron latentes por estar inmaduras.

4. Discusión

4.1. La situación actual en Los Reyes Metzontla

4.1.1. La producción artesanal

Una de las características más evidentes de la cerámica de Los Reyes es la escasa variedad de piezas producidas. El grueso de la producción está conformado por los comales (figura 3.6.), y en general no existen diferencias en la composición de las remesas de cerámica de diferentes alfareros, como se ve en el análisis de componentes principales (figura 3.7.), donde sólo el 27% de los puntos están por fuera del cúmulo central. Una parte importante de dichos puntos está constituida por encargos especiales, cuya composición se sale de lo común.

Los alfareros confeccionan las piezas que mejor se venden, en especial comales. Éstos constituyen proporciones casi idénticas (79.65% y 80.25%) tanto en las cargas vendidas en Tehuacán como en otras poblaciones¹. Aún así la composición difiere significativamente entre ambos conjuntos ($\chi^2 = 104.5$, G.L. = 7 $p \approx 0$), sobre todo por la presencia de piezas tales como platos y macetas que son consumidos preferentemente en el mercado urbano, aunque constituyen un porcentaje muy bajo del producto. El resultado es que, en general, se nos muestra una demanda análoga en ambos sitios.

La razón para esta intensa producción de comales puede ser la introducción de artículos de peltre, la cual ha desplazado a las piezas de barro por su precio y resistencia, como lo expresó un informante. Sin embargo, no se emplean comales de este material. Como consecuencia la cerámica se ha depreciado por 2 razones: primera, los artesanos de Los Reyes se han especializado en estas piezas, probablemente inundando el mercado (entre 1000 y 2000 comales son vendidos semanalmente en la Ciudad de Tehuacán) desde hace al menos 40 años (Foster 1955); y segunda, como resultado de la competencia del peltre, las piezas poco comunes tienen precios igualmente bajos, como lo muestra la correlación no significativa ($r^2 = 2\%$) entre la distancia al cúmulo central en el análisis de componentes principales (esta distancia marca el grado de disimilitud de la producción de cada artesano respecto a la muy frecuente "producción típica") y las ganancias del artesano. De ser la saturación del mercado la principal causa de depreciación, se esperaría que estos alfareros tuviesen ganancias mayores.

En lo referente a la relación entre el consumo de leña y la producción artesanal se encuentra un panorama confuso. No existe correlación significativa entre cantidad de piezas producidas y leña

¹ Eliminando del análisis los pedidos especiales.

ocupada, ni entre la composición de la mercancía (medida como el primer componente principal) y el consumo de combustible. La variación entre alfareros parece ser muy alta. Se observó que los artesanos que compran su leña usan un 30% menos cargas de leña por pieza de barro que aquellos que la colectan, aunque esta diferencia no es significativa ($p = 0.12$). Otra fuente de variación importante pueden ser las diferencias en la forma de efectuar la quema (sección 3.1.) y la gran variación en pesos entre cargas (obsérvese la gran amplitud del IC en la sección 3.1.4).

De todo lo anterior se puede concluir que existen muchas estrategias que conducen al mismo resultado tanto en lo económico como en lo ecológico. Ello sugiere que existe "tela de donde cortar" en la búsqueda de alternativas tecnológicas y comerciales que sean más eficientes en el uso de insumos y resulten en mayores rendimientos, aunque la misma variabilidad nos impida ver alguna tendencia obvia para lograr esto.

Una forma que parece evidente de lograr la reducción en el consumo de leña es modificar la tecnología que se usa. Debido a la forma en que se efectúan las quemas, gran cantidad de calor es desaprovechada al disiparse en todas direcciones. La colocación de la cerámica apoyada en un murito de piedra quizá disminuye significativamente el consumo de combustible, pero bien valdría la pena la introducción de tecnologías más eficientes para frenar la tasa de deforestación provocada por la artesanía.

4.1.2. Las especies utilizadas

Para comprender las estrategias de uso de la leña para cocción de cerámica en Los Reyes es necesario tener en claro qué es lo que se utiliza con este fin. Ante todo llama la atención la gran cantidad de especies utilizadas. En la lista del presente estudio se incluyen 73 plantas, pero Casas (en preparación) abarca más de 90. De hecho, los informantes coinciden en señalar que se utilizan todas las especies leñosas de la región, número mayor (con mucho) que los datos obtenidos hasta ahora.

Las especies de leña de tapa son sin duda las que más escasean, ya que mientras que el 62% de la leña de cama procede del mismo pueblo, sólo el 9% de la leña de tapa se produce localmente. Probablemente ello se debe a que este material debe cubrir condiciones más delimitadas -- bajo peso específico, diámetro relativamente grueso -- que pocas especies satisfacen, sólo 18 (contra 55 plantas

usadas al tender la cama). Por lo limitado del recurso se puso una especial atención en este grupo, y es improbable que se ocupen muchas más especies en este rubro.

El listado de plantas de cama refleja por un lado la disponibilidad de diferentes especies ruderales que crecen vigorosamente en milpas abandonadas. Especialmente *Acacia constricta*, *Montanoa* spp. y *Lippia graveolens* se distinguen por este comportamiento, y son las especies más utilizadas y las que el artesano siempre tiene presentes. Su abundancia seguramente explica, al menos parcialmente, por qué aún un porcentaje alto de leña de cama se obtiene en terrenos de Los Reyes. Observando la figura 3.10, se aprecia que aún una gran considerable de esta madera procede de sitios cercanos a la población, los cuales están degradados (figura 3.8.). Esto apoya la anterior afirmación en cuanto a la importancia de la vegetación secundaria en la producción de leña, mientras que la leña de tapa procede en general de sitios más lejanos, que coinciden en general con vegetación poco perturbada. La ya reducida superficie de esta categoría de vegetación permite prever su destrucción total a corto plazo, como sucedió en Barranca Pizarro en sólo 3 años, periodo dentro del cual es prácticamente imposible implementar cualquier medida de restauración.

Llama la atención la diferencia en composición de especies entre las cargas compradas y las que se producen en Los Reyes, especialmente al tratarse de leña de tapa. Mientras que el material adquirido está compuesto casi exclusivamente de *Ipomoea arborescens*, *Beaucarnea gracilis* y *Yucca periculosa*, el metzonteco se caracteriza por una altísima diversidad. Las causas de este fenómeno pueden ser muchas, aunque es muy probable que la escasez de leña en el pueblo obligue a consumir madera de especies de mala calidad (obsérvese como el material local contiene un 9% de *Polaskia chichipe*, madera que mancha la cerámica con facilidad, mientras que las cargas importadas carecen de esta especie) por las que un artesano no estaría dispuesto a pagar.

Establecer claramente cuales han sido las causas históricas que han desembocado en la diversificación tan grande de plantas útiles en el Valle de Tehuacán, y en particular en Los Reyes, es sumamente complicado, ya que se trata de un proceso que ha tomado miles de años y ha estado sometido a una infinidad de condiciones particulares y cambiantes en el tiempo. Sin embargo es probable que la escasez de recursos pueda jugar un papel importante como al parecer sucede actualmente con la leña usada para cerámica en Metzontla, teniendo por resultado una muy amplia flora útil. La comparación con listados de plantas usadas en otras poblaciones no tan afectadas por la crisis energética aclararía este punto.

Ya señalamos en la sección 1.4. cómo existe un círculo pobreza - intensificación productiva - destrucción ambiental - pobreza, que se va acelerando constantemente. Esta rueda puede explicar la

escasez de leña a nivel local y la diversidad de especies usadas. Hay bastante evidencia que apoya la relación indigencia - naturaleza en la zona de estudio.

4.1.3. Pobreza y destrucción ambiental

La situación económica vivida en Los Reyes Metzontla es muy difícil. El ingreso familiar procedente de la cerámica es mínimo, de sólo N\$35.72, lo que significa un ingreso *per capita*, en una familia promedio, de unos seis pesos cada una o dos semanas, según la frecuencia con la que el artesano acude a vender sus productos. De ahí que Reyes Metzontla corresponde efectivamente a este modelo. Se trata de una de las zonas más pobres del Valle de Tehuacán (Valiente-Banuet *et al.* en preparación). El estado del medio ambiente grave. Durante los recorridos se observaron cerros donde la vegetación se reducía a matorrales enanos a causa del ramoneo constante por parte de las cabras, dispersos entre una infinidad de los caminitos que dichos animales forman al buscar su alimento. La erosión es generalizada y evidente en forma de cárcavas.

Se ha llegado al punto en el cual la leña se ha agotado casi por completo, especialmente en el caso de las especies de tapa (figura 3.3.), y la que resta implica un gran esfuerzo por la lejanía a la que se encuentra. Esta situación, aunada a la escasa producción agrícola es insostenible para los Metzontecos, quienes acuden entonces a otros medios para la obtención de recursos, como la cría de ganado o la venta de mano de obra a la zafra². La solución que los campesinos han adoptado es extensificar las actividades productivas, provocando una mayor degradación. El resultado ha sido el empobrecimiento de los alfareros que ahora hacen un gasto adicional en leña, reduciendo sus ingresos. El suministro de leña gratuita (obtenida dentro del pueblo) significaría un aumento del 57% en las ganancias familiares alcanzadas mediante la venta de loza. La producción interna de combustible representaría un alivio a la situación financiera de los artesanos.

Las dificultades económicas relegan las actividades de restauración ambiental ante una realidad que les demanda un gran esfuerzo destinado a asegurar la supervivencia por lo que se acude a soluciones paliativas como la compra de leña. No se pueden instaurar programas de conservación ecológica sin antes resolver el problema de la seguridad alimentaria de los pueblos (Omás y Salih 1991) Esto no significa que los habitantes de la zona no reconozcan la gravedad del problema; incluso pueden señalar las causas y las consecuencias que traerá esto a futuro. Expresiones como "La situación está crítica", ó "el que tire un árbol debe sembrar para los futuros" y "Hay que cuidar para

² Valiente-Banuet *et al.* (en preparación) reportan inclusive la venta de leña a otras poblaciones.

cosechar", son conceptos que muchos entrevistados expresan espontáneamente en Los Reyes, y es común que la gente manifieste su deseo de reforestar. Sin embargo, la utilización de los suelos con este fin entra en conflicto con otros intereses de los Metzontecos, como son por ejemplo:

- Agricultura: La siembra de parcelas particulares no ha sido una idea bien acogida por los entrevistados, mientras que la siembra en terrenos comunales ha sido cuestionada por muchos otros, alegándose que en éstos las plantas ya crecen de manera espontánea. En general la utilización de terrenos comunales para la reforestación no ha tenido buenos resultados, mientras que las actividades de pequeños grupos (como escuelas) y particulares han tenido mucho mayor éxito (Mgeni 1992), lo que crea un conflicto entre lo que podría ser más eficiente y lo que la gente está dispuesta a aceptar. Por otra parte, existe la tendencia a dejar las mejores tierras a la agricultura, que proporciona un satisfactor más necesario, dejando suelos esqueléticos a la reforestación, lo que la volvería dispendiosa. Este conflicto es remediable mediante agricultura tipo *Taungya*, en la cual plantas leñosas y anuales conviven, además de ser deseable por otras razones que ya hemos discutido (sección 1.4.3.)
- Actividades pastorales: El principal conflicto en este sentido surge en torno a la utilización de Cosahuate (*Ipomoea arborescens*), una de las especies más empleadas en la cocción de cerámica por su excelente calidad para las quemas y su abundancia (De hecho forma, junto con *Yucca periculosa* casi la única especie que se usa en la actualidad). Esta planta produce sus hojas antes de la época de lluvias, y por lo tanto antes que la gran mayoría de las plantas de la región, y las cabras buscan alimentarse de ella, aunque tiene sustancias tóxicas que "emborrachan" al animal y a menudo lo matan, inutilizando la carne que queda "arañada", no apta para su consumo. Un pastor declaró "Nosotros odiamos al Cosahuate. Cuando lo vemos, lo matamos". Esta razón fue suficiente para suspender las actividades de reforestación hace algunos años cuando COPLAMAR (o CONAZA según otras versiones) propuso un plan que incluía *I. arborescens*³

Por otra parte, las cabras forrajejan libremente en los terrenos del pueblo, sin que nadie las vigile. A menudo los animales cruzan incluso al terreno de otros pueblos, y cabras de otras comunidades ingresan a Los Reyes, y existe un acuerdo tácito de regresar las cabras a su pueblo de origen. Esta falta de vigilancia significaría un grave riesgo para los cultivos jóvenes de plantas maderables.

³ El objetivo de este programa no era facilitar leña sino conservar suelos, debido a lo extenso de las raíces de esta especie y su capacidad para crecer en suelos someros

La situación actual del Pueblo también ha traído como consecuencia la migración de trabajadores a otras zonas (Morelos y EE.UU.). Además de los problemas sociales que esto trae, implica un descuido general de la milpas que producen poco y sufren grave erosión. La gran cantidad de tiempo que se invierte habitualmente en la búsqueda de leña también resta atención a las actividades agrícolas. En promedio, la búsqueda de la leña toma 7.49 (IC95% 7.05 -7.93) horas sólo en llegar a los sitios donde todavía hay, los que cada vez están más lejanos.

En resumen: el círculo de degradación y pobreza ha transformado la zona de ser un sitio "privilegiado" con una alta diversidad de especies y ambientes que explotar en una comunidad indigente con escasos bienes. Sin embargo, no todo es atribuible a este proceso. En México la degradación natural a veces ha estado asociada a decisiones de grupos en el poder, a menudo alejados de la realidad campesina (Toledo *et al.* 1985). Ejemplos los tenemos desde hace 500 años con la destrucción de algunos de los más eficientes sistemas indígenas de producción agrícola, como por ejemplo las chinampas, sustituyéndolos con sistemas que no siempre resultaron más adecuados. En la región de Metzontla la aceptación de estos modelos también tiene su historia.

4.1.4. La introducción de prácticas ajenas

Un factor importante en la degradación ecológica de Los Reyes ha sido la imposición o aceptación de modelos de desarrollo ajenos a la zona. El cambio en los sistemas de producción más antiguo que se recuerda data de la fundación de las minas de manganeso. Si bien Los Reyes es un pueblo prehispánico, la gente asegura que fue fundado cuando pastores y agricultores que vivían dispersos en la zona se asentaron en el pueblo para extraer el mineral⁴, una historia que, aunque inexacta, puede estar reflejando un incremento considerable en la densidad poblacional de la zona. Incrementos similares en la densidad poblacional han tenido como resultado la degradación de las zonas aledañas a los nuevos pueblos (Grainger 1990, Olsson y Rapp 1991) en otros casos. Adicionalmente, la introducción de un régimen de propiedad donde la rotación se dificulta y por lo

⁴ Es posible que el pueblo tuviese menos habitantes que antes de la conquista. Por un lado la población indígena enfrentó una de las mayores catástrofes demográficas de la historia humana, reduciéndose hasta en un 96% tras la conquista a causa de la guerra, las epidemias y la explotación. Por otra parte, es probable que durante la colonia, con el abandono de los sistemas hidráulicos prehispánicos que sostenían a las ciudades (Mc Neish *et al.* 1967-72), se tuviese que optar por una cultura seminómada. En la Nueva España era común que grandes grupos de indígenas abandonasen los pueblos cuando las cosechas fracasaban para seguir una vida trashumante alimentándose de productos silvestres y saqueando los almacenes de maíz de las haciendas. En cualquier caso, el establecimiento de los mineros debió de haber significado un incremento tan grande en la población como para explicar la creencia moderna de que antes no había nadie establecido en la localidad.

tanto los períodos de descanso se deben acortar, debe haber causado un serio impacto en la zona. Como resultado, entre 1978-1987 se introdujeron los fertilizantes químicos en la región (Valiente-Banuet *et al.* en preparación). Aparentemente el nuevo modelo fracasó, acrecentando la erosión hasta los niveles que ya fueron señalados.

Es importante recordar este historial de tecnologías y modelos importados cuando se trata de introducir nuevas prácticas forestales a la región. Muchos de los fracasos que han tenido los programas de revegetación en el extranjero se han debido a la implementación -sin reinterpretación- de los modelos de reforestación europeos (Ver sección 1.4.4.), que no satisfacen las necesidades de los habitantes rurales.

Aun las opciones que se han adoptado en otras naciones del Tercer Mundo, que corresponden en gran medida a la realidad de México (la similitud de los problemas es sobresaliente) no deberían introducirse sin una redefinición. Incluso la realidad local de cada pueblo en un país amenta un programa único. Estudios para la India revelan cómo estrategias drásticamente diferentes han resultado en programas exitosos en los diferentes distritos de ese país (Saxena 1992, Sharma 1993a). Un ejemplo para México lo encontramos en Reid *et al.* (1990), que para Nuevo León señalan: "Las especies forrajeras, maderables y combustibles identificadas en este estudio proveen un interesante contraste con los árboles y arbustos multipropósito (sección 4.3.1.6.) que atraen la atención en las zonas semiáridas de Centro América y en otros sitios [...] las especies multipropósito en el noreste de México no son fuertemente explotadas por la población rural, puesto que las especies con una alta gravedad específica y mayor durabilidad están aún disponibles para su explotación y son preferidas para leña y vigas para bardas y construcción". Esta diferencia muy probablemente se debe a la diferente historia ecológica y cultural de la zona: el ganado vacuno constituye una de las actividades económicas más importantes, practicada por grupos con una influencia indígena mucho menor que la que se observa más al sur. Un programa no puede producir los resultados deseados si no es diseñado considerando el ambiente socioeconómico (Saxena 1992, Sharma 1993a).

4.1.5. Estrategias tradicionales

En Los Reyes no se encontró ninguna tradición local fuerte de agroforestería como la que encontramos entre los pueblos de las zonas áridas de la India o África, o en otras zonas de México. Una práctica que es ampliamente ocupada en la república es la siembra de magueyes para delimitar terrenos con diferentes propietarios. Sólo algunos terrenos de Metzontla están demarcados de esta forma, aunque no formando hileras como en otras partes. Si consideramos que los agaves satisfacen parcialmente las necesidades de leña, y que sus raíces son someras y extensas (Nobel 1988), notamos

su doble función como combustible y conservador del suelo. Una estrategia inicial sería establecer hileras de magueyes en las laderas más explotadas, idea que ha sido recibida con agrado por algunos entrevistados, ya que, señalan, los agaves tienen una gran cantidad de usos.

La estrategia según la cual los habitantes de Los Reyes han utilizado sus recursos va más bien en otra dirección muy diferente. Las zonas naturales ha sido objeto de un uso intenso, aprovechando su enorme biodiversidad y la amplia cultura biológica existente en la región (sección 1.2.). Esto les ha permitido incrementar la producción de las zonas naturales para satisfacer múltiples necesidades, al tiempo que el riesgo que significa la impredecibilidad de las zonas áridas se dispersa entre varias especies. Este sistema, con sus ventajas, puede ser la causa del desastre ecológico en la zona, ya que la intensificación depende en gran medida de la regeneración natural que puede ser difícil o lenta (apéndice F). Los proyectos de rehabilitación deben entonces poner un gran énfasis en promover y acelerar la regeneración⁵.

4.1.6. Una visión global: La interdisciplina

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (1988) redefinió el concepto de sustentabilidad para abarcar aspectos sociales, tecnológicos y políticos además de aquellos que competen a los recursos directamente. Hemos visto como la esfera biológica y la humana están íntimamente interpenetradas, y las soluciones deben afectarlas a ambas para ser efectivas. En el apéndice C se señalan algunas consideraciones sociales que se deben tener en cuenta al instituir un programa de rehabilitación ecológica.

La única forma de lograr esta apreciación integral de los procesos ecológicos y sociales es mediante la interdisciplina. Para elevar el nivel de vida de los Metzontecos mediante la recuperación de los recursos naturales de la región, se requiere de la participación de abogados, economistas, ingenieros, veterinarios y científicos sociales entre otros. Algunos aspectos que están cercanamente ligados al problema de la leña y que requieren de la participación de un equipo multidisciplinario están:

1) En lo económico

- Organización en cooperativas para el transporte de la loza, con la doble función de abaratar el costo del traslado y diversificar los sitios de la venta

⁵ El objetivo de un programa de reforestación o de restauración ambiental es justamente acelerarlas modificando los factores más limitantes (Bradshaw 1987, Grainger 1990)

- Diversificar la actividad comercial hacia otras ocupaciones, como por ejemplo, reactivar la producción de artículos de lana

2) En lo tecnológico

- Diseñar hornos adecuados para la cerámica de Los Reyes que consuman menos leña (ya que una parte importante de la energía producida se pierde hacia el exterior)
- Sustituir el combustible utilizado. Esta actividad ha recibido poca atención, pero Dang (1993) le señala una gran cantidad de ventajas.
- Eficientar las actividades de pastoreo.

además de investigadores especializados en las áreas sociales que puedan estudiar las causas de la situación social y económica en Metzontla y prever alternativas de desarrollo.

4.2. Una evaluación del sistema de plantaciones intensivas

4.2.1. Productividad

Hasta aquí hemos manejado la recuperación de Metzontla como una necesidad no sólo para mejorar la calidad de vida de los artesanos al ofrecerles una alternativa más económica a la compra de la leña, sino para recuperar la riqueza biológica de la región, la que incide en todos los procesos productivos y de nuevo en la calidad de vida de los Metzontecos. Sin embargo, vale la pena examinar hasta qué punto es viable hacer una reforestación que satisfaga dichas necesidades. Ya hemos mencionado que la productividad en zonas áridas está muy limitada (por el suministro de agua) y en general es muy baja como para permitir una reforestación fructuosa, pero no hemos proporcionado cifras. Una serie de trabajos previos han publicado datos precisos sobre la productividad de plantaciones intensivas de árboles y arbustos utilizados como leña (Tabla 4.1).

Se deben efectuar ciertas observaciones sobre estos datos: No todos provienen de sitios con humedades similares, aunque sólo se consideraron aquellos donde la precipitación es menor a 800 mm. anuales, que es el límite señalado para las zonas semiáridas. Dado que la productividad anual está fuertemente correlacionada con la lluvia, lo anterior introduce una parte importante de la variación. Otra fuente substancial de varianza es la especie, ya que unas son muy productivas y

otras de lento crecimiento. Aún así nótese la gran variabilidad dentro de ciertas especies como *Acacia saligna* o *Eucalyptus camaldulensis*, probablemente debida a factores dentro del diseño de las parcelas, especialmente la densidad de siembra, información que no siempre está disponible en la bibliografía. Considerando sólo los datos tomados de tratamientos que no requieren insumos externos (fertilizantes, herbicidas), y tomado de entre estos el de mayor productividad (por ejemplo aquellos de deshierbe manual) de forma que sólo haya un dato por sitio por especie, el resultado de la combinación de todas estas variables muestra una considerable inconstancia en los datos, con un coeficiente de variación del 88.93% y un rango amplísimo, donde la planta con mayor productividad origina 25 veces más biomasa que la de menor producción. Lo anterior hace muy difícil establecer un valor probable para la producción de leña en parcelas en Los Reyes, por lo que cualquier dato debe considerarse con reservas. La media de los datos de la tabla 4.1 es de 2.35 ton ha⁻¹ año⁻¹ (IC95%: 1.67 - 3.02), y es el valor que consideraremos en lo subsecuente.

Tabla 4.1
Productividad de diferentes especies de árboles
y arbustos útiles como leña en zonas áridas

| Especie | Precipitación | Productividad | Fuente |
|---|---------------|---|-----------------|
| <i>Acacia aneura</i> | "baja" | 0.40 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Acacia cyclops</i> | "baja" | 0.90 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Acacia ligulata</i> | "baja" | 1.50 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Acacia salicina</i> | "baja" | 1.50 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Acacia saligna</i> | "baja" | 1.50 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Acacia saligna</i> | 160 mm. | 3.50 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Acacia victoriae</i> | "baja" | 0.95 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Atriplex canescens</i> v. <i>canescens</i> | "baja" | 1.40 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Atriplex canescens</i> v. <i>linearis</i> | "baja" | 4.10 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Atriplex halimus</i> | "baja" | 4.10 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Atriplex nummularia</i> | 300 mm. | 3.00 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Ormazábal 1991 |
| <i>Atriplex nummularia</i> | "baja" | 2.40 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Cassia siamea</i> | 600 mm. ♀ | 1.40 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Allen 1986 |
| <i>Cassia sturtii</i> | "baja" | 0.95 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Casuarina cunninghamiana</i> | "baja" | 5.40 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Casuarina equisetifolia</i> | "baja" | 0.50 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Colutea istria</i> | "baja" | 1.30 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 650 mm. ♀ | 1.20 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ ♂ | Fries 1991 |

Tabla 4.1 (Cont.)
Productividad de diferentes especies de árboles
y arbustos útiles como leña en zonas áridas

| | | | |
|---------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 510 mm. | 1.60 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Lima 1986 |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | ? | 0.80 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Grainger 1990 |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 275 mm. [Ⓢ] | 10.0 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Eucalyptus citriodora</i> | 600 mm. [Ⓢ] | 2.20 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Allen 1986 |
| <i>Eucalyptus crebra</i> | 510 mm. | 3.84 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Lima 1986 |
| <i>Eucalyptus macrocarpa</i> | 510 mm. | 0.48 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Lima 1986 |
| <i>Eucalyptus</i> sp. | 650 mm. [Ⓢ] | 1.20 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Fries 1991 |
| <i>Eucalyptus</i> sp. | "baja" | 1.20 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Grainger 1990 |
| Especie | Precipitación | Productividad | Fuente |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 510 mm. | 1.76 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Lima 1986 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 860 mm. | 5.35 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓢ] [Ⓜ] | Maghembe <i>et al.</i> 1986 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 525 mm. | 1.58 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓞ] 1.27 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓜ] 0.66 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Felker <i>et al.</i> 1986 |
| <i>Parkinsonia aculeata</i> | "baja" | 2.20 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Periploca laevigata</i> | "baja" | 0.60 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |
| <i>Pinus eldarica</i> | 200 mm. | 4.62 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓢ] 3.42 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓢ] 3.51 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓞ] 3.46 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Phillips <i>et al.</i> 1986 |
| <i>Prosopis alba</i> | 525 mm. | 2.46 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Felker <i>et al.</i> 1989 |
| <i>Prosopis alba</i> | 525 mm. | 0.81 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓞ] 0.48 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓜ] 0.19 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Felker <i>et al.</i> 1986 |
| <i>Prosopis juliflora</i> | 510 mm. | 2.40 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ [Ⓛ] | Lima 1986 |
| <i>Tamarix stricta</i> | 180 mm. | 7.20 ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | Le Houérou 1985 |

[Ⓢ] Valor promedio calculado a partir del rango proporcionado por el autor

[Ⓛ] Valor transformado de m³ a toneladas métricas asumiendo una gravedad específica de 0.8, que es el máximo valor para las maderas comerciales en los EE.UU. Esta conversión probablemente resulta en una sobre estimación de la productividad.

[Ⓢ] Agregando cieno de albañal

[Ⓞ] Herbicidas adicionales

[Ⓢ] Agregando abono

[Ⓜ] Deshierbe mecánico

[Ⓞ] Agregando fertilizante químico

Este dato no tiene mucho sentido si no se compara con la demanda. De los pobladores de Los Reyes Metzontla, 85 están ocupados en el sector secundario (INEGI 1991), dato que debe

coincidir cercanamente con el número de familias que se dedican a la alfarería. El número exacto de cuántas quemas efectúa una familia al año nos es desconocido, ya que algunas personas se negaron a brindar información. Sin embargo, la mayoría de personas declararon vender cerámica cada 15 días, otros cada semana y los menos, cada mes. Asumiendo una tasa intermedia de 2 semanas (es probable que en promedio las quemas se efectúen más seguidas), deben efectuarse alrededor de 26 quemas por familia al año, es decir, 2210 quemas en todo el pueblo. Esto significaría 450 toneladas de leña al año, demanda que podría suplirse con 191.5 hectáreas de plantaciones suponiendo un rendimiento de $2.35 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, es decir, poco más de 2.25 hectáreas por familia.

Este dato parece razonable en términos generales, aunque los métodos de cosecha pueden requerir eventualmente superficies mayores, pues en ocasiones se deben tener varias parcelas en diferentes estados de desarrollo. 2.25 Ha es un valor que debemos considerar como un mínimo que a largo plazo (cuando se tuviesen dichas parcelas de diferentes edades) satisfaría las necesidades familiares.

Dado que las plantaciones de árboles requieren de cuidados durante su desarrollo, y buenos suelos, pues de lo contrario se corre el riesgo de que la producción sea insuficiente (Dang 1993, Sirén 1982), debe de considerarse que se establecerían en los terrenos cercanos al pueblo. Esto es, en la región de milpas, que ocupa 995.1 Ha. El establecimiento de las plantaciones significaría una reducción de un 19.24% en la superficie destinada a la producción alimentaria. Más aún, si consideramos que el 51.2% de la población (INEGI 1991) se dedica a la producción cerámica, y que si las milpas están homogéneamente distribuidas entre las unidades familiares, 485.6 Ha son utilizadas por familias que no sembrarían árboles, concentrando las plantaciones en la superficie restante. Como resultado, las familias de alfareros serían objeto de una reducción total del 37.6% en los terrenos que usufructúan.

4.2.2. Economía

Hacer una evaluación de la viabilidad económica de un proyecto de este tipo es prematuro y está fuera de los alcances de esta tesis. Sin embargo, es necesaria para tener una evaluación general en torno a la reforestación e indicar pautas de investigación futura.

El costo de un programa de reforestación a esta escala (191 hectáreas), de acuerdo con Grainger (1990), sería de unos 630 mil⁶ nuevos pesos (7,415 por familia). Hay que recordar sin

⁶ Los datos de costos e intereses están estimados a partir de las cotizaciones y tasas de 1994. Dada la condición actual de la economía mexicana es de esperar un esquema mucho más desfavorable.

embargo que estos son datos aproximados y que más bien podría tratarse de una subestimación. A esto hay que sumar además la leña utilizada en la cocina, que debe representar una cantidad similar, y la madera explotada para otros usos.

Asumiendo un costo actual de N\$8.00 (en promedio en 1993 una carga costó N\$7.58) por carga de leña, y una inflación del 10% anual (probablemente la inflación sea superior a esta cifra: en un período menor a un semestre la leña subió de N\$6.00 a N\$9.00), y que se hace una quema quincenal de dimensiones similares a las actuales, donde el 90% de la leña sea comprada, el modelo:

$$G(t) = 29.88 \sum_{i=260}^{260+t} 1.00367^i$$

donde t es el tiempo transcurrido a partir de la quincena 260, es decir dentro de 10 años, que es el tiempo que tardan habitualmente las plantaciones de zonas áridas en rendir frutos (Sirén, 1982, Fries 1991, Renes 1993), nos es útil para calcular $G(t)$, el capital gastado en leña hasta el tiempo t . Con él se estimó cuánto tiempo requiere una familia para compensar el gasto de establecer un plantío de leña de las dimensiones requeridas. De acuerdo con esto, se requieren 3 años 1 mes como máximo, pero se trata de una estimación optimista ya que no considera el interés que genera una suma de N\$7,415⁷ (Las tasas de interés sobre los préstamos han variado mucho en los últimos meses, y continúan modificándose. Asumiendo una tasa de interés baja, del 5% anual, no se percibiría ningún tipo de ganancia hasta dentro de 16 años o más, Asumiendo una tasa igual a la inflacionaria del 10%, es decir, conservado el valor del dinero, el sistema debería pagarse hasta dentro de 34 años 10 meses), es decir, las parcelas estarán brindando una ganancia hasta dentro de 13 años, cuando el artesano haya invertido más de N\$19,900 en leña comprada. Para ese entonces una carga de leña estaría costando alrededor de N\$30.00.

Estamos hablando de un proyecto a largo plazo en muchos sentidos: la investigación requerida para encontrar las condiciones óptimas para el crecimiento de las diferentes especies (espaciamiento entre los árboles en las parcelas, preparación del suelo, fechas de siembra, modos de propagación, formas adecuadas de corta o poda para producir sin matar al árbol, etc.) requiere de varios años, ya que muchas veces no se aprecian los efectos de diferentes variables hasta que los árboles son grandes; el crecimiento esperado es lento dadas las condiciones de aridez, y el tiempo para recuperar la inversión es prolongado.

⁷ No sabemos el costo exacto, pues se desconoce cuánto debe proporcionarse en efectivo y cuánto en mano de obra, y por tanto el interés tiene una forma compleja.

La evidencia hasta ahora nos alerta sobre los programas tradicionales de plantaciones intensivas: son caros, requieren mucho trabajo (se calcula que media Ha de plantación toma 250-300 días hombre año (Sharma 1993b)) y rinden beneficios a largo plazo (décadas), mientras que una gestación larga reduce seriamente la entrada económica de los campesinos (Saxena 1992). Además, las condiciones específicas de Los Reyes no parecen aptas para una solución de este estilo, en especial porque se requiere una aproximación multiespecífica impropia a estos sistemas, como veremos a continuación.

4.3. Plantaciones y biodiversidad

4.3.1. La biodiversidad como necesidad

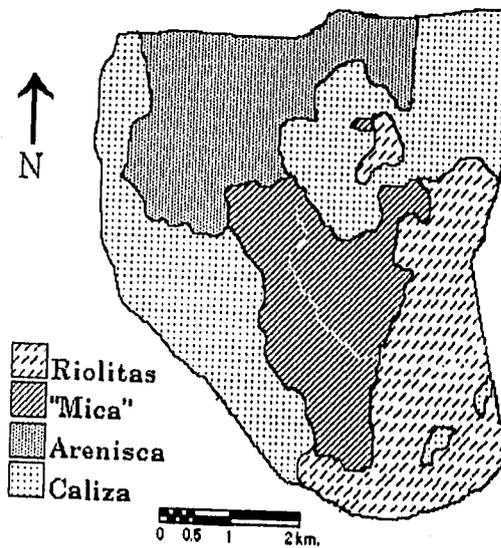
En la actualidad la forestería ha enfrentado un cambio importante en sus concepciones básicas en todo el mundo. Desde el siglo XVIII y XIX en Europa se definieron una serie de lineamientos destinados a lograr un flujo constante de madera hacia las ciudades y la industria. Con esta finalidad se establecieron grandes plantaciones monoespecíficas, de las cuales se extraía un sólo producto cuyo valor era medido en términos estrictamente económicos. Hacia los años sesentas se redefinieron estos conceptos, enfatizando valores sociales múltiples entre los que se encuentran aquellos no utilitarios. Para satisfacer esta demanda diversificada se requiere el manejo de comunidades ricas en especies. En este sentido las tendencias actuales en la forestería coinciden en ciertos aspectos con los enfoques de las sociedades campesinas, que también hacen un uso múltiple y manejo de varias especies en el mismo sitio (Koch y Kennedy 1991, Pyke y Archer 1991, Call y Roundy 1991), especialmente mediante un manejo intenso de la sucesión secundaria (Alcorn 1989).

En Los Reyes es necesario este manejo múltiple. La razón de esto va más allá de los planteamientos del Primer Mundo (utilización para el recreo, para conservación de fauna y flora, reservorio para las necesidades de las próximas generaciones, Koch y Kennedy 1991), que aunque no pierden su validez, se ven minimizados. Los campesinos, especialmente aquellos cuya economía es de subsistencia extraen una gran cantidad de productos silvestres de su medio (Call y Roundy 1991, Fries 1991, Appasamy 1993). Estos elementos representan beneficios como remuneración económica y juegan un papel importante dentro de la dieta local (Grainger 1990). En la zona de estudio muchos entrevistados expresaron "aquí nadie se muere de hambre. En el cerro hay hierbas, chinchas etc.". Las zonas naturales pueden ser vistas como un seguro contra riesgos en términos de la subsistencia local, y es probable que en zonas áridas donde la agricultura no está afianzada el

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

papel de este seguro sea mucho más importante⁸. En Los Reyes es impresionante la cantidad de alimentos que se extrae de la áreas silvestres: inflorescencias de agaváceas y nolináceas, frutos de una gran cantidad de leguminosas, así como de cactáceas y otras familias, insectos (hemípteros, ortópteros y coleópteros principalmente), hojas de bromeliáceas... además de una gran cantidad de plantas medicinales. Cada una de las plantas sobre las que obtuve información (además de las plantas combustibles) tiene al menos una utilidad, con frecuencia alimenticia. Existe una **necesidad de biodiversidad**. Algunas razones que tienen que ver con la diversificación del cultivo en Los Reyes Metzontla se exponen en las siguientes secciones.

Figura 4.1.
Sustratos geológicos de Los Reyes Metzontla



Basado en INEGI 1985, INEGI 1987a y b, y observaciones personales.

3.1.1. Diversidad de sustratos.

La figura 4.1 es un mapa desarrollado a partir de las observaciones tomadas en el campo y fotografía aérea (INEGI 1985). En ella se pueden apreciar al menos 4 sustratos representados mayoritariamente, y existen también otros como por ejemplo lutitas y sustratos poco consolidados de

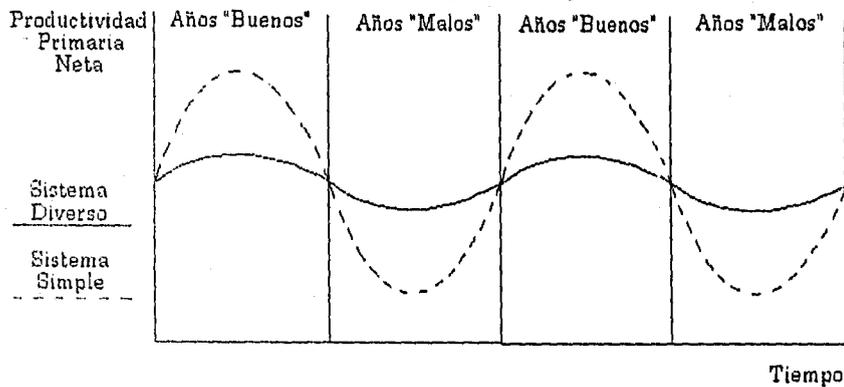
⁸ Incluso se ha propuesto que la agricultura surgió como una seguridad alimentaria, por lo que no es de extrañar que haya aparecido en muchas zonas áridas del mundo, entre ellas Tehuacán (McNeish 1964)

origen mixto, producto de la deposición fluvial. Existe en las zonas áridas una correspondencia muy cercana entre el sustrato y las plantas que crecen en él, y por lo tanto se requieren diferentes especies para diferentes sitios.

4.3.1.2. Diversidad de sitios.

Hay una considerable variación entre sitios en términos de altitud, ladera, pendiente, perturbación, etc. como producto de la abrupta topografía de Los Reyes. La diversidad espacial, al igual que en el caso anterior, se refleja en una variación en las plantas adecuadas para cada parcela. La multiplicidad espacial descrita en estos dos puntos se presta para un manejo a nivel del paisaje (Turner 1989). Éstos son deseables ya que sirven de base para determinar usos óptimos a nivel de regiones como Los Reyes.

Figura 4.2.
Variación en la productividad de sistemas forestales a lo largo del tiempo



Los sistemas con un gran número de especies son menos susceptibles a las variaciones climáticas anuales que son tan comunes en las zonas áridas que los sistemas monoespecíficos o con poca diversidad.

(Tomado de Pyke y Archer 1991)

4.3.1.3. Diversidad de necesidades para una quema

Existe una gran cantidad de especies útiles para diferentes casos. En cada quema se requieren especies de tapa y cama, que varían de acuerdo a la época del año (secas - lluvias), e incluso se preparan mezclas de especies "calientes" con las llamadas de "basura" para lograr la

temperatura adecuada. También hay otras plantas que se usan en la alfarenía que no necesariamente participan directamente durante la quema (Apéndice B).

4.3.1.4. Productividad

El manejo de especies mezcladas en un terreno tiene ciertas ventajas sobre la estabilidad de la productividad y la cobertura vegetal del sistema, especialmente en ambientes fluctuantes como las zonas áridas. Las variaciones anuales pueden tener efectos considerables sobre la producción de una especie, mas no sobre la de la comunidad que permanecerá más estable (Figura 4.2.,. El mismo acercamiento puede aplicarse para maximizar la producción en paisajes heterogéneos (Pyke y Archer 1991).

Cuando dos o más especies se plantan juntas se tiene una oportunidad única al poderse explotar todas las diferentes condiciones que hay (o se generan) en el ambiente. Así, por ejemplo, es común que se siembren mezcladas plantas pertenecientes a diferentes estratos (hierbas, árboles y arbustos) aprovechando al máximo el espacio. Si se logra una partición eficiente de los recursos -- abióticos del sistema evitando la competencia la productividad se incrementa (Pyke y Archer 1991). Para lograr las combinaciones adecuadas se requiere un conocimiento profundo de la historia natural de las especies. Este problema ha sido enfrentado por Nachaeva *et al.* (1985 en Call y Roundy 1991) en la Unión Soviética haciendo experimentación en lotes con diferentes mezclas. Los resultados han sido exitosos, no sólo en hallar combinaciones de especies que pueden convivir, sino en demostrar que los sistemas resultantes son más productivos: La obtención de forraje se incrementó hasta 8 veces, "proveyendo una dieta más nutritiva para las ovejas a lo largo del año, y manteniendo una producción mayor que la vegetación nativa durante la sequía".

Estos fenómenos tienen por resultado el establecimiento de comunidades persistentes. Esta es una característica que sería deseable en una plantación de árboles, a forma de asegurar la sustentabilidad del sistema. Sin embargo, en zonas áridas es especialmente difícil hablar de comunidades "clímax" en equilibrio que pudiesen ser imitadas para su explotación, ya que el establecimiento de las plantas y su cambio a menudo corresponden a eventos excepcionales más que a condiciones típicas (Call y Roundy 1991). Esto también complica el estudio de los patrones sucesionales (Ver sección 4.3.1.5.)

4.3.1.5. Factores temporales

Dentro de un lote es probable que se deban sembrar especies con diferentes velocidades de crecimiento, a fin de obtener productos a corto, mediano y largo plazo. Es muy probable que algunos de los matorrales que se utilizan como leña de cama, y que son característicos de las zonas perturbadas, tales como algunas leguminosas y compuestas (*Acacia constricta*, Cuapijos, y *Lippia graveolens*) crezcan más rápido que otras especies útiles, como los agaves. Ya señalamos (Sección 1.4.4.) que los campesinos no pueden darse el lujo de esperar 10 años antes de obtener su primera cosecha, y por ello a menudo rechazan los programas gubernamentales.

La solución a ello es diseñar un plan que reproduzca en cierta medida la regeneración natural. Las especies ruderales crecen rápido y (aparentemente) fácil, y pueden proveer una cantidad considerable de leña, como vimos en la sección 4.1.2., como de hecho sucede en las inmediaciones del pueblo. Call y Roundy (1991) señalan que en muchos casos la reforestación no puede efectuarse de forma "instantánea" por lo impredecible y heterogéneo del medio, y la única forma es seguir un proceso dinámico en el que se sigan las pautas de la regeneración natural. Las interacciones entre especies son fuerzas directrices de la regeneración (Connell y Slatyer 1977), y son prerrequisito para el establecimiento de ciertas plantas. Consideremos dos ejemplos: Primero, el caso del nodricismo en zonas áridas. Se ha demostrado que algunas agaváceas (tan importantes como leña de cama) sólo crecen bajo nodrizas (Franco y Nobel 1988), y lo mismo sucede en el valle de Tehuacán con las cactáceas, también utilizadas en las quemadas (Valiente-Banuet *et al.* 1991). Segundo, las leguminosas. En suelos fuertemente degradados los ciclos de nitrógeno están poco desarrollados. Las leguminosas pueden sembrarse durante las primeras fases de la reforestación para recuperar la fertilidad del suelo, y luego introducir otras especies (Pyke y Archer 1991).

4.3.1.6. Interacciones con otros sistemas y plantas multipropósito

Es frecuente que las especies usadas para cocer la cerámica sean plantas multipropósito: se les utiliza a menudo como combustible para la cocina, y como forraje, alimento, construcción, etc. Si uno de nuestros objetivos es la recuperación de las poblaciones naturales al disminuir la presión sobre éstos, debemos ser capaces de proveer en mayor o menor grado otros productos forestales que se extraigan de esas mismas especies. Un ejemplo son los agaves: sus escapos son material de construcción muy apreciado. Incluso algunos habitantes de la zona se muestran molestos cuando alguien trae una carga de quiotes para usarlos como leña, por la pérdida que significa quemar un material tan bueno. Si se sembrara *Ipomoea arborescens* para abastecer la madera de tapa, los escapos de agaves seguirán siendo explotados como vigas. La única forma de evitar la sobreutilización de cada especie es sembrando esa especie o una afin, y no otra que sólo la sustituya *parcialmente*. Sumado a esto, el cultivo de varias especies multipropósito incrementa la variedad de

productos que se generan en la zona. Revisando la historia de Los Reyes es fácil observar que ha sido común que exista poca diferenciación en los recursos que cada familia origina, y que ello ha traído a menudo el agotamiento de los medios. La diversificación en la producción sería pues, bienvenida.

4.3.1.7. Inclusión en sistemas domésticos

El uso de varias especies es adecuado para la inclusión en sistemas "domésticos". Recordemos los huertos o solares que se cultivan en varias partes de México por diferentes grupos étnicos (Caballero 1992), que se caracterizan por la gran variedad de especies que en ellos crecen, ya que se busca tener distintos productos a la mano, y es posible que de no ser así perderían todo su atractivo para los agricultores. La inclusión de rompevientos en torno a los cultivos en África solo fue exitosa cuando se incluyeron diferentes especies (Grainger 1990), y es probable que un tipo de milpa estilo *taungya* (donde crecen árboles y cultivares simultáneamente) sólo tuviese aceptación si fuese multipropósito.

4.3.1.8. Conservación

El cultivo de diferentes especies puede funcionar como un método para la conservación de la variabilidad genética *in situ*, necesaria para llevar a cabo programas de mejoramiento, que a menudo son la base del éxito de la reforestación.

4.3.1.9. Restauración

Por último, el cultivo de muchas especies resulta conveniente con miras a la restauración ambiental de la zona, que, aunque no es un objetivo de este proyecto, debe ser considerada para sanear la situación de los Metzontecos. La experiencia que se generaría en un proyecto de reforestación con muchas especies sería de gran valor para comprender muchos procesos de interacción entre plantas y aún la estructuración de la comunidad. Bradshaw (1987) señala que los proyectos destinados a la reforestación y revegetación de una zona son desaprovechados por los teóricos ya que constituyen una posibilidad de manipular comunidades a gran escala.

4.3.2. Ventajas de la reforestación con pocas especies

La reforestación con pocas especies también tiene sus ventajas propias, como estudios más detallados de la fisiología, demografía o historia natural de la(s) especie(s), que son determinantes en la toma de decisiones. Cuando se trabaja con más especies difícilmente se pueden hacer más que algunos estudios sencillos. Posteriormente, en los viveros, se tiene un mayor control de las condiciones ambientales idóneas para el crecimiento de la especie, ya que a todos los ejemplares se les trata igual. Ello se refleja en la facilidad para la obtención masiva de plántulas para reforestar, y probablemente en una mayor supervivencia de las parcelas como resultado de un mejor conocimiento.

La selección de las plantas a utilizarse debe ser más rigurosa, y se utilizan sólo aquellas con crecimiento más rápido y mejores aptitudes competitivas, además de que éstas características pueden manipularse en un programa de mejoramiento. Los lotes pueden brindar entonces maderas de la mejor calidad al menor costo, lo que es de gran utilidad en el caso de que se cultiven las especies para su venta. La remuneración monetaria es a menudo un incentivo para la reforestación, que en este caso no incidiría directamente sobre el costo de las quemas, pero sí sobre las actividades agropastorales al mejorar la calidad del suelo, proporcionar forraje etc.

4.4. Germinación

El estudio de la germinación por sí mismo es incompleto pues en algunos casos la propagación vegetativa puede resultar más atractiva. Tradicionalmente, especies como los nopales y magueyes son propagados vegetativamente con éxito por los campesinos mexicanos. Las ventajas son un control más cercano del genoma materno (obteniéndose individuos con características ventajosas con una frecuencia mayor), una menor mortalidad al eludir la etapa de plántula que es muy sensible, y una mayor tasa de crecimiento en las fases tempranas. La reproducción asexual de la planta se presta a los sistemas usuales de reforestación donde hay un cuidado intensivo de la planta en un vivero y en el sitio de transplante.

Existen, no obstante, indicios de que un programa ortodoxo de reforestación puede fallar en la zona. Se trata de proyectos caros, que requieren de un gran gasto de horas - hombre y significarían una extensión considerable de terreno agrícola inhabilitado. Por otra parte, en la sección 4.1.5. se indicó la importancia que tiene el manejo de las regiones naturales dentro de Los Reyes, y cómo la regeneración resulta ser un factor limitante dentro de esta concepción. El manejo de varias especies simultáneamente (sección 4.3.) también es muy importante y de difícil conducción

en un modelo tradicional de reforestación. De ahí que la regeneración vegetativa pueda estar en desventaja frente a la regeneración por semilla, que si bien puede responder a un proyecto tradicional de reforestación, es apta para el manejo de grandes extensiones al requerir un menor esfuerzo, y por tanto incidir en varias esferas productivas, y, como hemos señalado antes, la situación en Los Reyes requiere de soluciones integrales. Esta flexibilidad en las formas de empleo de las semillas permitirá además la elección a la propia comunidad entre varias alternativas. La participación comunitaria ha demostrado ser determinante en programas de recuperación ambiental a nivel mundial, como señalamos en la sección 1.4.4.

Es importante notar que las especies de leña de tapa están representadas casi en su totalidad, con la excepción de las burseras (sólo se experimentó con una especie), algunos agaves (como *A. marmorata*), y la cucharilla (*Dasyllirion acrotriche*), de uso muy marginal. Se hizo énfasis en estas especies debido a la grave situación en la que se encuentran en Los Reyes.

Como ya se señaló, las especies de leña de cama son muchas, y hacer un análisis para cada una resulta muy complicado considerando el gran número de semillas que se requiere para cada una. Las especies que se trabajaron aquí no son necesariamente las más utilizadas, ya que no se incluyen el orégano (*Lippia graveolens*) y el guajillo (*Acacia constricta*), las dos especies que se usan más (no se consiguieron suficientes semillas). La estrategia que se siguió fue analizar ejemplares de las familias más utilizadas en las quemas, trabajando especialmente con las leguminosas por su valor multipropósito, ya que los "ejotes" (vainas verdes) de muchas especies se usan como alimento humano, o bien como forraje, las hojas son ricas en proteína de calidad para el ganado (Zelada 1986), y se usan como leña y material de construcción (mezquite). Además estas plantas fijan nitrógeno, y por lo tanto son auxiliares en la recuperación de suelos exigüos. Las compuestas también se representaron abundantemente por su capacidad para crecer en este tipo de sustratos.

4.4.1. Evaluación global

En general se logró romper exitosamente la latencia en la mayoría de los casos, con excepción de algunas familias, entre las que las compuestas llaman la atención. Ya se mencionó que las semillas de esta familia pasan por un período de maduración inmediatamente posterior a la dispersión (Baskin *et al.* 1992, sección 1.5.2.) durante el cual se fija el rango de temperaturas a las cuales el propágulo puede germinar (Evans y Young 1980). Durante esta etapa del desarrollo es común que se precisen altas temperaturas para concluir la latencia primaria (Baskin *et al.* 1992), las cuales seguramente no se presentaron durante el almacenamiento en condiciones más bien templadas

en la Ciudad de México. Una situación análoga es posible para *Sedum* sp, en el que no se registró ninguna germinación.

En el caso de las cactáceas (especialmente *O. pilifera*) no es tan claro por qué hay poca germinabilidad, aunque cabe señalar que las semillas utilizadas no parecían muy saludables (poco peso, testas decoloradas). *Bursera* sp. parece haber estado aislada del medio de cultivo por su endocarpo córneo, y aunque se observaron fisuras tras escarificarlo, éstas pueden no haberlo atravesado en su totalidad (de poco menos de 1 mm. de espesor).

Fuera de estos casos se observaron tasas muy rápidas de germinación. Gracias a la corta duración de los períodos favorables en las zonas áridas, las plántulas deben responder con rapidez (Jurado y Westoby 1992a) a los pulsos de humedad. La tendencia descrita por Grime *et al.* (1981) de que las semillas más grandes germinan más lento se observa también en Los Reyes. Esto en ocasiones estará relacionado con que tienen una menor superficie expuesta al agar en relación a su volumen (Harper y Benton 1966), aunque si esto se cumpliera siempre hallaríamos que los tratamientos de imbibición en agua serían invariablemente los primeros en germinar.

4.4.2. Distribución de las formas de latencia

Veinticuatro especies son pocas en comparación con todas las que se utilizan como combustible en Los Reyes. Sin embargo, existen claros patrones en los resultados que nos permiten hacer algunas extrapolaciones a las demás plantas, si consideramos que además la información que se generó es en general muy consistente con la que está reportada en la literatura para otras especies y sitios. Los patrones más notables están relacionados con la taxonomía y el tamaño de la semilla.

TAXONÓMICOS

En las especies estudiadas se observan patrones distintivos en las diferentes familias, donde cada una tiene (con raras excepciones) un conjunto de características propio.

Las leguminosas (tanto mimosáceas como cesalpináceas) se caracterizan por sus testas gruesas e impermeables. Este rasgo no es típico de zonas áridas sino que lo hayamos en las legumbres de todo el mundo (Grime *et al.* 1981, Tran y Cavanagh 1984). La función ecológica de las testas duras en esta familia ha sido muy discutida en la literatura. Algunas interpretaciones son:

- a) Las testas se quiebran tras ser sometidas a muy altas temperaturas producidas por el fuego, garantizando la germinación en ambientes que han sido quemados únicamente (Hughes y Westoby 1992, Tran y Cavanagh 1984, Bell *et al.* 1993).
- b) Las testas se rompen con variaciones diarias de la temperatura, (Quinlivan y Milington 1962 citados en Grime *et al.* 1981), que le indican al embrión que se haya en un sitio desprovisto de cubierta vegetal, y por lo tanto adecuado para el crecimiento. También variaciones en la humedad pueden provocar fisuras en la testa (Jurado y Westoby 1992a).
- c) Las semillas que conservan intacta su cubierta seminal pueden formar un banco de semillas y dispersar así el riesgo de germinar en años malos (Jurado y Westoby 1992a, Grime *et al.* 1981)
- d) Asegura a la semilla un mayor control sobre las condiciones en que germinará al controlar la apertura del estrofiolo⁹ (y permitir la entrada de agua) sólo cuando el ambiente es adecuado (Tran y Cavanagh 1984).
- e) Promueve la dispersión de las semillas, ya que se requiere de un arrastre prolongado por el sustrato para que la testa se erosione y entre el agua (Fenner 1985, Jurado y Westoby 1992a).
- f) Proporciona protección contra briquidos y otros insectos depredadores de semillas (Janzen 1969).
- g) Retardar la germinación hasta que se ha retirado la vaina en las especies donde ésta es indehisciente (Went 1948)

La multitud de hipótesis que se han planteado refleja por un lado nuestra ignorancia sobre el tema, y por otro pueden estar ilustrando un caso de radiación donde un carácter ancestral se ajusta a una serie de condiciones nuevas. Por otro lado, la testa puede estar cumpliendo varios de estos propósitos simultáneamente. Por ejemplo: ya que muchos de los procesos que se mencionaron arriba son graduales (arrastre de simientes), pueden estar garantizando la existencia de un banco de semillas. También se observa que muchas de estas hipótesis proponen algún tipo de mecanismo de selección del ambiente y lugar dónde germinar, fenómeno esperado en las zonas áridas donde la probabilidad de supervivencia es baja salvo en ciertos sitios y momentos (Koller 1969).

⁹ El estrofiolo o lente es una protuberancia relacionada con el funículo rodeada de células bajo tensión que se pueden romper abriendo un orificio en la cubierta seminal

La explicación asociada a depredadores bien podría contar con apoyo en zonas áridas, puesto que se observó una enorme infestación de semillas por brúquidos, asociada además a testas duras: ejemplo claro de esto en otras familias es *I. arborescens* (Convolvulaceae).

Las compuestas se caracterizaron por su escasa germinabilidad, excepto en el cuapiojo negro, que germinó casi al 100%. Ya hemos discutido que en las compuestas es frecuente la maduración post dispersión..

Las agaváceas en general carecen de mecanismos que aseguren la latencia de las semillas, salvo quizá por un probable polimorfismo en *Agave* sp. y *Yucca periculosa*¹⁰, donde sólo germinó el 80% (o menos) de las semillas, y un requerimiento de escarificación tipo 2b en *Agave macroacantha*. Ambas respuestas son del tipo polinórfico, y también pueden estar asociadas a la formación de banco de semillas

Las plantas de la familia Nolinaceae se caracterizan por tener una cubierta impermeable que debe escarificarse. En el caso de *N. longifolia* ello no es obligatorio, ya que transcurridos unos días todas las semillas terminan por germinar. También es interesante notar que en las semillas de la población de Los Reyes un mayor número de semillas germinó en el mismo lapso que en la población de Zapotitlán. Esto puede estar relacionado con una descomposición natural de la testa ya que al parecer las semillas de Metzontla provenían de inflorescencias más viejas.

Hacer inferencias en torno a otras familias es imposible ya que se tienen muy pocos ejemplares de cada una.

El patrón general que encontramos coincide con algunas de las propuestas de Harper *et al.* (1961) y Grubb (1977), en cuanto a que existe una gran variedad de estrategias que diferencian a los taxa. Mazer (1989) encontró que la filogenia es el factor que más explica las formas de latencia (hasta un 30%). Esto permite su coexistencia, ya que cada una tiene un nicho diferente de germinación evitándose la exclusión por competencia interespecífica. Went (1948) señaló que las plantas perennes de zonas áridas se encuentran sometidas a tasas muy altas de mortalidad en estadios tempranos de su desarrollo, que él atribuye a fenómenos denso dependientes. La germinación en sitios espacialmente separados evita la germinación de semillas de diferentes especies en un área pequeña, evitando así densidades muy altas. La situación de Los Reyes coincide muy bien con lo reportado en

¹⁰ Aunque esta especie no llegó a una meseta, las curvas parecen indicar que ésta no se encontraba cercana al 100%

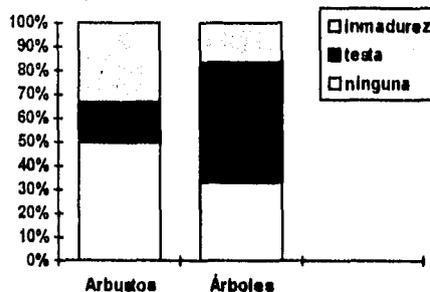
la literatura, por lo que el factor taxonómico debe tenerse en cuenta al tratar de propagar nuevas especies que presenten dificultades en su germinación.

Por otra parte parece ser generalizada la formación de bancos de semillas, aunque en realidad hay que ser cautelosos al proponer su existencia sin observaciones en el campo. De existir este tipo de depósitos se confirmaría su valor como estrategia a seguir en ambientes impredecibles.

TAMAÑO

Se observó una gran variabilidad en el tamaño de las semillas en las especies estudiadas, en especial en las leguminosas, lo que concuerda con las observaciones de Mazer (1989) y Harper *et al.* (1970). Esto puede favorecer al establecimiento de bancos de semillas al variar las condiciones necesarias para la germinación. Factores como el sitio, la cantidad de lluvia del año, enfermedades o las diferentes partes del fruto pueden inducir variación adicional. En las dunas áridas de Indiana, la mayor parte de esta variación es interespecífica y proviene de la familia y la historia de vida ($R^2 = 0.3$ y 0.22 respectivamente). En este sentido, se observa que los árboles tienen semillas grandes, así como las lianas, los arbustos tienen semillas medianas y otros grupos semillas pequeñas. En Australia también se verifica que las plantas leñosas producen semillas mayores (Jurado *et al.* 1991)

Figura 4.3.
Proporción de formas de latencia en árboles y arbustos



Ya que taxonomía - forma de vida - tamaño de la semilla están relacionados, es de esperarse que el tamaño de la semilla influya en las formas de latencia (aunque en Los Reyes no se observó diferencia en formas de germinación entre árboles y arbustos $\chi^2 = 3.3964$, $p = 0.14$, la tendencia se observa en la figura 4.3.). En efecto, las semillas grandes en general germinaron en su totalidad

mientras que las pequeñas no lo hicieron en su totalidad (Compositae) o de plano en lo absoluto (*Sedum* sp.). La observación de altos niveles de latencia asociados a tamaño reducido ha sido observada por otros autores (Mazer 1985, Thompson 1987 en Mazer 1985). La razón que se ha aducido es que el tamaño reducido favorece el ingreso al banco subterráneo de semillas. (Silvertown 1981). Grime *et al.* (1981, Grime 1979 en Silvertown 1981) han encontrado en las islas británicas que el almacenamiento de semillas mejora la germinabilidad en las especies perennes de semillas pequeñas, y lo asocian a la formación de bancos de semillas persistentes en el suelo.

La dificultad de germinar estas especies se debe a requerimientos de maduración de la semilla (en términos de temperatura, intensidad y calidad de luz, etc.), así como de germinación (temperatura promedio, fluctuaciones de temperatura y humedad, ciclos de latencia, iluminación, etc.), bastante restringidos a fin de garantizar la germinación en las condiciones óptimas de supervivencia (Koller 1969). El control de estas variables se dificulta seriamente si se cuenta con los recursos disponibles en las zonas rurales de México, y sólo puede lograrse modificando el ambiente al colocar sombras, recubrir el suelo con paja, etc. Sin embargo, es frecuente que las especies de semilla chica/inmaduras sean especies de vegetación secundaria, y eso las hace ideales para reforestar, sobre todo porque pueden funcionar como nodrizas: No se pueden hacer a un lado en un programa. Una opción basada en las características "naturales" de la regeneración de estas especies, según las hemos discutido hasta aquí, se discutirá más adelante (Sección 4.5).

En general las semillas grandes enfrentan las condiciones adversas al acceder a una mayor cantidad de agua al formar plántulas con raíces mayores (Jurado y Westoby 1992b, Buckley 1982, Mazer 1989) (aunque al crecer más rápido y germinar antes, las semillas chicas pueden llevar cierta ventaja (Harper y Benton 1966, Shipley y Peters 1990)) o escapar a la depredación (Janzen 1969). Por otro lado las semillas pequeñas evaden la adversidad al dispersarse mejor (Harper *et al.* 1970, Silvertown 1981) o detectar los sitios y momentos idóneos para germinar mediante mecanismos finos de latencia (Koller 1969, Buckley 1982). Al ser semillas con un breve margen de condiciones en las que crecer, su manejo debe ser o bien muy delicado en viveros de condiciones más o menos controladas, o bien se debe apelar a su condición de formadoras de banco de semillas y dispersarlas en lugares adecuados para su crecimiento, esperando que germinen cuando las condiciones ambientales sean idóneas, lo que la planta aparentemente puede detectar, maximizando sus probabilidades de supervivencia.

4.4.3. Algunas generalizaciones

Con la información recabada hasta este punto se pueden señalar algunos métodos para incrementar la germinación de las semillas. La extrapolación a otras especies puede resultar discutible, sin embargo la consistencia general de los datos nos anima a efectuarla, aunque no hay que perder de vista que 1) muchas familias no están representadas, y existen diferentes respuestas entre las especies de una familia dada, aunque sean excepcionales: sólo están representados los taxa más abundantes o más utilizados; 2) Los resultados de las experiencias de laboratorio no necesariamente se corresponden con el campo, y 3) el comportamiento de las especies puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales.

La observación más clara es que las semillas germinan en cuanto se les proporciona agua (y ésta llega al embrión). Esto descarta la existencia generalizada de formas de latencia difíciles de romper, con la excepción de los propágulos inmaduros, lo que permitiría un manejo sencillo en el campo. Una de los factores que nos debe preocupar, por lo tanto, proporcionarles agua en abundancia, lo que se discute en el apéndice F.

LEGUMINOSAS Las ventajas de las leguminosas como enriquecedoras de suelos las hacen deseables en muchos sentidos. La frecuencia de las testas impermeables en esta familia, no sólo en Tehuacán sino en el mundo, prescribe la escarificación como tratamiento obligado para esta familia. En el caso del mezquite, la escarificación puede tomar su forma química, pues se ha observado en el campo que las semillas germinan muy bien tras pasar el tracto digestivo de los burros. El caso para otras especies merece estudio, ya que las legumbres sirven de forraje a las cabras, que pueden ser alimentadas al tiempo que sirven como agentes de dispersión, escarificación, y mejoramiento de las condiciones del suelo a nivel local. Otras familias que requieren escarificación, como las nolináceas (y probablemente burseráceas y convolvuláceas, aunque sólo tenemos una especie de cada), no son aptas para este proceso ya que no tienen frutos carnosos que puedan proteger a la semilla y alimentar al ganado, lo que se traduciría en una gran pérdida de simiente.

AGAVÁCEAS Familias como las agaváceas no presentan dificultades para su manejo ya que no presentan latencia. Los mismos habitantes de Los Reyes se han manifestado a favor de la regeneración de estas especies debido a la extensión de sus raíces, que pueden servir para retener el suelo en sitios empinados y deforestados. Estas plantas además pueden servir para diversificar las

actividades económicas de Metzontla, ya que se utilizan en la producción de pulque y fibras vegetales, y satisfacen otras necesidades como material de construcción, alimento, etc.

COMPUESTAS Las compuestas son abundantes en sitios perturbados, lo que nos sugiere que pueden crecer bien en parcelas deforestadas, y pueden servir como nodrizas para otras especies. Sin embargo, su siembra, al igual que en otros grupos de especies de semilla pequeña, plantea una dificultad adicional, y es la frecuente dificultad para romper su latencia. La forma de incrementar la germinación puede lograrse de otro modo distinto a la activación del embrión, y es incrementando las probabilidades de supervivencia de los propágulos hasta que las condiciones naturales favorezcan su germinación. Esto se puede lograr recolectando las semillas, ya que se observó que las inflorescencias que conservaban la semilla por más tiempo eran frecuentemente atacadas por diferentes depredadores (larvas), y dispersándolas en sitios adecuados para el crecimiento de la plántula tras haberlas rociado con insecticidas y fungicidas. El control del ganado (que debe mantenerse fuera del área en regeneración) también es importante. Esta misma estrategia es aplicable a CUALQUIER especie, y puede ser más eficiente que una reforestación tradicional al favorecerse la regeneración de una mayor superficie con menor esfuerzo.

Una virtud adicional de este último método es que favorece el crecimiento y enriquecimiento del banco de semillas, cuya importancia hemos señalado ya en varios términos, y la permisión de que las semillas germinen cuando las condiciones son las óptimas si aceptamos que pueden detectar las claves ambientales que facilitarán su supervivencia, lográndose además la variabilidad que asegura la producción de las plantas y la regeneración constante de los lotes.

Los métodos exactos para manejar la semilla están aún por definirse, aunque en el apéndice F se discuten una serie de métodos reportados en la literatura

4.5. Integración de la biodiversidad en sistemas de apropiación de recursos

A lo largo de la discusión hemos encontrado varias evidencias de que lo que se requiere en Los Reyes no es una la reforestación intensiva, al estilo plantación, de bosques con pocas especies de leña combustible, pues hay que buscar alternativas más baratas y que permitan manejar la diversidad de plantas y usos que hemos señalado. Tales opciones ya se han adoptado en otros países del Tercer Mundo que nos llevan una enorme ventaja en lo que se refiere a reforestación para leña en zonas áridas, aunque deben adecuarse a la situación particular de cada sitio.

4.5.1. Sistemas domésticos

Se ha puesto énfasis en la necesidad de que los campesinos integren los sistemas productores de leña dentro de sus tierras "particulares" además de participar en esfuerzos de reforestación de las tierras comunales, a fin de asegurar la provisión de combustible a los niveles requeridos (Weber y Stoney 1986). Ben Salem y Palmberg (1984), discutiendo en torno a la problemática de deterioro ambiental provocado por la agricultura de plantas anuales, concluyen que la solución a esta problemática es la recuperación de la tecnología tradicional, reconsiderando la intermitencia de periodos de producción agrícola y periodos de descanso como un sistema de rotación de cultivos donde las plantas perennes forman parte importante de la producción agropecuaria de una zona, brindando varios satisfactores. La combinación de plantas anuales y leñosas creciendo en la misma parcela evita la degradación del lote, diversifica la producción, y disminuye el tiempo en que la tierra permanece ociosa mientras la vegetación perenne se desarrolla. Los campesinos de las zonas áridas de la india conservan los árboles en sus terrenos durante siglos sabiendo que ello incrementa su productividad (Sharma 1993a, Saxena 1992)

4.5.2. Manejo de zonas naturales

Si se lleva al extremo la discusión sobre la reforestación con varias especies simultáneamente, llegando a incluir todas las especies de una zona, estamos hablando del manejo y restauración de ecosistemas naturales. Esta opción ha sido muy poco discutida para el caso de la crisis de la leña y las zonas áridas, y no es sino hasta muy recientemente que se le empezó a tratar dentro de la literatura científica. Esto se debe al supuesto tácito de que las plantaciones intensivas de especies de rápido crecimiento tendrían un rendimiento mayor que las regiones naturales. Grainger (1990) proporciona los siguientes datos para zonas protegidas en el África semiárida: *Acacia senegal* en Chad: 4.0-4.8 m³ ha⁻¹ año⁻¹, y en Senegal: 0.67-2.35 m³ ha⁻¹ año⁻¹. El miombo¹¹ de Tanzania: 0.8 m³ ha⁻¹ año⁻¹, mientras que Allen (1986) proporciona datos de entre 0.2 y 2.0 ton ha⁻¹ año⁻¹ para la misma vegetación. *Tarconanthus camphoratus* en Kenya, 2.30 ton ha⁻¹ año⁻¹, *Pinus* sp. ("Aleppo"), 1 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Young y Francombe 1991). En Burkina Faso la productividad de un bosque natural es de 0.4-1.2 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Renes 1993) mientras que una plantación alcanza 0.8-0.16 ton ha⁻¹ año⁻¹. En Afganistán: *Zygophyllum eurypterum* 2.6 ton ha⁻¹ año⁻¹, *Artemisia herba-alba* 1.17 ton ha⁻¹ año⁻¹, y la producción a nivel de toda la comunidad de *Zygophyllum-Salsola* 3.0 ton ha⁻¹ año⁻¹, *Artemisia-Amygdalus* 1.6 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Home 1982), y es de esperar que si se establecen planes de manejo para todas estos sitios silvestres la productividad puede incrementarse considerablemente. Se

¹¹ El miombo es una forma de selva baja caducifolia

pueden comparar estos datos con los de la tabla 1, y con los ya mencionados resultados de Nachaeva *et al.* (1985 en Call y Roundy 1991). El resultado parece favorecer significativamente el manejo de las zonas naturales por encima de las plantaciones, al menos en lo que a rendimiento se refiere. Freeman *et al.* (1983 en Grainger 1990) señala que la productividad de las plantaciones aún en las mejores condiciones rara vez excede $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

En términos de costos, se estima que un sitio protegido y manejado correctamente debe producir mucho más por mucho menos inversión. No se conocen los rendimientos exactos, ya que existen sólo tres experiencias a gran escala y con manejo intensivo a nivel mundial: Guesselbodi, en Níger, Nazinon en Burkina Faso y el rancho Nazinga, en ese mismo país (Grainger 1990, Fries 1991)¹². Sin embargo, dado que es más económico (200 dólares por hectárea comparados con 1000 para establecer plantaciones) y se requiere menos mano de obra, el mantenimiento y protección de las zonas naturales puede efectuarse en extensiones mucho mayores, resultando en una producción neta mayor.

Se debe dar al menos el mismo peso a manejo que a la siembra de plantaciones a gran escala, ya que el manejo es mucho más favorable (Fries 1991). Programas de recuperación biológica ya lo incluyen, como sucede en la reserva forestal de Kadavakurichi, en la India, con una historia de degradación ambiental semejante a la de Los Reyes, cuyo plan observa el manejo de las zonas naturales, la revegetación de las pendientes y la mejora de tierras a través de métodos de conservación de agua y suelos con la participación comunitaria (Appasamy 1993).

Las zonas naturales tienen la ventaja de su diversidad y de la gran cantidad de recursos que generan. Esto entra dentro de los esquemas mundiales del campesinado incrementando la seguridad en la producción y por lo tanto son más atractivos a los habitantes rurales que las grandes plantaciones. Al formar parte del seguro alimentario deben de considerarse necesariamente en cualquier programa de desarrollo y reforestación, ya que la alimentación constituye la prioridad máxima que debe satisfacerse antes de enfrentar cualquier otro problema (Omäs y Salih 1991) (Sección 1.4.4.)

Para tener un programa productivo de zonas naturales lo primero que hay que tener son zonas naturales. Sin embargo en la zona de Los Reyes éstas ya son muy escasas (Figura 3.8), y la tendencia actual es hacia una acelerada destrucción de éstas, resultando en amplias zonas con vegetación secundaria, y con suelos destruidos por la erosión y la acción del ganado (Figura 3.10,

¹² En nuestro país estos programas son muy jóvenes aún

sección 3.1.6.). La recuperación de estas zonas y la reinstauración de una cubierta vegetal diversa debe ser prioritaria tanto para detener el deterioro como para instaurar sistemas productivos basados en el manejo de zonas silvestres. Además constituyen una fuente importante para obtener propágulos y poder instituir un programa de reforestación.

4.5.3 Manejo integral

Los planeadores a menudo enfrentan una disyuntiva al iniciar un proyecto: forestería en parcelas para uso privado, o en tierras comunales, ya sea esta estilo plantación o bien manejo de zonas naturales. La forestería particular está muy intensificada y requiere una cantidad considerable de trabajo. La producción agrícola, pastoral y forestal se ve muy modificada en un sólo sitio, a fin de satisfacer las necesidades de una familia o de un grupo de personas cercanamente ligadas. Las plantaciones en terrenos comunitarios se caracteriza por una inversión mucho menor de trabajo generalmente en sistemas menos diversos. Dada la menor inversión de trabajo humano, tiempo sea el factor más importante para el desarrollo de los productos. La producción neta por unidad de superficie es menor. La manipulación de los sistemas naturales es de índole similar a las plantaciones en términos de esfuerzo humano, aunque la producción total del área pueda ser mayor gracias a su aprovechamiento multipropósito. Los beneficiados por estas labores han de ser teóricamente los sectores más amplios de la sociedad, que extraen productos predominantemente forestales en el primer caso, así como aquellos de uso ganadero y alimentos que de ningún modo pueden clasificarse como agrícolas en el segundo.

Dicha disyuntiva es falsa. Un enfoque diferente puede lograrse al integrar ambas propuestas. Efectivamente, no se pueden tratar con la misma intensidad parcelas particulares y terrenos comunales por una simple limitación física entre el trabajo disponible y la extensión territorial. Sin embargo la integración puede tener lugar en el tiempo: una parcela puede inicialmente ser explotada por un agricultor que cultive al mismo tiempo su milpa y arbustos. Durante este periodo, que puede ser de varios años, la producción estará compuesta por ejemplo, por maíz, frijol, leña para la cocina y leña de cama extraídas de los arbustos, que también genera frutos (vainas) para consumo humano y animal, y hojas para forraje. Algunas especies de arbustos también producen artículos para la venta según se me informó, aunque los precios que alcanzan estos insumos son siempre muy bajos. Se podría experimentar con otros arbustos de importancia comercial como el cacahuete, que se incluye a menudo dentro de este tipo de sistemas en las zonas áridas de otras partes del mundo (Weber y Stoney 1986). Bajo los arbustos se sembrarían a altas otras plantas de más lento crecimiento (árboles, agaves) para que comenzasen su desarrollo en sitios húmedos y frescos. Cuando las plántulas estén más desarrolladas el arbusto nodriza se puede cortar para su uso como leña. La

razón para la siembra a altas densidades es primero asegurar que al menos algunos sobrevivan si los años son malos y segundo permitir la extracción de leña delgada en años posteriores conforme se efectúe el aclareo (Figura 4.4)

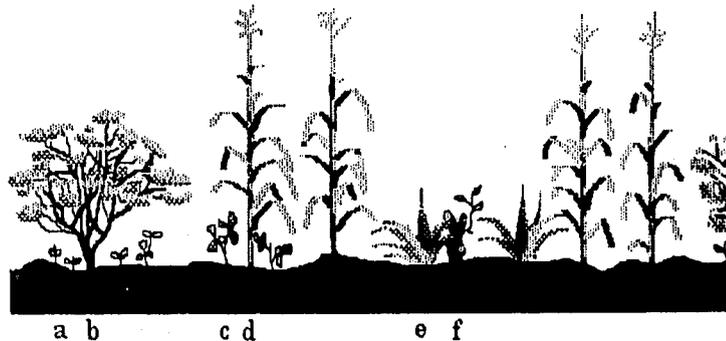
Sería en estas etapas iniciales que se harían los máximos esfuerzos por recuperar el suelo. Ningún programa de reforestación puede tener éxito si no contempla medios de captación de agua y manejo del suelo (Saxena 1992). Los arbustos pueden jugar en buena medida este papel por sus características, aunque su producción puede ser más alta mediante algunas prácticas tales como agregar pequeñas cantidades de suelo de regiones conservadas junto con la semilla. Esto tiene como objetivo asegurar la provisión de micorrizas y bacterias, ya que en suelos erosionados estos organismos pueden estar ausentes (Archer y Pyke 1991). La investigación sobre la propagación de cianobacterias y costras criptogámicas en la zona puede servir también para enriquecer la fertilidad del suelo. También se recomienda la construcción de pequeñas terrazas o bordos de piedra y tierra para manejar la humedad y el suelo (Grainger 1990). Todas estas labores pueden verse recompensadas con creces ya que se ha demostrado que incrementan la productividad.

Posteriormente los árboles de mayores dimensiones ocuparán una mayor extensión del terreno, por lo que la agricultura tendría que suspenderse. En los espacios donde antes se sembró el maíz podrían ahora sembrarse arbustos. La parcela entra en un proceso de productividad más bajo y puede ser "abandonada" para su desarrollo mientras que se pueden ir obteniendo troncos más gruesos para su uso como leña de tapa, siempre dejando partes de la planta para permitir la regeneración, que es en general buena en estos sistemas (Foroughbakhch y Heiseke 1990, Fries 1991). También se puede hacer un control de especies no deseadas o una poda dirigida a aumentar la productividad de otras especies manteniendo baja la competencia (Foroughbakhch y Heiseke 1990). Este proceso puede durar varios años, durante los cuales se puede permitir el pastoreo de las cabras con periodos de descanso, mientras continúa la extracción de forraje (figura 4.5)

A partir de este punto el sitio se puede mantener en condiciones más o menos similares de manejo y pasar a formar parte de las zonas "naturales" del pueblo, o bien funcionar como una isla a partir de la cual se dispersen semillas para acelerar la regeneración en los alrededores (apéndice F). Donde se hayan efectuado labores de aterrazado u otras de control de suelos que hayan requerido mucho trabajo es probable que el agricultor desee seguir explotando el terreno para fines agrícolas. En este caso el terreno debe volverse a limpiar. Una denudación completa no es deseable para evitar la erosión y por el papel benéfico de las plantas leñosas en los sitios de cultivo. Los árboles más sanos y desarrollados deberían conservarse a fin de que provean semilla, así como algunos arbustos bajo estas condiciones la regeneración es excelente y más rápida, aunque en ningún caso las nuevas

plantas son las que habían el a vegetación "madura" (Renes 1993). Puede resultar benéfico recortar sus copas para evitar la competencia por la luz en los estratos más bajos de la parcela, que es donde las plantas de la milpa se pueden encontrar (Figura 4.6).

Figura 4.4
Etapas iniciales del establecimiento
de un lote de árboles



En un principio el lote se cultiva conjuntamente con plantas agrícolas tradicionales (c, d), asegurando la producción a corto plazo. Los arbustos (b) que se incluirían serían aquellos de crecimiento más rápido, preferentemente leguminosas que favorezcan la fertilidad del suelo. La presencia de arbustos incrementa la productividad al elevar los niveles de nitrógeno y fosfatos y aumentar la humedad del suelo al reducir la insolación, a la vez que se les puede podar para obtener leña delgada. Bajo ellos podrían establecerse plantas de ciclo de vida más largo como árboles y agaves (a), que al crecer requerirían la corta del arbusto nodriza (f) que se utilizaría como leña. El aclareo de estas plantas también resultaría en una provisión de combustible.

Este sistema no se podría implementar en las zonas más degradadas, como por ejemplo donde se observan grandes cárcavas de erosión. Hasta aquí se ha planteado un sistema que en términos de esfuerzo puede ser clasificado como "medio" ya que se aprovecha el esfuerzo que se aplica al hacer una milpa, o incluso "alto" si se construyen sistemas más complicados para manejar el suelo y el agua, como terrazas o muretes de contención. Un suelo malo no retribuye lo suficiente como para compensar la inversión, mientras que en sitios menos deteriorados produce más recursos que las plantaciones intensivas (Sharma 1993b).

El paisaje bajo el esquema descrito hasta aquí constaría de un mosaico de parcelas, algunas en la etapa silvoagrícola, otras en etapa silvopastoral, incluyendo las regiones que hayan sido menos degradadas. Las zonas más degradadas bajo un sistema menos intenso de producción, probablemente

reforestado con siembras al voleo (apéndice F). En total, dado que diferentes asociaciones medran en diferentes sustratos, habría una considerable diversidad de plantas bajo manejo.

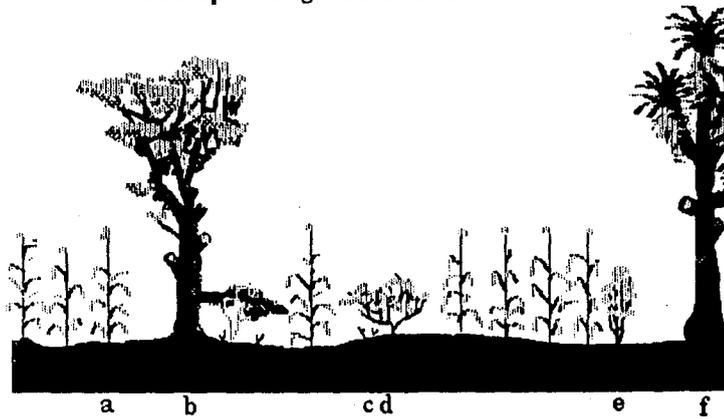
Figura 4.5
Etapas maduras de un lote de árboles



En cuanto los árboles crecen más allá del tamaño de los arbustos sus dimensiones impiden que las labores agrícolas se sigan desarrollando normalmente. En este momento diferentes especies de arbustos (a, d) pueden sembrarse en las líneas donde antes se encontraban las plantas agrícolas. Estos sitios pueden utilizarse para extraer leña de tapa a partir de troncos más gruesos (c), así como alimentos y forraje (e). La promoción de la regeneración bajo arbustos puede proseguir (b) mediante el control de las cabras, o hasta seguir ciclos de regeneración sin pastoreo introduciendo cabras cuando las plantas estén lo suficientemente desarrolladas. El objetivo es lograr una explotación sustentable logrando una máxima productividad.

El ejemplo anterior está basado en las observaciones y recomendaciones de varios autores organizadas en un marco que podría aplicarse a Los Reyes Metzontla. Se trata sólo de un ejemplo y no una propuesta. Sin embargo, como otros modelos, puede servir como modelo básico para definir otro más adecuado con los Metzontecos y para definir líneas de investigación que incluirían demografía de las especies leñosas, a un nivel de individuos genéticos y a nivel de arquitectura para conocer las formas óptimas de poda para extraer la máxima cantidad de leña reduciendo mínimamente la productividad (Fries 1991); ecofisiología de las plántulas para acelerar su crecimiento y evaluar si realmente les conviene crecer bajo arbustos, ya que esto sólo se ha demostrado para especies de suculentas (cactáceas y agaváceas) y no se ha trabajado extensamente para árboles y arbustos; estudio de las interacciones entre plantas leñosas y agrícolas, así como entre las plantas que constituirán en lote "maduro" y estudios sobre formas alternativas de pastoreo y maximización de la producción forrajera, entre otros

Figura 4.6
Reocupación agrícola de un lote de árboles



La reocupación del terreno debe efectuarse respetando parte de la vegetación leñosa del sitio a fin de conservar las ventajas que ésta le da a los cultivos en términos de productividad. En éste momento la diversidad de árboles (b, f) y de arbustos (d, e) debiera ser mayor que la inicial a partir de un terreno esquelético donde sólo se sembraron especies de crecimiento rápido. Las plantas agrícolas (a) crecen así entre la vegetación ya desarrollada por lo que el ciclo debiera de reducirse a partir de la segunda rotación. Los preparativos para un nuevo descanso ya se están efectuando (c)

Con este modelo se intenta desarrollar la línea de aprovechamiento integral que se sigue actualmente en Los Reyes. Los sistemas integrados se caracterizan por que las actividades forestales, agrícolas y pastorales se desarrollan conjuntamente en un área más o menos extensa de un modo planeado y sostenible (Grainger 1990). Un sistema con estas mismas características fue propuesto por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Desertificación (UNCOD) para el control del desierto en el Sahel en 1977 (Grainger 1990, Spooner 1982).

Los sistemas integrados son más productivos por las razones que hemos expuesto hasta aquí. Un ejemplo en Níger señala como el número de 10 cabezas de ganado por Km cuadrado pueden incrementarse hasta 20 en un sistema de este estilo (Grainger 1990). Sin embargo, la estructuración global del sitio en un programa al nivel de paisaje requiere una planeación y disciplina bastante difícil de lograr, cuestión que debe contemplarse en cualquier proyecto.

4.5.4. Diseños comunitarios

Como hemos señalado repetidas veces, el diseño final del proyecto debe efectuarse con una amplia participación de la comunidad, a fin de permitirles adecuarlo a sus necesidades y perspectivas, y de integrar sus conocimientos que en general cuentan con un amplio apoyo en lo que se refiere a experiencia. Hasta aquí hemos señalado diversas opciones y en cierta medida cuales serían sus pros y contras dentro de la situación del pueblo, pero no hay que olvidar que este estudio es sólo parcial y sus resultados no son concluyentes: la intención que ha habido tras este planteamiento ha sido estructurar una base de información que pueda ser de utilidad para definir nuevas líneas de investigación y para discutir y diseñar un proyecto en compañía de los Metzontecos. Queda más por delante que lo que se ha andado hasta aquí.

5. CONCLUSIONES

Los habitantes de Los Reyes Metzontla enfrentan una situación económica muy limitada como resultado de una serie de procesos sociales y ambientales que se han acelerado mutuamente. La producción artesanal representa la única fuente que provee ingresos a lo largo del año, aunque la competencia con productos industrializados (peltre) reduce dicha entrada a la vez que obliga a una especialización en la producción de comales, los cuales a su vez se venden a un mercado muy reducido, principalmente a la Ciudad de Tehuacán. El resultado parece haber sido una saturación del mercado y el desplome de los precios de estas piezas. La forma de compensar la merma en las ganancias ha sido incrementar la cantidad del producto.

El incremento en la demanda de leña ha traído en lo ambiental consecuencias muy graves. En conjunto con otras actividades, es responsable de la destrucción de la cubierta vegetal de una gran proporción de la superficie del pueblo, y es probable que deteriore seriamente las secciones menos perturbadas en un plazo muy corto. La estrategia campesina para esgurar el abasto ha sido diversificar el consumo y hacer uso de la vegetación secundaria. Aún así, dada las características especiales de la leña que se ocupa en las quemas el modelo se ha agotado al no haber más especies que satisfagan esos requerimientos, teniendo por resultado que la leña de varias especies se deba de importar desde los alrededores a un costo considerable para el campesino. Además del gasto en leña, la especialización en la alfarería implica otros gastos (transporte, alimentos en el sitio de venta) que reducen el ingreso familiar fomentando un círculo pobreza - destrucción ambiental que interactúa con otras actividades económicas que deben atenderse simultáneamente si se desea elevar el nivel de vida de la población, y por tanto se requiere de un esfuerzo multidisciplinario para atender aspectos sociales, administrativos, políticos y tecnológicos y lograr un desarrollo sustentable.

La reforestación mediante plantaciones intensivas se ha contemplado como posible solución al deterioro ambiental. Sin embargo, dada la relación entre la productividad de estos sistemas y la alta demanda de Los Reyes se requiere de extensiones considerables de terreno que demandan una inversión económica y de horas hombre inaceptable, y por otra parte significarían una reducción nada despreciable en los terrenos que cada familia destina a la milpa.

La gran variedad de plantas que se utilizan en Los Reyes constituyen una base que es necesario incluir en los programas de reforestación debido a consideraciones ecológicas y tecnológicas. Esto implica que de aumentarse la producción de unas pocas plantas ignorando las demás es difícil tener éxito. La reforestación de extensiones grandes y con varias especies es imposible de lograr con un programa de plantaciones intensivas a menos de que se tenga un

presupuesto muy grande. La alternativa es manejar extensiones grandes favoreciendo la regeneración natural, lo que implica propagar las plantas por semilla.

En general las semillas no presentan dificultades para su manejo, ya que germinan en cuanto se les pone en condiciones favorables, con gran rapidez y en números considerables. Dos factores son los que determinan mayormente la forma de latencia de la semilla: la filogenia y el tamaño del propágulo, fenómeno que se ha encontrado a nivel mundial. Se observó una gran variedad en las respuestas germinativas de algunas familias, lo que se asocia a ambientes impredecibles, mas en otros taxa hay una homogeneidad considerable. Esta respuesta mixta es de esperarse en las plantas perennes de los desiertos intertropicales, ya que por un lado la adecuación de dichas plantas no depende tanto de la reproducción y por tanto pueden arriegar las semillas, y por otro aquellos desiertos son más predecibles en sus condiciones ambientales.

Algunas líneas de manejo de semilla se pueden establecer: Para leguminosas y nolináceas se recomienda efectuar una escarificación mecánica de la testa para asegurar la germinación. Para compuestas y otras semillas pequeñas, dejar que halla una maduración prolongada a salvo de los depredadores y dispersarlas sin tratarlas, ya que aparentemente son capaces de detectar con gran precisión los momentos idóneos para germinar, maximizando la sobrevivencia. Para las demás familias basta con imbibir durante un día las semillas para incrementar y acelerar la germinación.

La alternativa que parece ser la más adecuada es una estrategia mixta en la que se manejen por un lado zonas naturales, para asegurar la producción a gran escala pero a largo plazo, y por otro sistemas domésticos de escasa extensión pero muy intensificados y que empiezen a producir a mediano plazo. Estos últimos contarían con sistemas económicos de manejo de agua y suelo: los arbustos propios de vegetación secundaria, que se establecen con facilidad y que fungirían como "nodrizas". Dichas plantas dan leña de cama en abundancia. Las especies de estadios posteriores serían especies multipropósito entre las que se cuenta la leña de tapa. Dado el espacio que debe haber entre árboles, y que inicialmente no estaría ocupado, se puede aprovechar el esfuerzo de preparar estos lotes y sembrar la milpa ahí mismo, evitando así la erosión que tiene lugar en los terrenos de cultivo en la época de secas y resolviendo el conflicto que provocaría la disminución de terreno para la siembra.

BIBLIOGRAFIA

- Ackerman, T.L. 1979. Germination and Survival of Perennial Plant Species in the Mojave Desert. Southw. Nat. 24:399-408
- Alcorn, J. B. 1989. Indigenous Agroforestry Strategies Meeting Farmers Needs en Anderson, A.B. Alternatives to Deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest. Columbia University Press, Nueva York. pp-
- Allen, J.C. 1989. Soil Properties and Fast-Growing Tree Species in Tanzania. For. Ecol. Manage. 16:127-147
- Appasamy, P.P. 1993. Role of Non-Timber Forest Products in a Subsistence Economy: The Case of a Joint Forestry Project in India. Econ. Bot. 47:258-267
- Archer, S. y Pyke, D.A. 1991. Plant-Animal Interactions Affecting Plant Establishment and Persistence on Revegetated Rangeland J. Range. Manage. 44:558-565
- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1990 Germination Ecophysiology of Seeds of the Winter Annual *Chaerophyllum taintneri*; a New Type of Morphophysiological Dormancy. J. Ecol. 78:993-1004
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. y Van Auken, O.W. 1992. Germination Response Patterns to Temperature During Afterripening of Achenes of Four Texas Winter Annual Asteraceae. Can. J. Bot. 70:2354-2358
- Baskin, C.C., Chesson, P.L. y Baskin, J.M. 1993. Annual Seed Dormancy Cycles in Two Desert Winter Annuals. J. Ecol. 81:551-556
- Begon, M., Harper, J.L., y Townsend, C.R. Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades
- Bell, D.T., Plummer, J.A. y Taylor, S.K. 1993. Seed Germination Ecology in Southwestern Western Australia. Bot. Rev. 59:24-73
- Ben Salem, B. y Palmberg, C. 1984. Place and Role of Trees and Shrubs in Dry Areas. en Wickens, G. E., Goodin, J. R. y Field, D. V. Plants for Arid Lands. Unwin-Hyman, Wellington, G. B. p93-101
- Bhadresa, R. y Moore, P.D. 1982. Desert Shrubs: The implications of Population and Pattern Studies for Conservation and Management en Spooner, B. y Mann, H.S. Desertification and Development: Dryland Ecology in Social Perspective. Academic Press, Nueva York. p269-276
- Bonner, F.T. 1984. New Forests from Better Seeds: The Role of Seed Physiology. en Duryea, M.L. y Brown, G.N. (Eds) Seedling Physiology and Reforestation Success. Nijhoff & Junk, Dodrecht, Holanda. pp????
- Borror, D.J. y White, R.E. 1970. A Field Guide to the Insects of America North of Mexico. Houghton Mifflin Co. Boston. 404 pp.
- Bradshaw, A.D. 1987. The Reclamation of Derelict Land and the Ecology of Ecosystems en Jordan, W.R., Gilpin, M.E. y Aber, J.D. Restoration Ecology: Synthetic Approach to Ecological Research. Cambridge University Press. Cambridge. pp 53-74

BIBLIOGRAFÍA 106

- Buckley, R.C. 1982. Seed Size and Seedling Establishment in Tropical Arid Dunecrest Plants. Biotropica 14:314-315
- Burk, J.H. 1982. Phenology, Germination, and Survival of Desert Ephemerals in Deep Canyon, Riverside County, California. Madroño 29:154-163
- Caballero, J. 1992. Maya Homegardens: Past, Present and Future. Einoecológica, 1:35-54
- Call, C.A. y Roundy, B.A. 1991. Perspectives and Processes in Revegetation of Arid and Semiarid Rangelands. J. Range Manage. 44:543-549
- Caulfield, J.P., Shönau, A.P.G., y Donald, D.G.M. 1993. Making Eucalyptus Species-Site Selection Decisions Using Stochastic Dominance Analysis. For. Ecol. Manage. 56:147-162
- Chesterfield, C.J. y Parsons, R.F. 1985. Regeneration of Three Tree Species in Arid South-Eastern Australia. Aust. J. Bot. 33:715-732
- Christiansson C., Kikula, I.S. y Ostberg, W. 1991. Man-Land Interrelations in Semiarid Tanzania: A Multidisciplinary Research Program Ambio 20:357-361
- CMMAD (Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo) 1988. Nuestro Futuro Común Alianza editorial, Madrid, p67-91
- Connell, J.H. y Slatyer, R.O. 1977. Mechanisms of Succession in Natural Communities and their Role in Community Stability and Organization. Am. Nat. 111:1119-1144
- Cox, J.R., De Alba-Villa, A., Rice, R.W. y Cox, J.N. 1993. Biological and Physical Factors Influencing *Acacia constricta* and *Prosopis velutina* establishment in the Sonoran Desert. J. Range Manage. 46:43-48
- Dang, H. 1993. Fuel Substitution in Sub-Saharan Africa. Environ. Manage. 17:283-288
- Dávila, P., Villaseñor, J.L., Medina, R., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez-Ken, A., Tenorio, P. 1993. Listados Florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Insto. Biol. UNAM. Méx. 195 pp.
- De la Lama, E. y Reynoso, L. Sin fecha. Los Reyes Metzontla FONART - INAH -SEP, México D.F. 61 pp.
- De Troyer, C. 1986. Desertification Control in the Sudanian and Sahelian Zones of West Africa - Better Management of the Renewable Resource Base. For. Ecol. Manage. 16:233-241
- Eldridge, D.J., Westoby, M. y Holbrook, K.G. 1991. Soil-Surface Characteristics, Microtopography and Proximity to Mature Shrubs: Effects on Survival of Several Cohorts of *Atriplex versicaria* Seedlings. J. Ecol. 79:357-364
- Evans, R.A. y Young, J.A. 1980. Establishment of Barbwire Russian Thistle in Desert Environments. J. Range Manage. 33:169-173
- Felker, P., Smith, D. y Wiesman, C. 1986. Influence of Mechanical and Chemical Weed Control on Growth and Survival of Tree Plantings in Semiarid Regions. For. Ecol. Manage. 16:259-267
- Felker, P., Smith, D., Wiesman, C. y Bingham, R.L. 1989. Biomass Production of *Prosopis alba* Clones at

BIBLIOGRAFÍA 107

- Two Non-Irrigated Field Sites in Semiarid South Texas. For. Ecol. Manage. 29:135-150
- Fenner, M. 1985. Seed Ecology. Chapman & Hall, Londres. p 72-86
- Franco, A.C. y Nobel, P.S. 1988. Interactions Between Seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. Ecology 69:1731-1740
- Freas, K.E. y Kemp, P.R. 1983. Some Relationships Between Environmental Reliability and Seed Dormancy in Desert Annual Plants. J.Ecol. 20:211-217
- Fries, J. 1991. Management of Natural Forests in the Semiarid Areas of Africa. Ambio 20:395-400
- Foroughbakhch, R. y Heiseke, D. Manejo Silvícola del Matorral: Raleo, Enriquecimiento y Regeneración controlada. Reporte científico No.19, Facultad de Ciencias Forestales, Univ. Aunton. Nuevo León, Unidad Linares, Linares, Méx. 28 pp.
- Foster, G.M. 1955. Contemporary Pottery Techniques in Southern and Central Mexico. University of Tulane Press, Nueva Orleans. 36pp.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen. Instituto de Geografía, UNAM. 2ª edición. México D.F. 246 pp.
- Grainger, A. 1990. The Threatening Desert: Controlling Desertification. Earthscan, Londres. 369 pp.
- Grime, J.P., Mason, G., Curtis, A.V., Rodman, J., Band, S.R., Mowforth, M.A.G., Neal, A.M. y Shaw, S. 1981. A Comparative Study of Germination Characteristics in a Local Flora. J. Ecol. 69:1017-1045
- Grubb, P.J. 1977. The Maintenance of Species-Richness in Plant Communities: The Importance of the Regeneration Niche. Biol. Rev. 52:107-145
- Gutterman, Y. 1990. Do Germination Mechanisms Differ in Plants Originating in Deserts Receiving Winter or Summer Rain? Israel Journal of Botany 39:355-372
- Hagon, M.W. 1976. Germination and Dormancy of *Themeda australis*, *Danthonia* spp., *Stipa bigeniculata* and *Botriochloa mucra*. Aust. J. Ecol.
- Harper, J.L. y Benton, R.A. 1966. The Behaviour of Seed in Soil II. The Germination of Seeds on the Surface of a Water Supplying Substrate. J. Ecol. 54:151-166
- Harper, J.L., Clatworthy, J.N., McNaughton, I.H. y Sagar, G.R. 1961. The Evolution and Ecology of Closely Related Species Living in the Same Area. Evolution 15:209-227
- Harper, J.L., Lovell, P.H. y Moore, K.G. 1970. The Shapes and Sizes of Seeds. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1:327-351
- Harper, J.L., Williams, J.T. y Sagar, G.R. 1965. The Behaviour of Seeds in Soil I. Heterogeneity of Soil Surfaces and its Role in Determining the Establishment of Plants From Seed. J. Ecol. 53:273-286
- Hellén, U. 1991. Desertification - Time for an Assessment? Ambio 20:372-383
- Hernández X., E. 1971. Exploración etnobotánica y su metodología. Colegio de Postgraduados, Escuela

Nacional de Agricultura-SAG. Chapingo. pp164-188

- Home, L. 1982. The Demand for Fuel: Ecological implications of Socio-Economic Change en Spooner, B. y Mann, H.S. Desertification and Development: Dryland Ecology in Social Perspective. Academic Press, Nueva York. p201-215
- Hughes L. y Westoby, M. 1992. Fate os Seeds Adapted for Dispersal by Ants in Australian Sclerophyll Vegetation. Ecology 73:1285-1299
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1985. Fotografía aerea 1:75,000. Vuelo especial SINFA, Mayo 1985, Línea 179, Nos. 10-14
- INEGI. 1987a. Carta topográfica 1:50 000 Tehuacán E14B75. INEGI, México.
- INEGI. 1987b. Carta topográfica 1:50 000 Atzumba E14B85. INEGI, México.
- INEGI. 1991. Resultados Definitivos por Localidad (Integración territorial) Puebla. XI Censo General de Población y Vivienda. INEGI, México, 436pp
- Janzen, D.H. 1969. Seed-Eaters Versus Seed Size, Number, Toxicity and Dispersal. Evolution 23:1-27
- Julren, M., Went, F.W. y Phillip, E. 1956. Ecology of Desert Plants IV. Combined Field and Laboratory Work on Germination of Annuals in the Joshua Tree National Monumen, california. Ecology 37:318-330
- Jurado, E., Westoby, M. y Nelson, D. 1991. Diaspore Weight, Dispersal, Growth Form and Perenniality of Central Australian Plants. J. Ecol. 79:811-830
- Jurado E. y Westoby, M. 1992a. Germination Biology of Selected Central Australian Plants. Aust. J. Ecol. 17:341-348
- Jurado, E. y Westoby M. 1992b. Seedling Growth in Relation to Seed Size among Species of Arid Australia. J. Ecol. 80: 407-416
- Kalapula. E.S. 1989. Woodfuel Situation and Deforestation in Zambia. Ambio 18:293-294
- Koch, N.E. y Kennedy, J.J. 1991. Multiple-Use Forestry for Social Values. Ambio. 20:330-333.
- Koller, D. 1969. The Physiology of Dormancy and Survival of Plants in Desert Environments. Symposium of the Society of Experimental Biology 23: 449-469
- Latorre-Alonso, J. 1990. Reforestation of Arid and Semiarid Zones in Chile. Agric. Ecos. Environ. 33:111-127
- Lima, P.C.F. 1986. Tree Productivity in the Semiarid Zone of Brasil. For. Ecol. Manage. 16:5-13
- Le Houérou, H.N. 1985. Forage and Fuel Plants in the Arid Zone of North Africa, the Near and Middle East. en Wickens, G. E. , Goodin, J. R. y Field, D. V. Plants for Arid Lands. Unwin-Hyman. Wellington, G. B. p117-141
- Maghembe, J.A., Kaoncka, A.R.S. y Lulandala, L.L.L. 1986. Intercropping, Weeding and Spacing Effects on Growth and Nutrient Content in *Leucaena leucocephala* at Morogoro, Tanzania. For. Ecol. Manage. 16:269-279

- Mazer, S.J. 1989. Ecological, Taxonomic, and Life History Correlates of Seed Mass among Indiana Dune Angiosperms. Ecological Monographs 59:153-175
- McMichael, B.L. y Quisenberry, J.E. 1993. The Impact of the Soil Environment on the Growth of Root Systems. Environ. Exp. Bot. 33:53-61
- McNeish, R.S. 1964. El Origen de la Civilización Mesoamericana visto desde Tehuacán. Mimeógrafo. INAH. México.
- McNeish R.S. (ed.) 1967-1972 The Prehistory of the Tehuacán Valley, 5 vols. Robert S. Peabody Foundation, University of Texas Press.
- Méndez R.I., Nanihira G.D., Moreno A.L. y Sosa de Martínez C. 1990. El protocolo de investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. Trillas. México
- Meyer, S.E. y Kitchen, S.G. 1992. Cyclic seed dormancy in the short lived perennial *Penstemon palmeri*. J. Ecol. 80:115-122
- Mgeni, A.S.M., 1992. Farm and Community Forestry (Village Afforestation) Program in Tanzania: Can it go Beyond Lipservice? Ambio 21:426-430
- Mnzava, L. 1981. Leña: La crisis energética personal de los pobres. Ceres. 19:35-39
- Mott, J.J. 1972. Germination Studies on Some Annual Species from an Arid Region of Western Australia. J. Ecol. 60:293-304
- Mott, J.J. 1974a. Factors Affecting Seed Germination in Three Annual Species from an Arid Region of Western Australia. J. Ecol. 62:699-709
- Mott, J.J. 1974b. Mechanisms Controlling Dormancy in the Arid Zone Grass *Aristida contorta* L. Physiology and Mechanisms of Dormancy. Aust. J. Bot. 22: _____
- Mott, J.J. y Reid, R. 1986. Forage and Browse - The Northern Australian Experience en Wickens, G. E. , Goodin, J. R. y Field, D. V. Plants for Arid Lands. Unwin-Hyman. Wellington, G. B. p143-161
- Mung'ong'o, C. 1991. Socioecological Processes and the Land Question in the Kondoa Irangi Hills, Tanzania. Ambio 20:362-365
- Ngutube, M. R., Chapola, G. B. J., y Mwabumba, L. 1993. The Potential of Australian Dry Zone Acacias for Agroforestry in Malawi. For. Ecol. Manage. 56:83-97
- Nicmbro R., A. 1989. Semillas de plantas leñosas: Morfología comparada. Linusa, México. 224 pp.
- Nimbkar, B. V., Nimbkar, N. y Zende, N. 1986. Desertification of Western Maharashtra: Causes and Possible Solutions. I. Comparative Growth of Eight Tree Species. For. Ecol. Manage. 16: 243-251
- Nobel, P. S. 1988. Environmental Biology of Agaves and Cacti Cambridge University Press, Cambridge. 270 pp.
- Olsson, K. y Rapp, A. 1991. Dryland Degradation in Central Sudan and Conservation for survival. Ambio 20:192-195

- Ornazaábal, C. S. 1991. Silvopastoral Systems in Arid and Semi-arid Zones of Northern Chile. Agrofor. Syst. 14:207-217
- Ornás, A.H. y Salih, M. 1991. Research and Development Issues for African Drylands Ambio 20:389-394
- Osei, W. Y. 1993. Woodfuel and Deforestation - Answers for a Sustainable Environment. J. Environ. Manage. 37:51-62
- Owino, F. 1992. Improving Multipurpose Tree and Shrub Species for Agroforestry Systems. Agrofor. Systems 19:152-157
- Palerm, A. y Wolf, E. 1972. Agricultura y civilización en Mesoamérica. Setenta y dos #72, SEP, México. 205 pp.
- Phillips, R., Fisher, J.T. y Mexal, J.G. 1986. Fuelwood Production Utilizing *Pinus eldarica* and Sewage Sludge Fertilizer. For. Ecol. Manage. 16:95-102
- Pyke D.A. y Archer, S. 1991. Plant-Plant Interactions Affecting Plant Establishment and Persistence on Revegetated Rangeland. J. Range. Manage. 44:550-557
- Reid, N., Marroquín, J. y Beyer-Münzel, P. 1990. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, Northeastern México. For. Ecol. Manage. 36:61-79
- Renes, G.J.B. 1991. Regeneration Capacity and Productivity of Natural Forest in Burkina Faso. For. Ecol. Manage. 41:291-308
- Roberts, E.H. y King, M.W. 1980. The Characteristics of recalcitrant Seeds. En Chin, H.F. y Roberts, E.H. Recalcitrant Crop Seeds. Tropical Press, Kuala Lumpur. p1-5
- Ross, J.D. 1984. Metabolic Aspects of Dormancy. en Murray, D.R. (Ed.) Seed Physiology VOL. 2. Academic Press. Sydney. p. 45-75
- Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa. México. 432 pp.
- Saxena, N.C. 1992. Farm Forestry and Land-Use in India: Some Policy Issues. Ambio 21:420-425
- SEMIP-CCE (Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal - Comisión de Comunidades Europeas) 1988. Energía rural en México. Análisis de la estructura de consumo de energía en el medio rural nacional Subsecretaría de Energía. Vol.). México D.F. 82 pp.
- Shackleton, C.M. 1993. Fuelwood Harvesting and Sustainable Utilization in a Communal Grazing Land and Protected Area of the Eastern Transvaal Lowveld. Biol. Conserv. 63:247-254
- Sharma, R.A. 1993a. The Socioeconomic Evaluation of Social Forestry Policy in India. Ambio 22:219-224
- Sharma, R.A. 1993b. Agroforestry vs. Forestry for the Rural Poor: A Socio-Economic Evaluation. Agrofor. Syst. 22:131-143
- Sheldon, J.C. 1974. The Behaviour of Seeds in Soil III. The Influence of Seed Morphology and the Behaviour of Seedlings on the Establishment of Plants from Surface-Lying Seeds. J. Ecol. 62:47-66

BIBLIOGRAFÍA 111

- Shipley, B. y Peters, H. 1990. The Allometry of Seed Weight and Seedling Relative Growth Rate. Funct. Ecol. 4:523-529
- Silvertown, J. 1981. Seed Size, Life Span, and Germination Date as coadapted Features of Plant Life History. Am. Nat. 118:860-864
- Sirén, G. 1982. Silvicultura Energética. Unasylva 34:22-28
- Smiet, A. C. 1993. Tropical Forestry in the 21th Century: Limitations and Opportunities. Ambio 22: 50-51
- Spooner, B. 1982. Rethinking Desertification: The Social Dimension en Spooner, B. y Mann, H.S. Desertification and Development: Dryland Ecology in Social Perspective. Academic Press, Nueva York. p1-24
- Toledo, V.M., Caravias, J., Mapes, C. y Toledo, C. 1985. Ecología y Autosuficiencia Alimentaria Siglo XXI. 118pp.
- Tran, V.N., y Cavanagh, A.K. 1984. Structural Aspects of Dormancy en Murray, D.R. (Ed.) Seed Physiology VOL. 2. Academic Press. Sydney. p. 1-43
- Turner, M.G. 1989. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. Ann. Rev. Ecol. Syst. 20:171-197
- Ueckert, D.N., Smith, L.L., y Allen, B.L. 1979. Emergence and Survival of Honey Mesquite Seedlings in West Texas. J. Range Manage. 32:284-287
- Valiente-Banuet, A., Bolongaro-Crevenna, A., Briones, O., Ezcurra, E., Rosas, M., Núñez, H., Barnard, G. y Vázquez, E. 1991. Spatian Relationships between Cacti an Nurse Shrubs in a Semi-Arid Environment in Central México. J. Veg. Sci. 2:15-20
- Venable, D.L. y Lawlor, L. 1980. Delayed Germination and Dispersal in Desert Annual: Escape in Space and Time. Oecologia (Berl.) 46:272-282
- Venable, D.L. y Brown, J.S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. The American Naturalist 113:360-382
- Weber, F. R. y Stoney, C. 1986. Reforestation in Arid Lands. Volunteers for Technical Assistance (VITA). EE. UU. 335 pp.
- Went, F.W. 1948. Ecology of Desert Plants I. Observations on Germination in the Joshua Tree national Monument, California. Ecology 29:242-253
- Went, F.W. 1949. Ecology of Desert Plants II. The Effect of Rain and Temperature on Germination and Growth. Ecology 30:1-13
- Went F.W. y Westergaard, M. 1949. Ecology of Desert Plants III. Development of Plants in the Death Valley National Monumet, California. Ecology 30:26-38
- Whitacker I. y Whitacker E. 1974. Cerámica mexicana contemporánea: Un arte en constante evolución. Américas 26: S1-S16
- Woodell, S.R.J. 1990. Regeneration in the Shrub *Acacia burkittii* FvM. ex Benth. in the Arid Zone of

BIBLIOGRAFÍA 112

South Australia. Biol. Conserv. 51:39-48

Young, T.P. y Francombe, C. 1991. Growth and Yield Estimates in Natural Stands of *Leleshwa* (*Tarconanthus camphoratus*). For. Ecol. Manage. 41:309-321

Zar, J. H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 718pp.

Zelada, L. G. 1986. The Influence of the Productivity of *Prosopis tamarugo* in the Pampa del Tamarugal- A Review. For. Ecol. Manage. 16:15-31

Zizumbo, D. y Terán, S. 1985. Las semillas de la cultura. Boletín ECAUDI 12:3-17

FECHA _____ NUMERO DE ENCUESTA _____ HORA _____

Biólogos de la Universidad Nacional Autónoma de México estamos haciendo esta encuesta para conocer más sobre el uso de la leña en Los Reyes. Estamos haciendo una investigación para tratar que la leña no escasee. Necesitamos saber cuánta leña se quema en el pueblo todos los viernes para saber si cultivando arbolitos se puede producir suficiente madera para toda la comunidad. Los datos que usted amablemente nos proporcione serán mantenidos en secreto.

I. DATOS DEL ENTREVISTADO

- 1 Nombre del padre de familia _____
- 2 Domicilio _____
- 3 Edad _____
- 4 ¿Cuántos hijos tiene? _____

II. LOZA QUE VA A QUEMAR

- 1 ¿Qué loza va a quemar esta semana?

| | Cantidad |
|-----------------|----------|
| Comales | _____ |
| Ollas para agua | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |

- 2 ¿Dónde va a vender su loza?

III. GASTOS Y GANANCIAS

- 1 El barro
Lo compro Lo trajo usted
- 2 Si lo compro ¿Cuanto le costó? _____
- 3 ¿Cuanto le cuesta el pasaje para llegar al sitio donde va a vender su leña? _____
- 4 ¿Hizo otros gastos?
SI No
¿Cuales? _____
- 5 ¿Cuanto gano la ultima vez que fue a vender loza?

IV. LEÑA QUE VA A QUEMAR

1 ¿Cuántas cargas va a quemar? _____

2 La leña que va a usar:

- La recogió en el monte (Llene la columna de la derecha)
- La compro (Llene la columna de la izquierda)
- Parte la recogió y parte la compró (Llene ambas columnas)

Leña comprada

3 ¿De qué pueblo venía la leña que compró? _____

4 ¿Cuánto le costó la carga? _____

5 ¿Compró leña de tapa?

Sí No

¿Cuántas cargas? _____

¿De qué especies? _____

6 ¿Compró leña de cama?

Sí No

¿Cuántas cargas? _____

¿De qué especies? _____

11 ¿Compró también leña para cocinar?

Sí No

¿Cuánta? _____

¿De qué especies? _____

Leña recogida

7 ¿Dónde fue a recoger su leña? _____

8 ¿Cuánto tiempo tardó en llegar allá? _____

9 ¿Recogió leña de tapa?

Sí No

¿Cuántas cargas? _____

¿De qué especies? _____

10 ¿Recogió leña de cama?

Sí No

¿Cuántas cargas? _____

¿De qué especies? _____

¡Gracias!

Nombre del entrevistador _____

Comentarios _____

APÉNDICE B

Plantas útiles en la elaboración de cerámica

Las plantas que se enlistan a continuación han sido nombradas siguiendo a Dávila *et al.* 1993.

1. Plantas utilizadas durante la preparación de la loza

| Nombre vulgar | Nombre científico | Usos |
|---------------|---|--|
| Popote | <i>Gymnosperma glutinosum</i> (Sprengel) Less. Asteraceae | Secado de la cerámica Preparación del pulque Medicinal |
| Estrellita | <i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth.) A.Gray Asteraceae | Secado de la cerámica |
| Cuajote | <i>Bursera morelensis</i> Ramírez. Burseraceae | Teñido de la cerámica Leña de tapa |

2. Plantas utilizadas como leña de cama

| Nombre vulgar | Nombre científico | Otros usos |
|--------------------------------------|---|--|
| Andrés | <i>Garrya ovata</i> Garryaceae | |
| Campanita | <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth. Bignoniaceae | Ornamental Forraje |
| Cardón | <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber) Backeb. Cactaceae | Alimento |
| Cardón | <i>Neobuxbaumia macrocephala</i> (F.A.C. Weber) Dawson. Cactaceae | |
| Candelillo | <i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc. Euphorbiaceae | |
| Coatillo | <i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray Asteraceae | |
| Cuapijo blanco | <i>Montanoa leucantha</i> (Lagasca & Segura) S.F. Blake Asteraceae | |
| Cuapijo negro | <i>Montanoa tomentosa</i> Cerv. Asteraceae | |
| Cuapijo amarillo | <i>Montanoa mollissima</i> Brogn. ex Groenl. Asteraceae | |
| Catoluche. Soluche. Cacaloxochitl | <i>Plumeria rubra</i> L. Apocynaceae | |
| Cubata | <i>Acacia cochliacantha</i> Humb. & Bonp. ex Willd. Mimosaceae | |
| Chilulo | <i>Quercus</i> sp. Fagaceae | |
| Chondata | <i>Acacia</i> sp. Mimosaceae | |
| Flor morada | <i>Morkillia mexicana</i> (Mociño & Sessé) Rose & Painter Zygophyllaceae | Ornamental |
| Garabato | | |
| Gomito | <i>Mimosa luisana</i> Brandegeae Mimosaceae | |
| Guaje | <i>Leucaena esculenta</i> (Mociño & Jessé ex DC.) Benth. Mimosaceae | Alimento |
| Guaje de ratón | <i>Calliandra</i> sp. Mimosaceae | |
| Guajillo | <i>Acacia constricta</i> Benth. Mimosaceae | Construcción de cercas |
| Guayabo | <i>Ceanothus gregii</i> A.Gray. Rhamnaceae | |
| Higo, anate | <i>Ficus</i> sp. Moraceae | |
| Lechuguilla | <i>Hechtia podantha</i> Mez. Bromeliaceae | Alimento para ganado(tallo) Obtención de agua (hojas) |

APENDICES 116

| | | |
|--------------------|---|---|
| Manteco | <i>Cercidion praecox</i> (Ruiz & Pavón) Harms. Caesalpinaceae | |
| Mezquite | <i>Prosopis laevigata</i> Humb. Mimosaceae | Forraje (vainas) |
| Ocalito de campo | <i>Fraxinus purpusii</i> Brandegeae Oleaceae | |
| Orégano | <i>Lippia graveolens</i> Kunth. Verbenaceae | Condimento Medicinal |
| Palo blanco | <i>Lysiloma</i> sp. Caesalpinaceae | |
| Palo de chinche | | |
| Pirul | <i>Schinus molle</i> L. Anacardiaceae | |
| Pirulín | <i>Schaefferia stenophylla</i> Standley Celastraceae | |
| Rompebota | <i>Caesalpinia</i> Caesalpinaceae | |
| Rompebota | <i>Senna</i> Caesalpinaceae | |
| Rosal | <i>Krameria</i> sp. Krameriaceae | Ornamental Medicinal "pa cuando uno está triste" |
| Salimán | <i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega. Euphorbiaceae | |
| Sabino | <i>Rhus</i> sp. Anacardiaceae | Medicinal |
| Sangre de Grau | <i>Jatropha neopauciflora</i> Pax. Euphorbiaceae | |
| Siempreviva | <i>Sedum</i> sp. Crassulaceae | |
| Sierrecilla | <i>Acacia subangulata</i> Rose Mimosaceae | Vainas útiles como forraje |
| Tepehuaje | <i>Leucaena</i> sp. Caesalpinaceae? | Forraje |
| Teclate | <i>Pseudosmodyngium multifolium</i> Rose Anacardiaceae | |
| Tesmote | <i>Quercus</i> sp. Fagaceae | Medicinal |
| Tlapacone | <i>Fouquieria formosa</i> Kunth. Fouquieriaceae | |
| Tostadillo | | |
| Tronadora amarilla | | |
| Uña de gato | <i>Mimosa lacerata</i> Rose Mimosaceae | |
| Zapote | | |
| | <i>Manihotides pauciflora</i> (Brandegeae) Rogers & Appan Euphorbiaceae | |
| | <i>Acacia bilimekii</i> Macbr. Mimosaceae | |
| | <i>Caesalpinia melanadenia</i> (Rose) Standley Caesalpinaceae | |
| | <i>Pterostemon rotundifolium</i> Ramírez. Saxifragaceae | |
| | <i>Randia capitata</i> DC. Rubiaceae | |
| | <i>Esenbeckia</i> sp. | |

3. Plantas utilizadas como leña de tapa

| Nombre vulgar | Nombre científico | Otros usos |
|---------------|---|---|
| Consuelda | <i>Pittocaulon praecox</i> (Cav.) H. Rob. & Brettel Asteraceae | |
| Nopal | <i>Opuntia hyptiacantha</i> F.A.C. Weber Cactaceae | |
| Nopal | <i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber Cactaceae | |
| Cucharilla | <i>Dasyliirion acrotriche</i> (Schiede) Zucc. Nolinaceae | La inflorescencia, llamada machichi, es comestible. Cria de insectos comestibles |
| Cozahuate | <i>Ipomoea arborescens</i> G. Don. Convolvulaceae | |
| Sotole | <i>Nolina longifolia</i> (Schultes) Hemsley Nolinaceae | |
| Zotolín | <i>Beaucarnea gracilis</i> Lem. Nolinaceae | |

APENDICES 117

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Izote | <i>Yucca periculosa</i> F. Baker. Agavaceae | Inflerescencia (Palmito) comestible |
| Copalillo | <i>Bursera aloexylon</i> Engelm. Burseraceae | |
| Cuajote | <i>Bursera morelensis</i> Ramirez. Burseraceae | |
| Copalillo | <i>Bursera</i> spp | |
| Magüey de potrero | <i>Agave marmorata</i> Roezl. Agavaceae | |
| Magüey cimarrón | <i>Agave</i> sp. Agavaceae | |
| Chichipe | <i>Polaskia chichipe</i> (Goselin) Backeb. Cactaceae | Frustos comestibles |
| Ixtle, Magüey Ixtlero | <i>Agave peacockii</i> Croucher Agavaceae | Construcción (escapo) Flor (Camaya) comestible Fibra vegetal |
| Magüey azul | <i>Agave macroacantha</i> Zucc. Agavaceae | |

Apénice C
**Efectos de la organización interna de las comunidades en los
 proyectos de recuperación ecológica.**

A menudo los programas de reforestación en el mundo tienen por objetivo aliviar las presiones económicas o ambientales que enfrentan los habitantes rurales. Sin embargo, el enfoque de los planeadores puede ser bien distinto del de los campesinos, que frecuentemente no perciben ningún problema o lo califican de poco relevante en comparación con sus otras necesidades.

Los afectados frecuentemente están comprometidos con la satisfacción de otras necesidades más allá de las que los planeadores contemplan, y por lo tanto la respuesta que éstos esperan cuando presentan una alternativa no manifiesta gran interés. Las expectativas de que los sectores más aquejados participen solidariamente en la reforestación para bien de todos en terrenos comunitarios no siempre encuentran expresión, ni los productos son empleados directamente por los destinatarios del programa para aliviar sus carencias

Las comunidades rurales están lejos de ser homogéneas. Hacia su interior existen varios grupos definidos por sus actividades económicas, su nivel social o su religión. Los proyectos de reforestación deben contemplar esta variedad y establecer claramente cuáles son los vínculos que tendrá con qué sectores, quienes trabajaran en el sistema y quienes y en que forma lo usufructuarán.

A menudo sólo los grupos más acomodados en la comunidad son los que están en posición de adoptar los programas (Sharma 1993a y b, Christiansson *et al.* 1991). Se ha generado discusión en torno a esto, señalando que la acción de los planeadores sólo favorece a los más ricos en vez de incidir en los sectores más pobres, que son quienes necesitan realmente de ayuda. Por el contrario, existen observaciones de que los sectores privilegiados son los que experimentan con los sistemas, y que al tener estos éxito, el resto de la comunidad imita el ejemplo (Grainger 1990).

Los artículos que se originan mediante el cultivo de árboles se perciben como más valiosos comercialmente que para uso propio en muchos sitios (Appasamy 1993, Sharma 1993 a). De hecho, es probable que al carecer de recompensa monetaria, no sean atractivos para los campesinos en muchos casos, y tal vez lo que se deba de

reforestar son los pueblos vecinos a Los Reyes que pueden percibir un beneficio económico en ello.

También se ha encontrado que la producción en parcelas para uso privado de familias o pequeñas asociaciones (e. g. escuelas) han tenido un mayor éxito que la reforestación de terrenos comerciales (Sharma 1993a). En cierta medida esto se puede deber al valor económico de la madera en los casos en que este existe, o bien a una percepción de inseguridad sobre los recursos comunitarios. Pocas personas pueden estar interesadas en plantar árboles para que los usen otros si no hay reciprocidad.

Una ventaja de la reforestación es que bajo ciertas condiciones provee empleo (Sharma 1993a y b). Esta no es la situación en la que cada quien planta su parcela o los terrenos comunitarios para uso propio, sino cuando el gobierno provee una suma para retribuir a los campesinos que se integran al programa, o cuando pequeños sectores de la comunidad cuentan con recursos suficientes para tomar empleados. Estas situaciones o no son duraderas o son a pequeña escala, por lo que su impacto es mínimo. El sistema en el que estamos trabajando tiene una característica especial, y es que existe un desembolso por parte de los usuarios del recurso. Si se implementan plantaciones en los pueblos que venden la leña, la situación sería análoga al pago de empleados especializados en el cultivo de árboles. En el caso de que las limitaciones que aparentemente tiene el sistema de venta de la cerámica metzonteca se superasen, se podría constituir en una fuente de efectivo no sólo en Metzontla sino en toda la región.

Apéndice D

Manejo del ganado favorable a la reforestación

El ganado representa uno de los peligros más graves para la reforestación. Durante las etapas más tempranas del desarrollo de la planta, se puede considerar que el forrajeo es más bien una forma de depredación, ya sea porque el organismo entero es devorado o bien porque las plántulas no pueden tolerar la pérdida de hojas, que les trae la muerte (Archer y Pyke 1991). Como resultado, en muchas regiones del mundo se ha observado que el pastoreo es la causa que impide la regeneración natural de las poblaciones vegetales o la mantiene a niveles mucho muy bajos (Bahdresa y Moore 1982, Kalapula 1989, Chesterfield y Parsons 1985, Woodell 1990), y se requiere de su erradicación.

Por esto muchos proyectos de recuperación de tierras contemplan un mayor o menor control sobre los ungulados. En la reserva de Guesselholdi, Níger, se impide el pastoreo durante los 3 primeros años tras la siembra (Fries 1991), proceso bastante común que ha sido recomendado para su uso general (Olsson y Rapp 1991, Kalapula 1989, Renes 1993). El ejemplo más dramático ha sido el proyecto Kondoa en Tanzania, en el cual 125,600 hectáreas de terreno fueron despejadas de cabras (Christiansson *et al.* 1991). Los resultados fueron impresionantes, según reporta Mung'ong'o (1991): "Dramática regeneración, reducción del transporte de sedimentos en los ríos, los cuales se han angostado y son más estables, las corrientes de agua prolongan su duración cada vez más hacia la época seca, y los pozos que antes dejaban de producir durante la sequía ahora son permanentes".

En Metzontla es imposible retirar la población caprina sin perjudicar a los habitantes, ya que estos animales representan una parte importante del ingreso monetario. La venta de una cabra aporta una cantidad importante de dinero prontamente, cuando se requiere de comprar semilla para la siembra o atender a un familiar enfermo. Su control es complicado ya que los rebaños andan sueltos, especialmente en época de secas, y no hay quien pudiera evitar que entren a los sitios bajo reforestación.

Es preciso establecer formas de control más efectivas. El manejo del ganado no tiene por qué ser perjudicial, e incluso puede resultar útil. Muchas semillas de testa dura frecuentemente son escarificadas en el tracto digestivo de los animales y se han

hecho experimentos en los cuales se demuestra cómo los rumiantes pueden de hecho actuar como máquinas de siembra, depositando semillas escarificadas en un medio abonado y húmedo. De hecho en la zona se observaron plántulas de *Prosopis laevigata* germinando vigorosamente en estiércol de burro. Además, las semillas depositadas junto con el estiércol no son atacadas por algunos depredadores (Janzen 1969) Por ello y por su bajo costo este puede ser un sistema eficiente de siembra, aunque hace falta hacer una buena investigación en torno a esto, ya que muchas semillas registraron daño ser sumergidas en ácido.

Por otra parte, la siembra de árboles resulta en una ventaja para el ganado. El forraje de las leguminosas es de buena calidad (Zelada 1986), y en general las plantas perennes lo producen durante una mayor parte del año, motivo por el cual se han hecho varios estudios para producir alimento para el rebaño a partir de árboles y arbustos, produciéndose entre 2 y 7 toneladas por hectárea por año en zonas sumamente áridas, como los desiertos chilenos (Ormazábal 1991, Latorre-Alonso 1990). Algunos sistemas tradicionales incluyen el forrajeo en el sistema para asegurar el abonado de los campos (Saxena 1992)

Un modo de evitar que las cabras coman los brotes al tiempo que se aprovechan las zonas en regeneración es cosechar el forraje para proporcionarlo a los animales en otro sitio donde no haya peligro. Adicionalmente por este medio se evita la destrucción del suelo asociada al pisoteo de la manada, una causa importante de pérdida de suelos en zonas áridas. La implementación de este sistema implicaría un cambio en la distribución del trabajo, ya que son los niños más pequeños los que están a cargo del ganado, mientras que la corta y el transporte del forraje requiere de animales de carga y herramientas (machetes) que normalmente se confían sólo a los adolescentes y adultos.

APÉNDICE E

Análisis de porcentajes y tasas de germinación

1.- Análisis de número total de semillas germinadas

Acacia

subangulata

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|-----------------------|-------|
| Tratamiento | 4.173 | 6 | 21 | .695 | | |
| Error | 0.241 | 21 | 0.012 | 60.469 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.248 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | HCl 4 | HCl 1 | Ag 48 | Ag 24 | Ag 12 | Escar | Test |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 0.339 | 0.457 | 0.872 | 0.915 | 1.073 | 1.402 | 1.402 |
| HCl 4 hr. | 0 | .118 | .534 | .577 | .735 | 1.064 | 1.064 |
| HCl 1 hr. | | 0 | 0.415 | 0.459 | 0.616 | 0.945 | 0.945 |
| Agua 48 hr. | | | 0 | 0.044 | 0.2 | 0.529 | 0.53 |
| Agua 24 hr. | | | | 0 | 0.157 | 0.482 | 0.487 |
| Agua 12 hr. | | | | | 0 | 0.329 | 0.329 |
| Escarific. | | | | | | 0 | 0.001 |
| Testigo | | | | | | | 0 |

(los números en *cursiva* son diferencias significativas)

Agave

macroucantha

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|-------|--------|--------|
| Tratamiento | 0.514 | 6 | 0.086 | | | |
| Error | 0.539 | 21 | 0.026 | 3.332 | 0.0183 | 0.0257 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 24 | HCl 4 | HCl 1 | Ag 48 | Ag 12 | Test. | Escar. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| medias | 0.595 | 0.706 | 0.736 | 0.736 | 0.769 | 0.776 | 1.114 |
| Agua 24 h. | 0 | 0.11 | 0.041 | 0.041 | 0.074 | 0.031 | 0.418 |
| HCl 4 h. | | 0 | 0.03 | 0.03 | 0.063 | 0.07 | 0.407 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 0 | 0.033 | 0.04 | 0.373 |
| Agua 48 h. | | | | 0 | 0.033 | 0.04 | 0.373 |
| Agua 12 h. | | | | | 0 | 0.007 | 0.344 |
| Testigo | | | | | | 0 | 0.337 |
| Escarific. | | | | | | | 0 |

Agave peacockii

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|-------------------|--------|
| Tratamiento | 0.476 | 6 | 0.079 | | | |
| Error | 0.174 | 21 | 0.008 | 9.5663 | $4 \cdot 10^{-5}$ | 0.2105 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Escar. | HCl 4 | Test. | Ag 24 | Ag 12 | HCl 1 | Ag 48 |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 1.04 | 1.35 | 1.363 | 1.403 | 1.422 | 1.435 | 1.437 |
| Escarific. | 0 | 0.31 | 0.323 | 0.363 | 0.332 | 0.395 | 0.397 |
| HCl 4 h. | | 0 | 0.014 | 0.053 | 0.072 | 0.086 | 0.087 |
| Testigo | | | 0 | 0.04 | 0.058 | 0.072 | 0.074 |
| Agua 24 h. | | | | 0 | 0.019 | 0.032 | 0.034 |
| Agua 12 h. | | | | | 0 | 0.014 | 0.016 |
| HCl 1 | | | | | | 0 | 0.002 |
| Agua 48 h | | | | | | | 0 |

Agave

verschaffeltii

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 0.088 | 6 | 0.015 | | | |
| Error | 0.218 | 21 | 0.01 | 1.4208 | NS | |

APENDICES 123

Agave sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 0.142 | 6 | 0.237 | | | |
| Error | 0.402 | 21 | 0.019 | 1.2371 | NS | |

Baccharis gracilis

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 4.866 | 6 | 0.811 | | | |
| Error | 0.18 | 21 | 0.085 | 95.412 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.6736 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | HCl 1 | Ag 48 | Ag 12 | HCl 4 | Test | Ag 24 | Escar. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| medias | 0.168 | 0.204 | 0.208 | 0.222 | 0.241 | 0.252 | 1.405 |
| HCl 1 h. | 0 | 0.036 | 0.041 | 0.054 | 0.073 | 0.084 | 1.237 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.005 | 0.018 | 0.037 | 0.048 | 1.201 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.013 | 0.033 | 0.043 | 1.197 |
| HCl 4 h. | | | | 0 | 0.019 | 0.03 | 1.133 |
| Testigo | | | | | 0 | 0.011 | 1.164 |
| Agua 24 h. | | | | | | 0 | 1.153 |
| Escarífico. | | | | | | | 0 |

Bursera sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|--------|--------|
| Tratamiento | 0.183 | 6 | 0.031 | | | |
| Error | 0.195 | 21 | 0.009 | 3.2891 | 0.0192 | 0.2226 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | escar. | Ag 48 | Ag 24 | HCl 4 | HCl 1 | Test. | Ag 12 |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 0.259 | 0.266 | 0.358 | 0.395 | 0.397 | 0.45 | 0.585 |
| Escarífico. | 0 | 0.006 | 0.099 | 0.135 | 0.138 | 0.191 | 0.305 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.093 | 0.129 | 0.132 | 0.185 | 0.299 |
| Agua 24 h. | | | 0 | 0.036 | 0.039 | 0.091 | 0.206 |
| HCl 4 h. | | | | 0 | 0.003 | 0.056 | 0.17 |
| HCl 1 h. | | | | | 0 | 0.053 | 0.187 |
| Testigo | | | | | | 0 | 0.115 |
| Agua 12 h. | | | | | | | 0 |

Caesalpinia sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 3.226 | 6 | 0.538 | | | |
| Error | 0.27 | 21 | 0.013 | 41.8278 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.2619 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Test. | Ag 24 | Ag 48 | HCl 1 | Ag 12 | HCl 4 | Escar. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| medias | 0.191 | 0.194 | 0.224 | 0.251 | 0.276 | 0.298 | 1.203 |
| Testigo | 0 | 0.003 | 0.034 | 0.06 | 0.085 | 0.108 | 1.013 |
| Agua 24 h. | | 0 | 0.031 | 0.057 | 0.082 | 0.104 | 1.009 |
| Agua 48 h. | | | 0 | 0.026 | 0.052 | 0.074 | 0.979 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0.025 | 0.048 | 0.953 |
| Agua 12 h. | | | | | 0 | 0.022 | 0.927 |
| HCl 4 h. | | | | | | 0 | 0.905 |
| Escarífico. | | | | | | | 0 |

Cercidium praecox

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 4.806 | 6 | 0.801 | | | |
| Error | 0.34 | 21 | 0.016 | 247.768 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.2941 |

APENDICES 124

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 24 | Test. | Ag 12 | HCl 1 | HCl 4 | Ag 48 | Esocar |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| medias | 0.19 | 0.205 | 0.228 | 0.297 | 0.316 | 0.336 | 1.437 |
| Agua 24 h. | 0 | 0.015 | 0.038 | 0.107 | 0.127 | 0.146 | 1.247 |
| Testigo | | 0 | 0.023 | 0.092 | 0.112 | 0.131 | 1.232 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.069 | 0.089 | 0.108 | 1.209 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0.02 | 0.039 | 1.14 |
| HCl 4 h. | | | | | 0 | 0.02 | 1.12 |
| Agua 48 h. | | | | | | 0 | 1.1 |
| Escarifico. | | | | | | | 0 |

Montanoa leucantha

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|-------|--------|--------|
| Tratamiento | 0.297 | 6 | 0.05 | | | |
| Error | 0.351 | 21 | 0.017 | 2.968 | 0.0293 | 0.2981 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | HCl 4 | Ag 48 | Ag 24 | Ag 12 | HCl 1 | Test. | Esocar. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| medias | 0.099 | 0.133 | 0.257 | 0.298 | 0.324 | 0.355 | 0.394 |
| HCl 4 h. | 0 | 0.035 | 0.158 | 0.199 | 0.225 | 0.257 | 0.295 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.124 | 0.165 | 0.191 | 0.232 | 0.261 |
| Agua 24 h. | | | 0 | 0.041 | 0.067 | 0.098 | 0.137 |
| Agua 12 h. | | | | 0 | 0.026 | 0.057 | 0.096 |
| HCl 1 h. | | | | | 0 | 0.031 | 0.069 |
| Testigo | | | | | | 0 | 0.039 |
| Escarifico. | | | | | | | 0 |

Montanoa tomentosa

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 2.222 | 6 | 0.37 | | | |
| Error | 0.226 | 21 | 0.011 | 34.4206 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.2396 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Test | HCl 4 | HCl 1 | Ag 24 | Ag 12 | Esocar. | Ag 48 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| medias | 0.107 | 0.208 | 0.786 | 0.936 | 0.978 | 0.991 | 1.025 |
| Testigo | 0 | 0.101 | 0.673 | 0.829 | 0.871 | 0.885 | 0.913 |
| HCl 4 h. | | 0 | 0.577 | 0.728 | 0.77 | 0.733 | 0.817 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 0.151 | 0.193 | 0.206 | 0.24 |
| Agua 24 h. | | | | 0 | 0.042 | 0.056 | 0.089 |
| Agua 12 h. | | | | | 0 | 0.014 | 0.047 |
| Escarifico. | | | | | | 0 | 0.335 |
| Agua 48 h. | | | | | | | 0 |

Acacia sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 5.553 | 6 | 0.926 | | | |
| Error | 0.103 | 21 | 0.005 | 189.153 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.1616 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 24 | Ag 48 | HCl 4 | HCl 1 | Test | Ag 12 | Esocar. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| medias | 0.204 | 0.751 | 1.242 | 1.333 | 1.403 | 1.435 | 1.472 |
| Agua 24h. | 0 | 0.547 | 1.033 | 1.129 | 1.199 | 1.231 | 1.268 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.491 | 0.582 | 0.652 | 0.684 | 0.721 |
| HCl 4 h. | | | 0 | 0.091 | 0.181 | 0.193 | 0.23 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0.07 | 0.102 | 0.139 |
| Testigo | | | | | 0 | 0.032 | 0.07 |
| Agua 12 h. | | | | | | 0 | 0.037 |
| Escarifico. | | | | | | | 0 |

APENDICES 126

Polaskia chichipe

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 0.053 | 6 | 0.009 | | | |
| Error | 0.388 | 21 | 0.018 | 0.4774 | NS | |

Prosopis laevigata

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|--------------------|--------|
| Tratamiento | 1.642 | 6 | 0.274 | | | |
| Error | 0.303 | 21 | 0.014 | 13.9808 | 1*10 ⁻⁵ | 0.2774 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | HCl 1 | Test. | HCl 4 | Ag 24 | Ag 12 | Ag 48 | Escar. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| medias | 0.551 | 0.622 | 0.631 | 0.755 | 0.785 | 0.8 | 1.332 |
| HCl 1 h. | 0 | 0.072 | 0.08 | 0.205 | 0.248 | 0.25 | 0.731 |
| Testigo | | 0 | 0.008 | 0.133 | 0.176 | 0.178 | 0.709 |
| HCl 4 h. | | | 0 | 0.125 | 0.168 | 0.17 | 0.701 |
| Agua 24 h. | | | | 0 | 0.044 | 0.45 | 0.577 |
| Agua 12 h. | | | | | 0 | 0.002 | 0.533 |
| Agua 48h. | | | | | | 0 | 0.531 |
| Escarificio. | | | | | | | 0 |

Pittocaulon praecox

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 0.179 | 6 | 0.03 | | | |
| Error | 0.261 | 21 | 0.012 | 2.4004 | NS | |

Senna sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|--------|--------|
| Tratamiento | 0.894 | 6 | 0.149 | | | |
| Error | 0.393 | 21 | 0.019 | 7.9566 | 0.0002 | 0.3161 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | HCl 4 | Ag 24 | Test. | Ag 12 | HCl 1 | Ag 48 | Escar |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 0.222 | 0.361 | 0.407 | 0.44 | 0.476 | 0.592 | 0.831 |
| | 0 | 0.138 | 0.185 | 0.218 | 0.254 | 0.34 | 0.629 |
| | | 0 | 0.047 | 0.079 | 0.116 | 0.232 | 0.471 |
| | | | 0 | 0.033 | 0.069 | 0.185 | 0.424 |
| | | | | 0 | 0.036 | 0.152 | 0.392 |
| | | | | | 0 | 0.166 | 0.355 |
| | | | | | | 0 | 0.239 |
| | | | | | | | 0 |

Tecoma stans

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 0.383 | 6 | 0.064 | | | |
| Error | 0.825 | 21 | 0.039 | 1.6246 | NS | |

Yucca periculosa

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|--------------------|--------|
| Tratamiento | 1.622 | 6 | 0.27 | | | |
| Error | 0.259 | 21 | 0.012 | 21.9325 | 1*10 ⁻⁵ | 0.2565 |

APENDICES 127

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | HCl 4 | Escar. | Test. | Ag 48 | Ag 12 | HCl 1 | Ag 24 |
|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 0.134 | 0.783 | 0.771 | 0.795 | 0.804 | 0.823 | 0.958 |
| HCl 4 h. | 0 | 0.629 | 0.637 | 0.661 | 0.67 | 0.639 | 0.324 |
| Escariffo. | | 0 | 0.008 | 0.033 | 0.041 | 0.061 | 0.195 |
| Testigo | | | 0 | 0.025 | 0.033 | 0.052 | 0.187 |
| Agua 48 h. | | | | 0 | 0.008 | 0.028 | 0.162 |
| Agua 12 h. | | | | | 0 | 0.02 | 0.154 |
| HCl 1 h. | | | | | | 0 | 0.135 |
| Agua 24 h. | | | | | | | 0 |

2.- Análisis de tasas de germinación

Acacia

subangulata

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|---|-------|
| Tratamiento | 23.68 | 6 | 3.947 | | | |
| Error | 4.135 | 21 | 0.197 | 20.0434 | | 1.025 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 12 | Ag 48 | Ag 24 | Test. | Escar. | HCl1 | HCl4 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| medias | 0.519 | 0.555 | 0.734 | 1.718 | 1.941 | 2.406 | 3.063 |
| Agua 12 h. | 0 | 0.036 | 0.215 | 1.199 | 1.722 | 1.887 | 2.544 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.179 | 1.163 | 1.386 | 1.851 | 2.503 |
| Agua 24 h. | | | 0 | 0.984 | 1.207 | 1.672 | 2.329 |
| Testigo | | | | 0 | 0.223 | 0.689 | 1.345 |
| Escariffo. | | | | | 0 | 0.466 | 1.122 |
| HCl 1 h. | | | | | | 0 | 0.656 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

Agave

macrocantha

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|--------|--------|
| Tratamiento | 3.698 | 6 | 0.616 | | | |
| Error | 2.545 | 21 | 0.121 | 5.0866 | 0.0023 | 0.8042 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Escar. | Ag 48 | Ag 24 | HCl 4 | HCl 1 | Ag 12 | Test. |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 2.573 | 2.882 | 2.995 | 3.24 | 3.458 | 3.531 | 3.648 |
| Escariffo. | 0 | 0.289 | 0.422 | 0.667 | 0.535 | 0.938 | 1.073 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.133 | 0.378 | 0.596 | 0.669 | 0.784 |
| Agua 24 h. | | | 0 | 0.245 | 0.463 | 0.536 | 0.651 |
| HCl 4 h. | | | | 0 | 0.218 | 0.291 | 0.406 |
| HCl 1 h. | | | | | 0 | 0.063 | 0.188 |
| Agua 12 h. | | | | | | 0 | 0.115 |
| Testigo | | | | | | | 0 |

Agave peacockii

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 16.71 | 6 | 2.785 | | | |
| Error | 0.396 | 21 | 0.0189 | 147.726 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.3172 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 24 | Ag 48 | Escar. | Ag 12 | Test. | HCl 4 | HCl 1 |
|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 0.957 | 1.008 | 1.481 | 1.835 | 2.534 | 2.828 | 2.931 |
| Agua 24 h. | 0 | 0.051 | 0.524 | 0.373 | 1.577 | 1.871 | 1.974 |
| Agua 48 h. | | 0 | 0.473 | 0.327 | 1.526 | 4.319 | 1.923 |
| Escariffo. | | | 0 | 0.354 | 1.053 | 1.346 | 1.45 |
| Agua 12 h. | | | | 0 | 0.639 | 0.393 | 1.096 |
| Testigo | | | | | 0 | 0.294 | 0.397 |
| HCl 4 h. | | | | | | 0 | 0.104 |
| HCl 1 h. | | | | | | | 0 |

APENDICES 128

*Agave
verchhoffii*

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|-----------------------|-------|
| Tratamiento | 10.77 | 6 | 1.795 | | | |
| Error | 0.379 | 21 | 0.018 | 99.554 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.314 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos medias | Ag 48 | Ag 24 | Ag 12 | HCl 1 | Escar. | HCl 4 | Test. |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 0.831 | 1.173 | 1.237 | 2.201 | 2.291 | 2.358 | 2.378 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.342 | 0.406 | 1.37 | 1.46 | 1.327 | 1.548 |
| Agua 24 h. | | 0 | 0.064 | 1.023 | 1.118 | 1.135 | 1.205 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.964 | 1.054 | 1.121 | 1.141 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0.09 | 0.157 | 0.178 |
| Escarific. | | | | | 0 | 0.067 | 0.088 |
| HCl 4 h. | | | | | | 0 | 0.021 |
| Testigo | | | | | | | 0 |

Agave sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-------------------|-------|
| Tratamiento | 4.756 | 6 | 0.793 | | | |
| Error | 0.707 | 21 | 0.034 | 23.5302 | $1 \cdot 10^{-5}$ | 0.424 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos medias | Ag 48 | Escar. | Ag 12 | HCl 1 | Test. | Ag 24 | HCl 4 |
|------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1.363 | 2.181 | 2.175 | 2.405 | 2.468 | 2.848 | 2.777 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.803 | 0.822 | 1.052 | 1.115 | 1.295 | 1.424 |
| Escarific. | | 0 | 0.014 | 0.244 | 0.307 | 0.437 | 0.616 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.23 | 0.293 | 0.473 | 0.602 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0.063 | 0.243 | 0.372 |
| Testigo | | | | | 0 | 0.18 | 0.309 |
| Agua 24 h. | | | | | | 0 | 0.129 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

*Beaucarnea
gracilis*

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|---|--------|
| Tratamiento | 106.5 | 6 | 17.75 | | | |
| Error | 47.615 | 21 | 2.376 | 7.4694 | | 3.5609 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos medias | Escar. | Test. | Ag 12 | HCl 1 | Ag 48 | Ag 24 | HCl 4 |
|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.589 | 4.75 | 5.75 | 6 | 6 | 6.375 | 6.825 |
| Escarific. | 0 | 4.131 | 5.131 | 5.431 | 5.431 | 5.806 | 6.056 |
| Testigo | | 0 | 1 | 1.25 | 1.25 | 1.625 | 1.875 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.25 | 0.25 | 0.625 | 0.875 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0 | 0.375 | 0.625 |
| Agua 48 h. | | | | | 0 | 0.75 | 0.625 |
| Agua 24 h. | | | | | | 0 | 0.25 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

Bursera sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|--------|--------|
| Tratamiento | 215.1 | 6 | 35.85 | | | |
| Error | 182.92 | 21 | 8.71 | 4.1157 | 0.0069 | 6.8176 |

APENDICES 129

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 24 | Test. | Ag 12 | Escar. | HCl 4 | Ag 48 | HCl 1 |
|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| medias | 7.812 | 8 | 9.167 | 9.25 | 9.375 | 10.25 | 10.63 |
| Agua 24 h. | 0 | 0.188 | 1.365 | 1.438 | 1.563 | 2.438 | 2.813 |
| Testigo | 0 | 1.167 | 1.25 | 1.375 | 2.25 | 2.625 | 2.625 |
| Agua 12 h. | | 0 | 0.083 | 0.208 | 1.083 | 1.468 | 1.468 |
| Escarifico. | | | 0 | 0.125 | 1 | 1.375 | 1.375 |
| HCl 4 h. | | | | 0 | 0.875 | 1.25 | 1.25 |
| Agua 48 h. | | | | | 0 | 0.375 | 0.375 |
| HCl 1 h. | | | | | | 0 | 0 |

Caesalpinia sp

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 64.24 | 6 | 10.707 | | | |
| Error | 97.956 | 21 | 4.665 | 2.2953 | NS | |

Cercidium prencox

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|---|--------|
| Tratamiento | 51.37 | 6 | 8.562 | | | |
| Error | 50.841 | 21 | 2.421 | 3.5364 | | 3.5943 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 48 | Escar. | HCl 4 | HCl 1 | Test. | Ag 12 | Ag 24 |
|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 2.375 | 3.631 | 5.25 | 5.398 | 5.5 | 5.75 | 6.75 |
| Agua 48 h. | 0 | 1.256 | 2.875 | 3.021 | 3.125 | 3.375 | 4.375 |
| Escarifico. | | 0 | 1.619 | 1.765 | 1.869 | 2.119 | 3.119 |
| HCl 4 h. | | | 0 | 0.146 | 0.25 | 0.5 | 1.5 |
| HCl 1 h. | | | | 0 | 0.104 | 0.354 | 1.354 |
| Testigo | | | | | 0 | 0.25 | 1.25 |
| Agua 12 h. | | | | | | 0 | 1 |
| Agua 24 h. | | | | | | | 0 |

Montanoa leucantha

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|---|--------|
| Tratamiento | 241.9 | 6 | 40.317 | | | |
| Error | 158.5 | 21 | 7.548 | 5.3416 | | 6.3462 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Escar. | Test. | HCl 1 | Ag 12 | Ag 24 | Ag 48 | HCl 4 |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 6.292 | 7.375 | 9.75 | 11.31 | 13.13 | 13.63 | 14.5 |
| Escarifico. | 0 | 1.083 | 3.458 | 5.021 | 6.833 | 7.333 | 8.208 |
| Testigo | | 0 | 2.375 | 3.938 | 5.75 | 6.25 | 7.125 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 1.563 | 3.375 | 3.875 | 4.75 |
| Agua 12 h. | | | | 0 | 1.812 | 2.312 | 3.187 |
| Agua 24 h. | | | | | 0 | 0.5 | 1.375 |
| Agua 48 h. | | | | | | 0 | 0.875 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

Montanoa tomentos a

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|----------------------|--------|
| Tratamiento | 51 | 6 | 8.5 | | | |
| Error | 4.186 | 21 | 0.199 | 42.6482 | p<1*10 ⁻⁵ | 1.0313 |

APENDICES 130

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 48 | Ag 24 | Ag 12 | Test. | HCl 1 | Escar. | HCl4 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| medias | 0.708 | 0.862 | 1.724 | 2.381 | 2.564 | 2.838 | 3.083 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.164 | 1.015 | 1.673 | 1.355 | 1.93 | 2.354 |
| Agua 24 h. | | 0 | 0.861 | 1.519 | 1.701 | 1.776 | 2.2 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.657 | 0.84 | 0.915 | 1.369 |
| Testigo | | | | 0 | 0.183 | 0.258 | 0.682 |
| HCl 1 h. | | | | | 0 | 0.075 | 0.499 |
| Escarific. | | | | | | 0 | 0.424 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

| <i>Acacia</i> sp. | | | | | | | |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|--|------|
| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | | DMSH |
| Tratamiento | 6.328 | 6 | 1.055 | | | | |
| Error | 24.834 | 21 | 1.184 | 0.8908 | NS | | |

| <i>Gochnatis hypoleuca</i> | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|--|------|
| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | | DMSH |
| Tratamiento | 102.1 | 6 | 17.017 | | | | |
| Error | 266.75 | 21 | 12.702 | 1.3396 | NS | | |

| <i>Ipomoea arborescens</i> | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|--|------|
| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | | DMSH |
| Tratamiento | 31.62 | 6 | 5.27 | | | | |
| Error | 98.842 | 21 | 4.707 | 1.1197 | NS | | |

| <i>Nolina longifolia</i> | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------|------------------|---------|--------|--------|------|
| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | | DMSH |
| Tratamiento | 161.7 | 6 | 26.95 | | | | |
| Error | 38.794 | 21 | 1.847 | 14.5886 | 0.0001 | 3.1397 | |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 48 | Escar. | HCl 1 | Ag 12 | Ag 24 | Test. | HCl 4 |
|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 2.844 | 3.116 | 3.989 | 4.255 | 4.354 | 5.488 | 7.806 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.272 | 1.45 | 1.413 | 1.511 | 2.644 | 4.963 |
| Escarific. | | 0 | 0.873 | 1.14 | 1.238 | 2.372 | 4.69 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 0.268 | 0.366 | 1.499 | 3.318 |
| Agua 12 h. | | | | 0 | 0.098 | 1.231 | 3.53 |
| Agua 24 h. | | | | | 0 | 1.133 | 3.452 |
| Testigo | | | | | | 0 | 2.319 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

| <i>Opuntia pilifera</i> | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|--|------|
| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | | DMSH |
| Tratamiento | 26.13 | 6 | 4.355 | | | | |
| Error | 105.47 | 21 | 5.022 | 0.8671 | NS | | |

| <i>Plumeria rubra</i> | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|------|------------------|--------|---|--------|------|
| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | | DMSH |
| Tratamiento | 3.915 | 6 | 0.6525 | | | | |
| Error | 5.172 | 21 | 0.246 | 2.6495 | | 1.1464 | |

APENDICES 131

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | escar. | Ag 12 | HCl 1 | Ag 24 | Ag 48 | Test. | HCl 4 |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 3.064 | 3.228 | 3.376 | 3.597 | 3.785 | 3.829 | 3.969 |
| Escarífico. | 0 | 0.164 | 0.312 | 0.533 | 0.721 | 0.765 | 0.905 |
| Agua 12 h. | | 0 | 0.148 | 0.369 | 0.557 | 0.601 | 0.741 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 0.221 | 0.409 | 0.453 | 0.593 |
| Agua 24 h. | | | | 0 | 0.188 | 0.232 | 0.332 |
| Agua 48 h. | | | | | 0 | 0.044 | 0.184 |
| Testigo | | | | | | 0 | 0.14 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

Polaskia chichipe

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|--------|--------|
| Tratamiento | 67.57 | 6 | 11.262 | | | |
| Error | 33.341 | 21 | 1.588 | 4.1157 | 0.0003 | 2.9107 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 12 | Ag 24 | HCl 1 | Test. | Escar. | HCl 4 | Ag 48 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| medias | 6.25 | 6.5 | 6.812 | 9.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| Agua 12 h. | 0 | 0.25 | .552 | 3.25 | 6.25 | 6.25 | 6.25 |
| Agua 24 h. | | 0 | 0.312 | 3 | 6 | 6 | 6 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 2.688 | 5.633 | 5.633 | 5.633 |
| Testigo | | | | 0 | 3 | 3 | 3 |
| Escarífico. | | | | | 0 | 0 | 0 |
| HCl 4 h. | | | | | | 0 | 0 |
| Agua 48 h. | | | | | | | 0 |

Prosopis laevigata

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|-----------------------|--------|
| Tratamiento | 10.26 | 6 | 1.71 | | | |
| Error | 1.11 | 21 | 0.053 | 32.3426 | $p < 1 \cdot 10^{-5}$ | 0.5312 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Escar. | Ag 24 | Ag 12 | HCl 4 | HCl 1 | Test. | Ag 48 |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 0.758 | 0.789 | 0.791 | 1.369 | 2.1 | 2.194 | 6.729 |
| Escarífico. | 0 | 0.031 | 0.033 | 0.611 | 1.342 | 1.436 | 5.971 |
| Agua 24 h. | | 0 | 0.002 | 0.53 | 1.311 | 1.405 | 5.94 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.573 | 1.309 | 1.403 | 5.933 |
| HCl 4 h. | | | | 0 | 0.731 | 0.325 | 5.36 |
| HCl 1 h. | | | | | 0 | 0.094 | 4.629 |
| Testigo | | | | | | 0 | 4.535 |
| Agua 48 h. | | | | | | | 0 |

Senecio praecox

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|---------|---|--------|
| Tratamiento | 334.4 | 6 | 55.733 | | | |
| Error | 109.23 | 21 | 5.204 | 10.7101 | | 5.2695 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 48 | Ag 24 | Ag 12 | Escar. | Test. | HCl 1 | HCl 4 |
|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| medias | 1.125 | 1.583 | 2.626 | 2.533 | 3.438 | 8.906 | 11.62 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.453 | 1.5 | 1.708 | 2.313 | 5.731 | 10.3 |
| Agua 24 h. | | 0 | 1.042 | 1.25 | 1.854 | 5.323 | 10.04 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.208 | 0.813 | 4.281 | 9 |
| Escarífico. | | | | 0 | 0.604 | 4.073 | 3.792 |
| Testigo | | | | | 0 | 3.469 | 3.188 |
| HCl 1 h. | | | | | | 0 | 4.719 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

Senna sp.

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|----|------|
| Tratamiento | 30.1 | 6 | 5.017 | | | |
| Error | 47.615 | 21 | 2.267 | 2.2125 | NS | |

APENDICES 132

Tecoma stans

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|-------|---|--------|
| Tratamiento | 10.15 | 6 | 1.692 | | | |
| Error | 4.3292 | 21 | 0.206 | 8.206 | | 1.0488 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 48 | Escar. | Ag 12 | Test. | Ag 24 | HCl 1 | HCl 4 |
|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| medias | 2.584 | 2.654 | 2.723 | 2.739 | 2.89 | 2.967 | 4.439 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.09 | 0.159 | 0.175 | 0.326 | 0.403 | 1.375 |
| Escarífico. | | 0 | 0.069 | 0.085 | 0.236 | 0.313 | 1.785 |
| Agua 12 h. | | | 0 | 0.016 | 0.167 | 0.244 | 1.716 |
| Testigo | | | | 0 | 0.151 | 0.228 | 1.7 |
| Agua 24 h. | | | | | 0 | 0.077 | 1.549 |
| HCl 1 h. | | | | | | 0 | 1.473 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

Yucca periculosa

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | G.L. | Cuadrados medios | F | P | DMSH |
|---------------------|-------------------|------|------------------|--------|--------|--------|
| Tratamiento | 108.4 | 6 | 18.067 | | | |
| Error | 92.889 | 21 | 4.423 | 4.0844 | 0.0072 | 4.8583 |

DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS

| tratamientos | Ag 48 | Ag 12 | HCl 1 | Ag 24 | Escar. | Test. | HCl 4 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| medias | 4.494 | 4.76 | 5.229 | 5.351 | 5.448 | 5.906 | 10.68 |
| Agua 48 h. | 0 | 0.266 | 0.735 | 0.857 | 0.954 | 1.412 | 6.194 |
| Agua 12 h. | | 0 | 0.469 | 0.591 | 0.688 | 1.146 | 5.923 |
| HCl 1 h. | | | 0 | 0.122 | 0.219 | 0.677 | 5.459 |
| Agua 24 h. | | | | 0 | 0.097 | 0.555 | 5.337 |
| Escarífico. | | | | | 0 | 0.458 | 5.24 |
| Testigo | | | | | | 0 | 4.782 |
| HCl 4 h. | | | | | | | 0 |

APÉNDICE E

Manejo de la semilla para la reforestación

La adopción de la propagación por semilla tiene una gran variedad de modalidades. Puede hacerse la siembra en viveros, en bolsas de plástico, o sembrar in situ con diferentes niveles de manejo. Cada opción tiene sus propias bondades, pero en general se pueden ordenar dentro de un gradiente que va de la siembra con el menor esfuerzo y que por lo tanto permite una máxima extensión con un mínimo éxito, hasta los programas que consumen el máximo esfuerzo incrementando la supervivencia a costa de la restauración de la mínima superficie. En ningún momento se asume que deba optarse por sólo una aproximación ya que como hemos señalado la diversidad de condiciones en Los Reyes requiere una diversidad de soluciones.

Las formas de introducción de plántulas más intensivas son aquellas donde la planta se cultiva en un vivero y luego se trasplantan al campo. En estos sistemas existe un control cercano de la plántula durante sus primeras etapas de crecimiento, que son las de máxima mortalidad y es más fácil proveer agua y sombra para evitar la desecación que es la causa más importante de mortalidad de plántulas (Noy-Meir 1973, Bonner 1984, Fenner 1985), así como evitar la entrada de ganado cuyos efectos son muy severos durante estas etapas (Apéndice D). La construcción de viveros está muy generalizada entre los planeadores de zonas áridas (Weber y Stoney 1986) por todas estas razones. Los resultados son variables, desde los muy exitosos, con una germinación cercana al 100% (Foroughbakhch y Heiseke 1990), intermedios, con germinación de un 60% (Ormazábal 1991) o los francamente malos (Grainger 1990) como resultado de la aridez.

Después del trasplante la planta se enfrenta a una serie de condiciones que pueden ser muy adversas. Varios autores señalan que el reclutamiento de plantas perennes en zonas áridas es un fenómeno más bien poco común. Las causas no están claras, y se ha propuesto que puede ser resultado de la competencia (Went 1948), pero en general hay más evidencias de que las condiciones deben ser excepcionalmente buenas durante algunos años para permitir que la planta llegue a su madurez (Appasamy 1992). No importa cuanto cuidado se le ponga a la preparación de los sitios, las condiciones climáticas son un factor importantísimo. Dada la impredecibilidad de los ambientes áridos resulta imposible saber cuando hacer los trasplantes para incrementar la supervivencia. Los años buenos para el

establecimiento ocurren cada 4 años en Australia y cada 15 en los EE. UU. (Call y Roundy 1991). En respuesta se han presentado sistemas de irrigación por goteo, pero los costos han sido insostenibles (Grainger 1990)

Bajo estas condiciones hacer una siembra laboriosa en grandes extensiones puede resultar poco conveniente, pues implica arriesgar un esfuerzo muy grande que bien puede requerir el abandono de otras actividades productivas que forman parte de la economía local. La alternativa para la reforestación extensiva está representada por las aproximaciones menos demandantes de esfuerzo como la siembra *in situ*.

Esta estrategia es la que menos resultados da en términos de supervivencia (Grainger 1990). La depredación de semillas constituye uno de los cuellos de botella más fuertes, ya que los roedores solamente pueden destruir entre el 30% y el 90% de las semillas al año (Archer y Pyke 1991, Kemp 1989). Sin embargo, enterrarlas tampoco es la solución, ya que la depredación alcanza semillas que se hallan enterradas hasta los 7 cm. mientras que las semillas de arbustos no pueden brotar de más allá de 4 cm. (Kemp 1989). Alternativamente se ha propuesto la siembra en lotes con mínimo perímetro para minimizar la entrada de depredadores (Archer y Pyke 1991).

La forma en que la siembra al voleo afecta la regeneración se reduce al incremento del número de semillas listas para germinar en el sitio. Ya que las semillas se colectarían de campo, este aumento se lograría de dos formas:

- Reduciendo la tasa de mortalidad de las semillas. Para esto las semillas deben recolectarse lo antes posible para evitar su dispersión, ya que cuando esta sucede roedores y hormigas depredan la mayor parte de la cosecha. Varios frutos en la zona han evolucionado para liberar su semilla cuando llueve, lo que se ha interpretado como una forma de escapar a la depredación. Otra causa de mortalidad importante son los brúquidos, que parasitan a virtualmente todas las leguminosas. Para escapar a esta forma de depredación las semillas siguen una estrategia inversa: se dispersan (Janzen 1969). La colecta de las semillas y su almacenamiento puede resultar contraproducente al favorecer la reinfección (que sucede en muchas familias de estos gorgojos), como se observó en muchas de los frascos donde se almacenaron las semillas para los experimentos de germinación. La reinfección puede evitarse a un nivel razonable agregando cal, y es probable

que hayan insecticidas económicos más eficientes aún. Otras familias pueden verse más favorecidas ya que no son endoparasitadas como las leguminosas, sino que los insectos que las comen lo hacen desde afuera, pasando de una semilla a otra dentro del fruto, como se observó en algunas compuestas.

- Tratando las semillas para que germinen ese mismo año. Ya vimos que las semillas de varias especies requieren de escarificación mecánica para germinar, la cual no se lograría por sí sola durante el almacenamiento sino hasta después de varios años cuando las testas se descompongan naturalmente.

Hacen falta estudios demográficos para evaluar si realmente la población enfrenta una constricción en su tasa de crecimiento debido a un reducido número de semillas y/o a su escasa supervivencia. Los estudios que se han realizado sobre la regeneración natural de las especies en zonas áridas así lo sugieren (Chesterfield y Parsons 1985, Woodell 1990) ya que no se observa reclutamiento, sin embargo también se ha señalado que la estrategia en plantas de zonas áridas es la permanencia del adulto reproductivo que esté produciendo semillas constantemente hasta que en un evento poco común ocurra el establecimiento.

La información generada durante los experimentos de germinación apunta fuertemente hacia la formación de bancos de semillas, ya que rara vez todas las semillas están listas para germinar simultáneamente, sino que un número limitado transita cada vez de un estado de latencia como la definimos aquí a uno donde pueda germinar cuando las condiciones sean las adecuadas, como sucede en la escarificación, la postmaduración o la lixiviación de sustancias inhibitorias.

Esta tendencia se ha interpretado como resultado de la selección natural, ya que en un ambiente impredecible no conviene arriesgar todo el patrimonio en un solo año que puede ser inadecuado para el establecimiento. Esto sólo se puede ver favorecido si la probabilidad de supervivencia en el banco de semillas es mayor que la probabilidad de establecerse dada la germinación (Venable ___). Ambas en este caso aparecen como muy bajas en la literatura, y es probable que las presiones de selección al menos en algunos casos hallan sido otras como asegurar el alejamiento de la planta madre en el caso de las testas gruesas.

Sea cual sea la causa, la siembra al voleo de semillas tratadas parece la más adecuada al proporcionar una buena dispersión al mismo tiempo que una gran variedad de condiciones diferentes para la germinación algunas de las cuales pueden resultar adecuadas aún en años malos ya que a la escala de las semillas la heterogeneidad ambiental es enorme y muy importante para la germinación (Harper *et al.* 1965, Eldridge *et al.* 1991).

Existen formas alternativas de "siembra al voleo". Una de ellas es la dispersión por las cabras (apéndice D). Otra es el establecimiento de islas de vegetación dispuestas en sitios estratégicos de modo que provean de semillas los alrededores (Archer y Pyke 1991). Las plantas en tales parcelas deben ser especies útiles, y es posible establecerlas mediante métodos más intensivos para asegurar su correcto desarrollo. Inclusive se pueden establecer a corto plazo mediante el trasplante con todo y suelo de plantas que ya están bien desarrolladas creciendo naturalmente en la zona. El método asegura la presencia de organismos del suelo, adaptación al mismo y plantas más grandes que toleran mejor el pastoreo (Archer y Pyke 1991).