

Ensayos

Recomendaciones técnicas

para el manejo sustentable de los recursos florísticos, edáficos e hídricos en la cuenca alta del Río Mixteco

Resumen

Como una contribución parcial de los resultados obtenidos del proyecto de investigación "Aplicación de un modelo de balances hídricos en la cuenca alta del río Mixteco (Huajuapán, Oaxaca), y determinación del binomio infiltración/escurrimiento con vistas a la reconstrucción de sus ecosistemas forestales", se proporcionan recomendaciones técnicas tendientes a revertir los procesos de erosión de suelos, deforestación y escasez de agua, mismos que constituyen los principales problemas que tienen que ver con la subsistencia de los núcleos de población humana que se encuentran ocupando parte del territorio de la cuenca alta del Río Mixteco.

Los resultados obtenidos muestran que en el extremo noroeste del Estado de Oaxaca, conocido como Mixteca Baja de Oaxaca, existen excelentes alternativas de producción de bienes y servicios en el medio rural teniendo como elementos fundamentales para lograr este propósito algunas especies vegetales autóctonas, además de las condiciones de suelos y clima de la región. Se determinó, que es deseable la realización de actividades tendientes a la protección, conservación y mejoramiento de los recursos florísticos, edáficos e hídricos. Las actividades que se plantean para realizarse en una primera etapa de trabajo en esta cuenca hidrográfica son: el manejo de desechos orgánicos, el establecimiento de cultivos comerciales perennes, la protección y conservación de suelos agrícolas, el control de los escurrimientos superficiales, la regulación de la extracción de productos forestales, la propagación de especies vegetales, la restauración de suelos por medio de la vegetación, el aumento de la cobertura vegetal y la protección de especies endémicas. Cada una de estas actividades tienen objetivos específicos, sin embargo, el objetivo final del plan de manejo es contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes de este territorio.

Abstract

Abstract: As a partial contribution from the results obtained from the research project entitled "Application of a hydric balance model in the high watershed of the Mixtec River (Huajuapán, Oaxaca), and the determination of the infiltration/run-off binomium with a view to reconstructing its forest ecosystems," this study offers technical recommendations which tend to revert soil erosion processes, deforestation and water scarcity. These are the principal problems affecting the subsistence of the human population centers which happen to be occupying part of the territory of the high watershed of the Mixtec River.

The results obtained show that in the extreme northeast of the State of Oaxaca, known as the Lower Mixteca (Mixteca Baja) of Oaxaca, there are excellent alternatives for the production of goods and services in the rural environment. The fundamental elements to achieve this goal are some native vegetable species, as well as the soil and climatic conditions of the region. It was discovered that it would be worthwhile carrying out activities that tend to protect, preserve and improve the floristic, edaphic and hydric resources. The activities which are proposed as the first stage of the task in the hydrographic watershed are: management of organic wastes, establishment of perennial commercial crops, protection and preservation of agricultural soils, control of surface run-off, control of the extraction of forest products, propagation of vegetable species, restoration of soils by means of the vegetation, increase of vegetable cover and the protection of endemic species. Each one of these activities has specific objectives. However, the ultimate objective of this management plan is to contribute to the improvement of the living conditions of the people who are living in this territory.

Abstrait

Comme une contribution partielle des résultats du projet de recherche « Application d'un modèle d'équilibre hydriques dans la partie haute de la rivière Mixteco (Huajuapán, Oaxaca) et détermination du binôme infiltration/écoulement avec en vue la reconstruction de ses écosystèmes forestiers » nous proposons des recommandations techniques dans le but de freiner le processus d'érosion des sols, déforestation et rareté de l'eau, qui constituent les principaux problèmes en lien avec la subsistance des petits centres de population humaine qui se trouvent en partie sur le territoire de la partie haute de la rivière Mixteco.

Les résultats obtenus montrent que dans l'extrême nord-est de l'Etat de Oaxaca, connu comme « la Mixteca Baja » de Oaxaca, il existe d'excellentes alternatives de production de biens et de services en milieu rural ayant comme éléments fondamentaux pour atteindre cet objectif quelques espèces végétales autochtones, en plus des conditions climatiques et du sol de la région. Il a été décidé qu'il est souhaitable de réaliser des activités tenant à la protection, conservation et amélioration des ressources floristiques, édaphiques et hydriques. Les activités qui sont en projet pour réaliser une première étape de travail dans ce bassin hydrographique sont : le traitement des déchets organiques, l'établissement de cultures commerciales persistantes, la protection et la conservation des sols agricoles le control des écoulements se surfaces, la régulation de l'extraction des produits forestiers, la propagation de espèces végétales, la restauration des sols par le moyen de la végétation, l'augmentation de la couverture végétale et la protection des espèces endémiques. Chacune de ces activités a des objectifs spécifiques. Cependant, l'objectif final du plan est de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des habitants de ce territoire.

- * Saúl Martínez Ramírez
- ** Eucebio C. Pedro Santos
- *** Fidencio Sustaita Rivera

Introducción

Con base en los resultados que se obtuvieron en el proyecto y en las observaciones que se hicieron durante los recorridos de campo efectuados de julio a septiembre de 1998 y de marzo a junio de 1999, cuyos objetivos fueron coleccionar muestras botánicas para caracterizar la vegetación y levantar información de campo relacionada con los suelos y con la cobertura vegetal de la cuenca alta del Río Mixteco, considerando también experiencias que se han tenido en actividades de propagación de plantas en condiciones de vivero y el establecimiento en campo de especies vegetales de importancia forestal, se han delineado una serie de actividades que pueden realizarse dentro de la cuenca hidrográfica bajo estudio, con la finalidad de que a corto, mediano y largo plazos contribuyan a mejorar las condiciones de vida de los habitantes que ocupan esta porción del territorio del Estado de Oaxaca, recomendaciones que deben enmarcarse dentro de un programa de manejo de la cuenca alta del Río Mixteco.

Antecedentes

Los núcleos de población humana tienden a ocupar siempre los terrenos planos, con suelos fértiles y fuentes perennes de agua limpia, condiciones generalmente presentes en el valle de las cuencas hidrográficas, donde se originan excelentes oportunidades para la producción de alimentos. Como ejemplos se tienen diversas culturas que ocuparon los fértiles valles de extensas cuencas hidrográficas tales como el pueblo chino que se desarrolló a orillas de los ríos Huang-Ho y Yang-Tsé-Kiang, el pueblo hindú que prosperó en los fértiles suelos originados por los ríos Tigris y Eufrates, el pueblo egipcio que floreció a expensas de las fértiles tierras en el área de influencia del río Nilo, a la cultura mexicana que se estableció en el valle de la cuenca hidrográfica de México y así se podrían citar a una gran cantidad de pueblos y culturas que han florecido invariablemente gracias a las buenas condiciones que han encontrado al pie de las montañas siempre a expensas de los recursos agua, suelo y vegetación.

La ciudad de Huajuapán de León, así como otros núcleos de población que ocupan el territorio de la cuenca alta del Río Mixteco, también se han desarrollado en las márgenes del Río Mixteco y sus principales

- * *Ing. Agrónomo especialista en Bosques. Profesor-investigador del Instituto de Hidrología*
- ** *Ing. Agrónomo especialista en Suelos. Profesor-investigador del Instituto de Hidrología*
- *** *Ing. Agrónomo especialista en Suelos, con la maestría en Edafología. Profesor-investigador del Instituto de Hidrología*

tributarios, que aunque poco caudaloso tiene las condiciones suficientes para dar sustento a una población en constante crecimiento, la cual ha convivido estrechamente con la flora y fauna del lugar y al igual a lo que sucedió con otras culturas que con el afán de mejorar su calidad de vida hicieron un uso inapropiado de la vegetación, del suelo y del agua, que al ser recursos limitados están sujetos a riesgos de deterioro, e incluso a riesgos de exterminio si no se ejecutan oportunamente las medidas apropiadas para su protección, conservación y mejoramiento.

Ante la amenaza latente de disminución de la capacidad de los recursos naturales para proporcionar alimentos a una población humana en constante crecimiento se han desarrollado una serie de técnicas, métodos y prácticas que ayudan a proteger, conservar y mejor aún, revertir los procesos de deterioro como son la deforestación, la erosión de suelos y la pérdida de la calidad del agua, con lo que se podría aumentar tanto la cantidad como la calidad de estos recursos naturales en aquellos lugares en donde en tiempos pasados existían en mayor cuantía y actualmente se encuentran en franca disminución y deterioro.

Generalmente, las actividades relacionadas con la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales renovables se llevan a cabo de manera aislada en territorios delimitados por el uso del suelo y normalmente no se toman en cuenta todos los elementos y factores que intervienen en estos procesos y tampoco se considera su realización en territorios delimitados de manera natural, tal como lo menciona Odum (1984) que al tratarse de los intereses humanos, es la cuenca entera de desagüe la que debe considerarse como unidad mínima de ecosistema, y por lo tanto de manejo, ya que cualquier actividad que se realice en algún punto de la cuenca vertiente siempre tendrá repercusiones ya sea en el mismo sitio de ejecución y/o en las partes bajas constituidas por los valles, ríos, lagos, lagunas o embalses y estas repercusiones pueden ser en beneficio o en perjuicio del ser humano. Además, el desarrollo de las comunidades que dependen directamente de los recursos naturales, es utilizar la cuenca hidrográfica como el escenario para la planificación, manejo y control, aprovechando las relaciones de interacción que existen entre los medios físico, biótico y socioeconómico (Cardoza, 1990; Arias, 1990).

Lo que se busca finalmente, es que las repercusiones, que tengan estas actividades de manejo, sean siempre en beneficio del género humano y de ser posible que estos beneficios se obtengan a perpetuidad.

Como una respuesta del desarrollo científico y tecnológico en la administración de recursos naturales en estos territorios con límites naturales denominados técnicamente como cuencas hidrográficas han surgido métodos de evaluación, manejo, reconstrucción de ecosistemas, especialmente enfocados a los recursos naturales renovables en el corto y mediano plazos, también han surgido conceptos que tratan de englobar todas estas acciones tales como ordenación agrohidrológica de cuencas hidrográficas, desarrollo sustentable, manejo integral de cuencas hidrográficas y otros conceptos menos difundidos.

Existen trabajos relacionados con el desarrollo sustentable en diversas partes de México en donde han participado grupos interdisciplinarios de investigadores y en donde el diagnóstico del medio físico, social y económico ha sido parte fundamental de las estrategias diseñadas para poner en práctica los principios de sustentabilidad, los casos citados por Casas y Valiente-Banuet (1995), constituyen ejemplos sobresalientes de las actividades que se proponen para alcanzar los objetivos finales del desarrollo sustentable y que han sido productos de varios años de evaluación, teniendo como antecedente el Programa de Aprovechamiento Integral de los Recursos Naturales (PAIR). Uno de estos casos corresponde al municipio de Alcozauca, Guerrero, en donde se tomaron como universos de trabajo a las comunidades campesinas, considerando que éstas constituyen unidades de planeación económica y política, y que su tamaño hace posible manejar el conjunto de variables tan complejas que se involucran en un proyecto que tiene que ver con el aprovechamiento integral de los recursos naturales. Las líneas de trabajo que se determinaron realizar en este territorio son: ordenamiento y planeación de la producción, aumento de la productividad, conservación de suelos y agua en las áreas agrícolas, restauración ambiental, conservación de recursos genéticos y organización social.

Durante 1998 y 1999 se realizaron evaluaciones detalladas en relación con los recursos suelo y vegetación, que existen en la cuenca alta del Río Mixteco, encontrando que la cuenca tiene una extensión de 91, 153.3 has., de las cuales 43, 547.7 has. poseen una vegetación

catalogada por su cobertura, como "arbolado denso"; 35, 130.6 has. están ocupadas por vegetación catalogada como "arbolado claro"; 1, 089.9 has. están prácticamente desprovistas de vegetación arbórea-arbustiva por lo que se ha catalogado como área "sin vegetación leñosa"; en 2,198.3 has se distribuyen las cactáceas columnares del género *Neobuxbaumia*, catalogada esta área como "cactáceas"; 7, 256.5 has. tienen un uso predominantemente "agrícola"; 1, 664.6 has. están ocupadas por asentamientos humanos, por lo que se ha catalogado como "urbano" y 265.7 has se estimaron como ocupadas por la presa Yosocuta, dándole a esta área la denominación de "embalse", según lo refieren Blanco et. al. (en prensa).

lo cual se está contribuyendo a la degradación de este recurso y atentando seriamente contra la continuidad del mismo.

Otra actividad económica que está afectando a la vegetación forestal es la extracción de leña para combustible, ya sea de manera directa o por medio de la elaboración de carbón, esta actividad es más impactante en la parte suroeste de la cuenca alta del Río Mixteco donde la extracción de este producto se hace de manera comercial y sin ninguna base técnica. En esta área también se extraen cantidades considerables de tierra de monte lo que está atentando seriamente en la calidad de los suelos y en la retención y conservación de agua de lluvia.

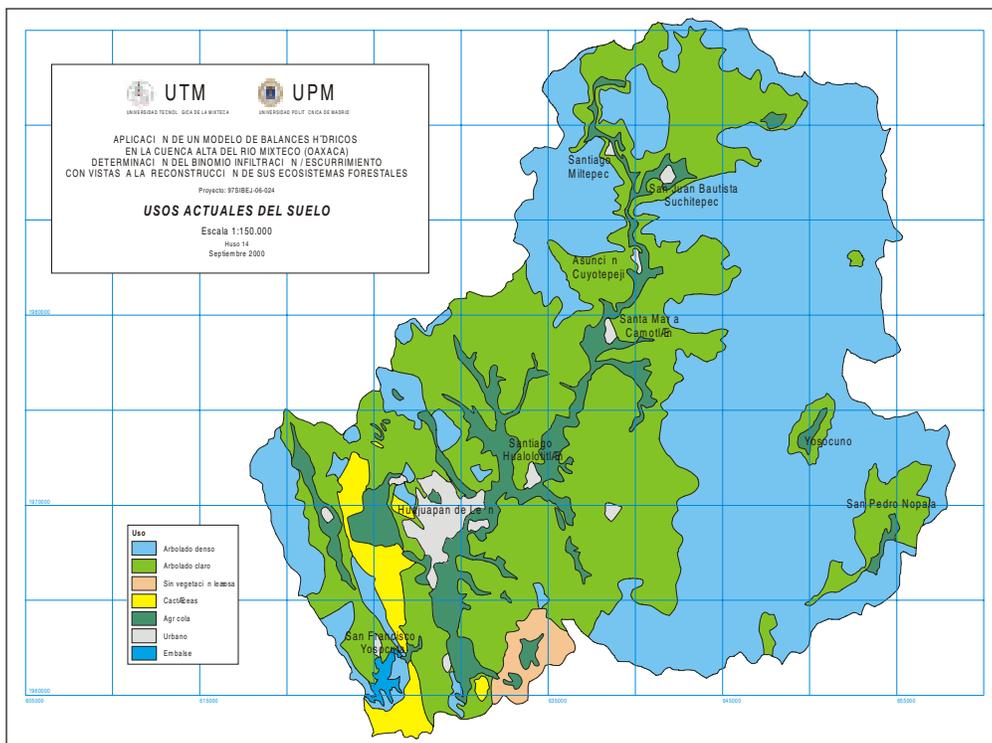


Figura. 1.- Distribución del uso actual del suelo en la cuenca alta del Río Mixteco, según Blanco et. al. (en prensa)

En estas evaluaciones se determinó también, que el libre pastoreo de ganado, principalmente el ganado caprino se ha constituido en un factor limitante para la continuidad de la vegetación ya que incide fuertemente al consumir varias especies de plantas en sus primeras etapas de desarrollo lo que hace que en muchos lugares, principalmente las áreas que rodean a los núcleos de población no exista renuevo de la vegetación con

Aunque el impacto no es tan evidente, la extracción ocasional de madera de diversas especies forestales, para las construcciones rurales en varias partes de la cuenca alta del Río Mixteco, así como la recolección de los mejores ejemplares de *Agave potatorum* (maguey papalomé) y *A. angustifolia* (maguey espadilla), para emplearlos como materia prima para la elaboración de mezcal son actividades económicas que gradualmente van disminuyendo la calidad de los recursos vegetales en esta parte del territorio oaxaqueño.

Por otra parte, se detectó que en terrenos agrícolas no se ejecutan prácticas de conservación de suelos por lo que se tienen muchas parcelas que han sido abandonadas porque sus rendimientos en la

producción de cultivos tradicionales ya no son costeadables, esto se presenta principalmente en terrenos de temporal. Las prácticas para la conservación y el aumento de la fertilidad de los suelos con bases sustentables no se llevan a cabo ya que se observa que en la mayoría de las parcelas agrícolas se extraen los residuos de cosecha así como otros residuos vegetales los cuales son incinerados dentro de los predios o son llevados a otros sitios en donde ocasionan otros problemas.

Finalmente, cabe mencionar que se detectaron varias especies vegetales que tienen un buen potencial

económico y que mediante su propagación y cultivo debidamente controlados en las condiciones de suelos y clima que prevalecen en este territorio podrían ser aprovechados en beneficio de los núcleos de población que se asientan en la Mixteca Baja del Estado de Oaxaca.

Actividades de manejo

Los datos anteriores y la información recabada en relación con la cantidad y calidad de la vegetación, así como con información acerca de los tipos de suelos y las actividades económicas de los moradores de la región hacen posible delinear las principales actividades de manejo de estos recursos tendientes a conducir hacia un desarrollo sustentable de esta parte del territorio oaxaqueño.

Existe un listado de actividades que se deben realizar para el manejo sustentable de los recursos naturales en la cuenca alta del Río Mixteco, teniendo como objetivo contribuir en el mejoramiento de las condiciones de vida de los moradores de esta parte del territorio Oaxaqueño; cada una de estas actividades están determinadas con base en las condiciones del medio físico, edáfico, hídrico y florístico de este territorio, sin embargo, bajo el estado actual que existen en las comunidades, principalmente en lo que se refiere a la mano de obra existente para la ejecución de las mismas, en esta primera etapa se han considerado realizar pocas actividades. También es conveniente mencionar que este listado de actividades está limitado al área de formación académica de los autores por lo que es posible que el listado de actividades aumente sustancialmente a instancias de la participación de personal profesional que tiene que ver con otras áreas del conocimiento como son la arquitectura, la ingeniería civil, la geología y minería, el diseño industrial y de los asentamientos humanos, la biología, la piscicultura, la limnología y otras disciplinas interesadas en el aprovechamiento de los recursos naturales y el bienestar de la humanidad.

Entre las actividades que se relacionan más estrechamente con el mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes que forman parte de los ecosistemas y teniendo como base el manejo sustentable de los recursos florísticos, edáficos e hídricos en la cuenca alta del Río Mixteco se pueden mencionar las siguientes:

- Manejo de desechos orgánicos con el fin de aumentar la fertilidad de los suelos.
- Incorporación de nuevos cultivos a la actividad productiva comercial con el propósito de generar empleos e ingresos económicos en beneficio de los habitantes de esta parte del territorio estatal.
- Establecimiento de plantaciones comerciales empleando especies forestales, con el fin de generar empleos e ingresos económicos.
- Establecimiento de plantaciones forestales con fines de restauración de suelos.
- Reforestación de áreas degradadas para fomentar y asegurar la protección y conservación de suelos y agua.
- Introducción de especies florísticas para aumentar la diversidad vegetal.
- Establecimiento de plantaciones forestales con fines de evaluación de especies introducidas con potencialidad de explotación.
- Reforestación con especies autóctonas para aumentar la cobertura vegetal y propiciar la captación y la infiltración de agua de lluvia.
- Incorporación de prácticas de conservación de suelos en terrenos agrícolas con el propósito de conservar el suelo y el agua, así como mejorar su fertilidad.
- Delimitación y protección de áreas que tienen especies vegetales endémicas con el fin de preservarlas y fomentar su protección.
- Enriquecimiento de la flora paisajística con fines de ecoturismo.
- Establecimiento de barreras vegetales para la protección de cuerpos de agua.
- Enriquecimiento de la vegetación de galería.
- Construcción de estructuras físicas para el control de avenidas.
- Incorporación de actividades acuaculturales y/o mejoramiento de las ya existentes.
- Aplicación de las medidas legales para el control de extracción de productos forestales.
- Implantación de medidas regulatorias para el pastoreo de ganado.
- Incorporación de especies vegetales autóctonas a la producción ornamental.
- Delimitación y manejo de áreas protegidas.
- Regulación del crecimiento urbano.

- Establecimiento de ranchos cinegéticos y/o regulación de la cacería.
- Incorporación de especies maderables a la producción industrial.
- Realización de estudios socioeconómicos en el ámbito de núcleos de población.
- Realización de estudios detallados relacionados con la fauna silvestre.
- Realización de estudios detallados sobre impacto ambiental.

Entre las actividades de manejo sustentable de los recursos naturales cuya realización se considera como más urgente y que se ha determinado existen las posibilidades y condiciones para su realización se tienen las siguientes:

- Manejo de materia orgánica con el fin de aumentar la fertilidad de los suelos.
- Incorporación de nuevos cultivos comerciales.
- Protección y conservación de suelos agrícolas.
- Control de los escurrimientos superficiales
- Regulación de la extracción de productos forestales.
- Propagación de especies vegetales.
- Restauración de suelos por medio de la vegetación.
- Aumento de la cobertura vegetal.
- Protección de especies endémicas.

En los siguientes párrafos se describen cada una de las actividades que se está proponiendo se ejecuten en una primera etapa, para el manejo sustentable de la cuenca alta del Río Mixteco.

Manejo de materiales de origen orgánico

Teniendo como objetivo aumentar la fertilidad de los suelos agrícolas se recomienda que a los materiales de origen orgánico se les someta a un proceso controlado de transformación para obtener como producto final abono orgánico, que posteriormente se incorporará a los suelos de uso agrícola. Actualmente los desechos de materia orgánica que se generan en el campo como resultado del crecimiento de malezas, el crecimiento de especies ruderales y los residuos de cosecha se rozan, se apilan y se incineran o se envían a otros sitios en donde originan problemas diversos. En términos generales el proceso de transformación consiste en realizar las siguientes actividades: a) corte de la vegetación, el

cual puede hacerse tal como acostumbra hacerlo la gente del medio rural, b) acarreo del material hasta el sitio seleccionado para el apilamiento, c) desmenuzamiento del material en trozos menores de 5 cm y más o menos homogéneos, d) apilamiento del material hasta formar pilas de un metro de ancho por un metro de alto y cuando menos por un metro de largo, e) volteo de las pilas a las cinco semanas de iniciado el proceso, f) volteos de la pila con intervalos de cuatro semanas y g) incorporación del abono orgánico al suelo. Durante la actividad de apilamiento y volteo del material orgánico se deberá cuidar que su contenido de humedad sea el adecuado, lo cual estará dependiendo, en parte, por el tamaño de las partículas de material y en parte por las dimensiones de la pila; el contenido de agua que debe mantenerse en la pila es aquel que puede ser retenido por el material sin que se efectúe escurrimiento, cuando tiene exceso de agua el proceso que se lleva a cabo será el de una pudrición con la consecuente generación de mal olor y no el proceso de transformación a abono orgánico que se caracteriza por la generación de ligero olor a fermentación, si el contenido de humedad es deficiente, el proceso no se estará llevando correctamente por lo que la transformación no se logrará en el tiempo establecido. Si las dimensiones no son las adecuadas la pila de materia orgánica no alcanzará la temperatura a la que trabajan los microorganismos aceleradores de la transformación de la materia orgánica, esta temperatura fluctúa entre los 65 y 70°C. Se considera que la materia orgánica está ya lista para agregarse al suelo como abono orgánico cuando las partículas originales de las que está constituida no pueda determinarse su procedencia, en este caso las hojas de plantas ya transformadas no se reconocerán que provinieron de hojas, tal vez existan algunos materiales, especialmente aquellos con mayor resistencia a transformarse que pueda distinguirse todavía su procedencia tales como los tallos leñosos más gruesos, mismos que pueden separarse y agregarlos a pilas de materia orgánica que inician el proceso de transformación.

El empleo de abono orgánico no sustituirá en su totalidad a los fertilizantes químicos comerciales pero los hará más aprovechables por las plantas reduciendo las cantidades de aplicación de éstos y obteniendo

productos mucho más atractivos desde el punto de vista de la calidad. Si esta actividad se hace como una actividad de rutina es seguro que la fertilidad de los suelos agrícolas aumentará considerablemente trayendo como consecuencia un aumento sustancial en la producción agrícola, lo que significa, en parte, que el programa de manejo sustentable de recursos naturales está funcionando bien.

Establecimiento de cultivos comerciales perennes.

Con el fin de aprovechar eficientemente las condiciones de suelo y clima que existen en la cuenca alta del Río Mixteco se recomienda establecer cultivos que ocupen de manera permanente los suelos del territorio y que al mismo tiempo que generen ingresos económicos también mejoren las condiciones para la captación de agua de lluvia con la consecuente retención de la misma en las partes altas de la cuenca, así como su infiltración hacia las capas profundas del suelo con el fin de promover la recarga de los mantos freáticos.

El objetivo principal de esta recomendación es incorporar a la actividad productiva aquellos terrenos marginales que alguna vez fueron empleados para la producción de cultivos básicos como maíz y frijol, pero que a través del tiempo su productividad se fue reduciendo a tal grado de que se fueron convirtiendo en terrenos cuya explotación agrícola ya no es costea-ble por lo que actualmente se encuentran literalmente abandonados.

Para emprender esta actividad de manejo de la cuenca alta del Río Mixteco se detectaron tres especies vegetales con buenas perspectivas de aprovechamiento mediante el manejo intensivo y extensivo de las mismas sobre terrenos marginales. La especie vegetal cuyo cultivo puede generar ingresos económicos en un plazo relativamente corto (a partir de los dos años de su establecimiento), es *Hylocereus undatus*, especie de cactácea trepadora conocida popularmente como pitajaya y que se cultiva actualmente en huertos de traspatio empleando como tutor vivo a los árboles de *Prosopis juliflora* que localmente se conocen como mezquites.



Figura 2. Ejemplar de *Hylocereus undatus* (pitajaya), creciendo en huertos de traspatio sobre árboles de *Prosopis juliflora* (mezquite).

Otras especies vegetales detectadas como potencialmente importantes para la generación de ingresos económicos y para el mejoramiento de las condiciones del suelo en la cuenca alta del Río Mixteco son *Agave angustifolia* y *A. potatorum* (maguey espadilla y maguey papalomé respectivamente), especies vegetales que constituyen la materia prima para la elaboración del mezcal, bebida cuya comercialización ha ganado terreno en el ámbito internacional y la demanda creciente de este producto hacen suponer que habrá una fuerte demanda de materia prima para continuar abasteciendo a un mercado en constante crecimiento. Actualmente estas especies se aprovechan mediante la recolección de los mejores ejemplares que crecen de manera silvestre. Si esta práctica de recolección continúa en los siguientes años de una manera intensiva, es seguro que en el campo solamente quedarán como progenitores aquellos ejemplares de menor calidad lo que traerá consigo una población de magueyes cada vez más pequeños y seguramente con bajo rendimiento en la producción de mezcal.

La extensión territorial para el establecimiento de huertos comerciales de pitajaya no se ha cuantificado exactamente, sin embargo, es notorio que existe una gran proporción de terrenos marginales que se localizan principalmente alrededor de los núcleos de población y es en estos terrenos donde se recomienda establecer los primeros huertos comerciales, aún cuando se tenga que hacer todavía afinaciones en cuanto a las actividades de manejo de esta especie, estos trabajos de investigación se pueden realizar con las plantaciones ya en marcha. Es importante considerar también

que el suministro de riego presurizado en estos huertos eleva sustancialmente el rendimiento de frutos y consecuentemente el ingreso económico. En los huertos que se establezcan de inmediato se emplearán tutores inertes lo cual facilita la realización de las actividades de manejo y en el futuro se considera el establecimiento de plantaciones de mezquite teniendo como fin emplear estos ejemplares como tutores vivos ya que se ha observado que en la Mixteca Baja de Oaxaca esta especie arbórea es un excelente tutor para la pitajaya.

Lo ideal con respecto a esta recomendación es que en cada uno de los núcleos de población que se localizan en la cuenca alta del Río Mixteco se establezca un huerto comercial-experimental con una extensión de por lo menos un cuarto de hectárea con el fin de evaluar las actividades de manejo, la rentabilidad del cultivo y también se utilice como parcela demostrativa para toda la población. Si se considera el establecimiento de una parcela en 10 núcleos de población de la cuenca alta del Río Mixteco entonces se contará con 2.5 hectáreas de plantación de pitajaya en el primer año, pudiendo ampliar la extensión de estos huertos en los siguientes años. Las comunidades con la categoría de cabecera municipal que existen dentro de la cuenca alta del río Mixteco, según los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1999) son: Asunción Cuyotepeji, Huajuapán de León, San Jerónimo Silacayoapilla, San Juan Bautista Suchitepec, San Pedro Nopala, Santa María Camotlán, Santiago Cacaloxtotec, Santiago Huajolotitlán y Santiago Miltepec. Otros núcleos de población que no tienen la categoría de cabecera municipal pero que están dentro de la cuenca alta del Río Mixteco son: Acatlímica, Guadalupe Cuauhtotec, Santa María el Zapote, Santa María Yuxichi, El Espinal, La Luz Nagore, Ejido Lázaro Cárdenas, Yosocuno, Santa María Llano Grande, San Francisco Yosocuta, San Pedro Yodoyuxi, La Junta, Santa María Xochixtlapilco, Corral de Piedra, San Sebastián del Progreso, El Guamúchil, San Francisco el Grande, San Francisco el Chico y otras rancherías como El Solano, Rancho Jesús, Rancho Castillo, Rancho Ramírez y Rancho Reyes. Con excepción de San Pedro Nopala y de Yosocuno, en los demás núcleos de población se ha visto prosperar bien la pitajaya por lo que técnicamente es posible el establecimiento de huertos comerciales en la mayoría de ellos.

En cuanto al establecimiento de plantaciones comerciales de *Agave potatorum* y *Agave angustifolia* es factible realizarla en los lomeríos y faldas de cerros cercanos a los núcleos de población, tomando en cuenta para su manejo la realización de actividades que se definirán de acuerdo con las condiciones de cada sitio en particular. En algunos casos será necesario suministrar periódicamente una buena cantidad de abonos orgánicos mientras que en otros casos simplemente se proporcionarán labores elementales de cultivo como son deshierbes, podas y control de plagas y enfermedades.

Áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones comerciales de maguey espadilla y maguey papalomé lo constituyen las 1,089.9 has. determinadas como área "sin vegetación leñosa" en la cuenca alta del Río Mixteco. En estos terrenos será necesario intensificar algunas actividades de manejo, principalmente el suministro de abonos orgánicos los cuales proporcionarán nutrientes para el buen crecimiento de estas plantas y también contribuirán en el mejoramiento de las condiciones de los suelos. Adicionalmente a este territorio sin vegetación arbórea-arbustiva, existen aproximadamente 24,956.78 has. correspondientes al 71.04% de la extensión territorial del estrato catalogado como "arbolado claro", ya que los terrenos de este estrato solamente se encuentran cubiertos en un 28.96% por vegetación arbórea-arbustiva. Sumando estas dos porciones de terreno proporcionan espacio potencial para el cultivo de alrededor de 65.11 millones de magueyes, considerando un espaciamiento de dos metros entre planta y planta, lo que proporciona una densidad de 2500 plantas por hectárea. Para la plantación de maguey espadilla y papalomé se considera que es factible hacerlo con la participación de todos los núcleos de población existente en la cuenca, ya que la presencia de *Agave potatorum* (maguey papalomé), se registró más abundantemente en las partes altas como San Pedro Nopala y Yosocuno y *Agave angustifolia* (maguey espadilla) en las partes medias y bajas de la cuenca alta del Río Mixteco.

Cabe mencionar que para la propagación en vivero y el establecimiento en campo de estas tres especies vegetales se cuenta ya con información detallada, misma que se ha generado, en parte, en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, estando a disposición de las autoridades municipales de los núcleos de po-

blación que tengan interés en realizar actividades en beneficio del desarrollo sustentable de la cuenca alta del Río Mixteco.



Figura 3. Ejemplar de *Agave potatorum* (maguey papalomé), especie vegetal que se emplea como materia prima para la elaboración de mezcal y que tiene buenas perspectivas para ser plantado de manera comercial en los degradados suelos en algunas partes de la cuenca alta del Río Mixteco.

Protección y conservación de suelos agrícolas

Aún cuando todas las actividades que se están recomendando realizar en la cuenca alta del Río Mixteco tienen un efecto benéfico en la protección y conservación de los suelos, es importante recalcar que es conveniente llevar a cabo prácticas específicas para la conservación de los suelos en aquellos terrenos con uso eminentemente agrícola, a pesar de que se estén utilizando estos terrenos para el cultivo de especies vegetales de importancia principalmente de subsistencia. Estas recomendaciones es necesario que se lleven a cabo en los terrenos de uso agrícola tanto de riego como de temporal.

Existen varias prácticas cuyo objetivo es proteger los suelos contra la erosión, considerándose desde el surcado al contorno, la rotación de cultivos, hasta el empleo de barreras vivas en las que se utilizan especies vegetales que han sido ya probadas bajo diferentes condiciones y han demostrado ser eficientes. También se han desarrollado las técnicas y los procedimientos para obtener de estas barreras los máximos beneficios tanto económicos como de protección de otros recursos como son el agua y los suelos. Una de estas especies vegetales es el pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*), especie originaria de la India, que se ha adaptado a las

condiciones tanto de suelos como de clima que existen en la Mixteca Baja. Para el establecimiento de barreras tendientes a disminuir el efecto de la erosión hídrica empleando pasto vetiver en terrenos bajo explotación agrícola se recomienda hacerlo de la siguiente manera:

- A. En terrenos planos se establecen barreras en todas las orillas, empezando preferentemente en la parte en donde inciden con mayor frecuencia las corrientes de aire. Estas barreras protegerán a los cultivos, principalmente a las hortalizas, que no alcanzan gran altura, en contra de los vientos secos y protegerán al suelo en contra de la erosión eólica que aparentemente no tiene gran importancia, pero esto ocurre porque no se registran datos sobre la pérdida de suelos ocasionadas por vientos.
- B. En terrenos en ladera se deberán establecer las barreras de pasto vetiver de manera que queden atravesadas a la dirección en que ocurre la bajada de agua durante las lluvias. En estos casos se establecerán tantas barreras como se requieran, teniendo como base la extensión del terreno a proteger y al grado de inclinación del mismo. En terrenos con pendientes fuertes se recomienda establecer las barreras con un espaciamiento entre ellas de tal manera que el desnivel entre ellas no rebase los dos metros. El efecto benéfico de estas barreras se verá principalmente en la retención y acumulación de suelo en la parte de aguas arriba de la barrera así como en la retención de humedad en una franja de hasta dos metros pendiente arriba, con lo cual se estará ahorrando una cantidad significativa de agua para riego de los cultivos.



Figura 4. Barrera de *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver), en terrenos agrícolas de temporal en Santa Catarina Noltepec, Juchitahuaca, Oax., práctica de protección y conservación de suelos que debe sistematizarse en los terrenos agrícolas de la cuenca alta del Río Mixteco.

La fecha de plantación del pasto vetiver coincide perfectamente con la fecha de siembra del maíz por lo que las labores a realizar previas a la plantación simplemente se limitan a hacer un surcado empleando el mismo arado con el que se prepara el terreno para la siembra del maíz. Después de haber hecho el surco se coloca la planta de pasto emparejando ligeramente el fondo del surco con el fin de que todas las plantas queden sensiblemente al mismo nivel. Las plantas se ponen tan juntas como lo permita el cepellón con el que salen del vivero ya que entre más juntas queden será menor el tiempo que empleen para desarrollar más tallos y cerrar completamente las barreras.

Generalmente se colocan de 20 a 30 plantas y luego se les arrima tierra a ambos lados de la barrera, sin embargo, la cantidad de planta a colocar sin que se tenga que arrimar tierra depende de las condiciones del tiempo que prevalezca en la fecha de siembra; si es un día muy soleado la cantidad de planta deberá ser mínima y prácticamente se recomienda arrimar tierra tan pronto como la planta se coloca en el surco con el fin de dañar lo menos posible el sistema de raíces y darle oportunidad a la planta para una más rápida recuperación; si el tiempo es húmedo y nublado entonces existe más oportunidad para colocar una mayor cantidad de plantas dentro del surco sin arrimarle tierra. Se menciona esto porque normalmente se avanza más rápido cuando la misma persona que va colocando la planta en el surco es el que les va arrimando tierra con la pala. Después de arrimar la tierra se apisona ligeramente a cada lado de la barrera y se procura que las plantas queden lo más verticalmente posible. Si se cuenta en ese momento con la yunta es recomendable pasar el arado por ambos lados de la hilera de pasto con el fin de que queden perfectamente protegidas con una buena capa de tierra húmeda.

Los cuidados posteriores a la plantación del pasto vetiver se limitan a las labores que se le proporcionan a las plantas de maíz, que consiste simplemente en la remoción del suelo con el fin de permitir la aireación a las raíces y de quitarle la competencia por las malezas que pudiera existir en el terreno.

El pasto vetiver, además de ser benéfico para el establecimiento de barreras contra la erosión puede emplearse también para producir material orgánico, para arropados en los cultivos agrícolas o para los árboles frutales, ornamentales o forestales que se tengan cercanos al terreno. En este caso, el pasto se poda tan pronto como haya alcanzado una altura de 60 cm. Se ha observado que estas podas promueven un crecimiento más rápido tanto en altura como en anchura, con lo cual se logra que la barrera cierre perfectamente en el mismo año en que se establece la barrera. Este material residual de la poda también puede emplearse para la elaboración de abono orgánico con excelentes resultados.

Regulación de los escurrimientos superficiales

La regulación de los escurrimientos superficiales se inicia en las laderas por medio del establecimiento de la cubierta vegetal, sin embargo, es importante también que en los sitios donde se empieza a concentrar el agua de lluvia se tomen las medidas tendientes a disminuir la velocidad de las corrientes así como a disminuir el volumen de agua que escurra barranca abajo, reteniéndolo por más tiempo en las partes altas de la cuenca con el fin de evitar daños en las partes bajas en donde los torrentes tienen contacto con las áreas urbanas.

Existen varias alternativas técnicas para controlar efectivamente los escurrimientos superficiales, obviamente se deberá iniciar el control de estos escurrimientos desde las laderas en donde tienen su origen. En estas partes de la cuenca se deberán establecer barreras transversales a la corriente con el fin de formar pequeños embalses que a través del tiempo y con la acumulación de materiales sólidos darán origen a aterramientos en forma de terrazas, donde se podrá establecer con mucha facilidad la vegetación arbórea-arbustiva con lo cual culminará el control de los escurrimientos superficiales en esta parte de la cuenca. Las barreras para el control de estos escurrimientos superficiales se pueden hacer de diversos ma-

Figura 5. Establecimiento de una barrera de *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver), en un terreno agrícola de San Martín Palo Solo, San Miguel Tequixtepec, Coixtlahuaca, Oaxaca.



teriales, desde piedra acomodada hasta pequeños diques de mampostería, pero preferentemente deberá emplearse una combinación de materiales que existan de manera abundante en los sitios de control. Una vez más el pasto vetiver puede emplearse como una barrera transversal a las corrientes de agua. Establecer barreras desde un metro de longitud hasta diez metros puede ser muy eficiente en las pequeñas cárcavas que se forman en las laderas. También son muy útiles las barreras que se construyen con piedra, material que en muchos sitios es abundante.

En las partes más bajas en donde los escurrimientos superficiales pasan a formar corrientes de primer orden es recomendable que se construyan barreras transversales de mayor tamaño en donde es necesario calcular sus dimensiones con base en las máximas venidas. En este caso se pueden considerar las represas de gaviones, los pequeños diques de mampostería y las pantallas de ferrocemento. En estas partes de las cuencas también deberá considerarse el establecimiento de la vegetación arbórea, misma que propiciará la estabilidad de los cauces y reducirá sustancialmente la velocidad de las corrientes de agua, disminuyendo los riesgos de destrucción que ocasionan estas súbitas crecidas en las partes bajas de la cuenca.

Control de la extracción de productos forestales

La extracción de productos de los terrenos forestales que se encuentran en la cuenca alta del Río Mixteco deberá sujetarse a estudios que avalen la cantidad de estos productos que pueden extraerse, sin poner en riesgo la continuidad de estos ecosistemas. Estos estudios deberán señalar también los sitios de extracción correspondientes a cada año, con el fin de dar tiempo suficiente para que la vegetación se restablezca en su totalidad, o mejor aún, que sobrepase la calidad que tenía en el primer año de extracción de productos forestales.

Los productos más importantes cuya extracción deberá ser regulada de inmediato son: la madera para diversos usos, la tierra de monte y ejemplares de maguey papalomé y espadilla; posteriormente se deberá regular la extracción de palma para sombrero y flores epífitas como las orquídeas que en diversas localidades son objeto de recolección y comercialización en baja escala, pero que a final de cuentas contribuyen a una de-

gradación de las especies al extraer los mejores ejemplares y ponen en riesgo su existencia, ya que las cantidades que se extraen, en muchos casos, superan la tasa de formación de nuevas matas.

El control de la extracción de productos forestales es urgente en el caso del municipio de San Jerónimo Silacayoapilla, debido a que es un núcleo de población en donde se extraen madera y tierra de monte con fines comerciales, y en donde se observa que sus ecosistemas forestales van disminuyendo rápidamente con la consecuente pérdida de suelos y otros recursos naturales como son la fauna silvestre y el agua proveniente de las lluvias. En las demás comunidades que se ubican dentro de la cuenca hidrográfica no existe extracción de madera y tierra de monte de manera comercial, pero esporádicamente se hace la extracción de ejemplares de maguey papalomé y de maguey espadilla para utilizarlas como materia prima para la producción de mezcal. En este caso el estudio técnico deberá considerar una rotación de la extracción, proporcionando a cada área el tiempo suficiente para que la población de estas plantas tenga una reposición eficiente, esto es, deberá tenerse en cuenta que es necesario proporcionar a cada área de extracción un tiempo de descanso para que algunos ejemplares fructifiquen y produzcan las semillas en cantidades suficientes, de tal forma que garanticen una repoblación natural de buenos ejemplares para que en el futuro la industria del mezcal cuente con un suministro seguro de materia prima.

Control del pastoreo

Diseñar e implantar medidas reguladoras para el pastoreo de ganado caprino, vacuno y equino con el fin de propiciar la regeneración natural de la vegetación, así como de proteger la vegetación ya existente, especialmente la que está constituida por especies autóctonas, es una medida importante a poner en práctica en la cuenca alta del Río Mixteco ya que se tiene determinado que el sobrepastoreo en este territorio ha contribuido y sigue contribuyendo de manera importante en la degradación de los ecosistemas forestales, los cuales no han contado con el tiempo suficiente para su regeneración natural. En este caso es importante realizar estudios técnicos que determinen claramente la cantidad de cabezas de ganado que pueden mantenerse por uni-

dad de superficie y con base en estos estudios establecer una rotación de pastoreo dentro de los terrenos de las comunidades que se encuentran establecidas dentro de la cuenca alta del Río Mixteco.

La regulación del pastoreo es importante que se haga en todos los núcleos de población que se ubican dentro de la cuenca pero cobra especial importancia realizarlo lo más pronto posible en las comunidades de Asunción Cuyotepeji, Santa María Camotlán, San Pedro Yodoyuxi, Santiago Cacaloxtepec, San Juan Bautista Suchitepec y Santiago Miltepec, ya que se ha determinado que el pastoreo de ganado caprino ha sido un factor determinante en el deterioro de la vegetación forestal en áreas aledañas a estos núcleos de población.

Aunado al estudio agrostológico, es importante que se realice un estudio económico en el que se muestre claramente los beneficios que se obtienen a partir del pastoreo de ganado caprino. En este estudio será importante determinar la ruta de comercialización de los productos derivados de este tipo de ganadería y evaluar los beneficios económicos que deja en cada una de sus etapas, ya que probablemente es una cantidad muy limitada de familias que resultan beneficiadas a costa de un perjuicio que se le está haciendo al resto de la sociedad y a las generaciones futuras al limitar el desarrollo y continuidad de la vegetación forestal.

Los estudios de impacto del pastoreo deberán de tomar en cuenta la cantidad de personas que se dedican a esta actividad, el tipo y calidad de vivienda que tienen, sus expectativas en la vida, la cantidad de cabezas de ganado que manejan, el consumo de carne y de otros productos derivados de este tipo de ganado, con lo que finalmente se obtendrá el beneficio real que proporciona el pastoreo de ganado caprino.

Aparentemente, el proceso del pastoreo de ganado caprino en esta parte de la Mixteca Oaxaqueña es semejante con lo que sucede a mayor escala con el ganado vacuno que se cría en países tropicales y cuya carne va a parar en los restaurantes que funcionan basándose en comidas rápidas en los Estados Unidos de Norteamérica, según lo refiere Postel (1988). En este caso, los recursos naturales se extraen de los países pobres, a través de la exportación de productos cárnicos, y se envían a los países

ricos con lo cual los países pobres se hacen cada vez más pobres debido al deterioro de sus recursos naturales ya que para la cría y engorda de ganado vacuno se deforestan miles de hectáreas de selva tropical para dar lugar a los pastizales.

Si después de efectuado el estudio se determina que deberá limitarse, suspenderse o prohibirse el pastoreo de este tipo de ganado en la cuenca alta del Río Mixteco, es necesario contar con alternativas de empleo para las familias cuya sobrevivencia dependa exclusivamente del pastoreo. Una actividad alterna, que al parecer es factible que las realicen las familias que se queden sin su fuente de ingresos es iniciar, con espíritu emprendedor la restauración de los ecosistemas forestales, no perdiendo de vista el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de esta manera controlar efectivamente el pastoreo de ganado caprino.

Mediante el diseño e implantación de un programa de restauración de la vegetación a mediano y largo plazo se puede proporcionar empleo a las personas que actualmente se dedican al pastoreo, con esta actividad se espera que mejoren su calidad de vida a través de una remuneración decorosa y permanente, como pago que percibirán por las actividades que realicen y simultáneamente se promoverá en ellos un cambio de actitud para que aspiren siempre a una mejor forma de vivir bajo las condiciones que tiene este territorio.

Una medida alterna, que parece ser promisoría en la protección de los ecosistemas forestales, es la de establecer áreas de exclusión en donde la vegetación se protege durante un determinado periodo, o de ser posible a perpetuidad, mediante un cerco físico que evita la entrada de animales domésticos depredadores de la vegetación. La desventaja de esta medida es que su aplicación requiere de una alta inversión inicial y en los siguientes años requiere de una erogación de presupuesto para cubrir los gastos por mantenimiento.

Propagación de especies vegetales

La reconstrucción de los ecosistemas forestales en la cuenca alta del Río Mixteco deberá respaldarse desde su inicio en estudios detallados que se relacionan con la propagación de especies vegetales autóctonas

bajo condiciones controladas, así como en estudios detallados de establecimiento en campo de estas especies propagadas masivamente en condiciones de vivero. Existe una lista grande de especies arbóreas y arbustivas que deberán ser sujetas de estudios detallados contemplando desde los aspectos fenológicos en donde se considera obtener información acerca de la época del año en que ocurren los cambios vitales como son la floración, la fructificación, la dispersión de las semillas, la germinación de las mismas en condiciones de campo, el desarrollo de las nuevas plantas así como el impacto de los diversos factores que tienen que ver con su crecimiento hasta que llegan al estado adulto. Con base en la información fenológica se diseñan los programas de propagación en vivero, mismos que inician con la recolección de semillas, limpia y selección de las mismas, ensayos de germinación, crecimiento de plántulas en condiciones de vivero y determinación de edades y tamaños de planta más convenientes para que éstas sean llevadas al campo y plantarlas en su lugar definitivo. Posteriormente se deberá continuar con la evaluación de métodos y técnicas de trasplante en campo así como la determinación de los ritmos de crecimiento de cada especie y el desarrollo de tecnologías para asegurar el establecimiento y el rápido crecimiento de muchas de ellas.

Cabe mencionar que se ha generado información detallada con respecto a la producción de planta en vivero para las siguientes especies: *Hylocereus undatus*, conocida popularmente como pitajaya, *Agave potatorum* (maguey papalomé), *Agave angustifolia* (maguey espadilla), *Juniperus flaccida* (enebro), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Dodonaea viscosa* (jarilla), *Mimosa benthamii* (palo de herrero), *Conzattia multiflora* (palo blanco), *Bursera sp* (cuajote colorado), *Lonchocarpus obovatus* (flor morada), *Acacia bilimekii* (tehuixtle), *Sapium macrocarpum* (venenillo), *Tecoma stans* (tronadora), *Dasyllirion sp* (cucharilla), *Beaucarnea sp* (sotolín), *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), *Prosopis juliflora* (mezquite), *Plumeria rubra* (cacaloxúchitl), *Stenocereus griseus* (pitaya de mayo) y *Stenocereus stellatus* (xoconoxtle). Entre las especies vegetales que hace falta hacer estudios detallados en cuanto a su propagación bajo condiciones de vivero se encuentran *Quercus glaucooides* (encino tinto), *Brahea dulcis* (palma de sombrero), *Neobuxbaumia sp* (tetecho) y *Acacia farnesiana* (huizache).



Figura 6. *Sapium macrocarpum* (venenillo) , especie vegetal autóctona de la cuenca alta del Río Mixteco que tiene buen potencial como planta ornamental para su producción y comercialización en macetas.



Figura 7. *Tecoma stans* (tronadora), especie vegetal muy abundante en los degradados suelos de la cuenca alta del Río Mixteco que puede emplearse como planta de flor en maceta y comercializarse en las grandes urbes.



Figura 8. *Juniperus flaccida* (enebro), especie vegetal arbórea que con mayor frecuencia se emplea para las construcciones rurales y que se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca alta del Río Mixteco.

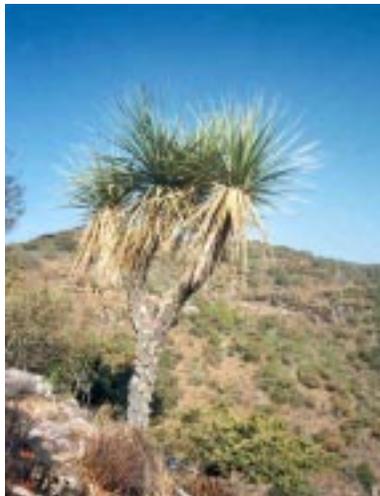


Figura 9. *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), especie vegetal importante en la cuenca alta del Río Mixteco, es muy apreciada por su madera que es resistente a pudriciones; generalmente se emplea para postes en los cercados rústicos.



Figura 10. *Acacia angustissima* (timbre), especie arbustiva que prospera bien bajo condiciones de suelos muy pobres y que en el pasado fue severamente explotada para surtir de corteza a las tenerías. Actualmente es una especie con buen potencial en la recuperación y mejoramiento de suelos.

Figura 11. *Beaucarnea sp* (sotolín), especie rosetófila de hábitos arborecentes, se emplea para la elaboración de estructuras ornamentales en las festividades religiosas, es potencialmente importante para actividades de reconstrucción de los ecosistemas forestales en la cuenca alta del Río Mixteco.



Restauración de suelos por medio de la vegetación

Establecer la vegetación arbórea y arbustiva con fines de restauración de suelos y retención de agua en áreas con suelos muy delgados y empobrecidos donde existe gran cantidad de roca aflorante, empleando especies forestales autóctonas y exóticas es una de las actividades más urgentes que se deben realizar para iniciar la rehabilitación de la cuenca alta del Río Mixteco. Aunque hace falta todavía generar bastante información acerca del procedimiento para establecer la vegetación forestal en terrenos sumamente degradados se puede iniciar esta actividad por medio de ensayos preliminares, mismos que se irán evaluando sobre la marcha hasta afinar a detalle todo el procedimiento para efectuar de manera eficiente la restauración de suelos empleando las especies vegetales más adecuadas para este fin. Con este propósito se ha iniciado el establecimiento de la vegetación forestal en el área de exclusión de la comunidad de Guadalupe Cuauhtepec, empleando plantas de las siguientes especies autóctonas y exóticas: *Acacia angustissima* (timbre), *A. retinoides* (acacia), *Beaucarnea sp* (sotolín), *Conzattia multiflora* (palo blanco) *Dasyliirion sp* (cucharilla), *Dodonaea viscosa* (jarrilla), *Juniperus flaccida* (enebro), *Lysiloma acapulcense* (tepeguaje), *Pinus oaxacana* (pinocote) y *Prosopis juliflora* (Mezquite), de las cuales *Pinus oaxacana* se ha visto seriamente afectada por el ataque de hormiga arriera, *Dodonaea viscosa* ha resentido fuertemente el trasplante y *Acacia angustissima* ha mostrado también deficiencia en el prendimiento, estas tres especies deberán descartarse para los siguientes años en que se efectuó la reforestación de estos sitios. Aunque la evaluación es un tanto temprana los resultados indican claramente cuales especies pueden tener éxito y cuales no en las condiciones de terrenos con roca aflorante bastante degradados. Otras especies que se probarán son *Agave angustifolia* (maguey espadilla), *A. potato-rum* (maguey papalomé) y *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver), esta última especie se empleará para el establecimiento de barrera vivas contra la erosión de suelos y solamente se plantará en el fondo de las cárcavas y los cabezales de los escurrimientos de primer orden.

Aumento de la cobertura vegetal

Plantar especies vegetales autóctonas en las áreas clareadas con el fin de aumentar la cobertura vegetal e

Protección de especies endémicas

Esta actividad de manejo tiene como fin declarar como áreas protegidas aquellas partes de la cuenca alta del Río Mixteco en donde existan especies vegetales endémicas, y elaborar un programa para su enriquecimiento con especies semejantes provenientes de otras regiones tanto del Estado de Oaxaca como de otras partes del país. Para este propósito se cuenta con el área en donde se tiene a *Neobuxbaumia sp.*, cactus columnar que se encuentra como relicto en la cuenca alta del río Mixteco. Con el fin de que esta actividad sea controlable y que sirva además como área educativa y de recreación es recomendable que se tome una parte de las 2,527.63 has. en donde se distribuyen las cactáceas columnares, se recomienda especialmente seleccionar una porción de terreno que se localice sobre la ruta de acceso a la presa Yosocuta con el fin de facilitar el acceso a los paseantes y amantes de la naturaleza.



Figura 13. Ejemplares de *Neobuxbaumia sp.* (tetecho) derribados en la parte oriental de la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca, como un efecto de la apertura de tierras para los asentamientos humanos

El programa de manejo de esta área deberá considerar que en el futuro funcione como un jardín botánico en donde los visitantes puedan conocer la gran diversidad de especies de cactáceas y agaváceas que existen en Oaxaca, en México y en el mundo en general. En una primera etapa deberá considerarse el enriquecimiento de esta área con la inclusión de especies de cactáceas existentes en la Mixteca Oaxaqueña, en-

tre las que destacan por su tamaño, diversas especies de cactus candelabriformes como *Lemaireocereus weberi*, los cactus económicamente importantes como son *Stenocereus griseus* (pitaya de mayo), *Stenocereus stellatus* (xoconoxtle), *Escontria chiotilla* (quiotilla), *Marginatocereus marginatus* (chimalayo) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo). Los diminutos pero atractivos ejemplares de los géneros *Mammillaria* y *Coryphanta* también deberán considerarse en esta primera etapa, así como especies de magueyes más representativos de la región como son *Agave stricta* (cola de gallina), *A. angustifolia* (maguey espadilla), *Agave potatorum* (maguey papalomé), *Agave marmorata* (maguey pichumel) y *Agave lechuguilla* (lechuguilla). El enriquecimiento con otras especies propias de la región aún cuando no sean cactáceas o agaváceas es importante, en este caso se deberá considerar la inclusión de *Bursera spp* (copalillos y cuajotes), *Beaucarnea gracilis* (pata de elefante), *Beaucarnea sp* (sotolín), *Dasyli- rion sp* (cucharilla), *Ficus petiolaris* (amate amarillo) y *Euphorbia antisiphilitica* (cordobán). En la segunda etapa se podría considerar incluir otras especies relacionadas con este tipo de vegetación pero procedentes de otras partes de México, tales como el Valle de Tehuacán, el Desierto Sonorense, especies vegetales procedentes de Baja California Sur, cactáceas procedentes del Estado de Morelos y otros estados de nuestro país. En la tercera etapa podría considerarse la inclusión de especies relacionadas con este tipo de vegetación pero procedentes de otros países del mundo.

Dependiendo de la demanda que se tenga en cada una de las etapas del programa de manejo se deberá considerar aumentar los servicios al público; inicialmente una caseta de información que funcione los fines de semana será suficiente para apoyar los recorridos guiados y proporcionar diversos documentos de difusión. En la segunda etapa podría considerarse el establecimiento de una zona comercial que proporcione servicio de alimentación así como la venta de artesanías. En la tercera etapa se deberá considerar el establecimiento de la infraestructura para proporcionar información mucho más detallada en forma de seminarios y conferencias así como la producción y comercialización de ejemplares vegetales **T**



Figura 14. *Neobuxbaumia* sp (tetecho), es una especie de cactus columnar endémica de la cuenca alta del Río Mixteco que debe protegerse por medio del establecimiento de un jardín botánico en una porción de su área de distribución natural.

Bibliografía

ARIAS R., H. M.

1993 Conceptos del manejo de cuencas hidrográficas. In: Memorias del Primer Simposio Nacional Sobre el Agua en el Manejo Forestal. Primera edición. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp88-95.

BLANCO A., A.; MARTÍNEZ R., S.; SÁNCHEZ P. O.; RUBIO S., A.; CISNEROS C., C.; PEDRO S., E. C.; MORALES L., R. Y SUSTAITA R., F.

Aplicación de un modelo de balances hídricos en la cuenca alta del Río Mixteco (Oaxaca). Determinación del binomio infiltración/escorrentamiento con vistas a la reconstrucción de sus ecosistemas forestales. Primera edición. Universidad Tecnológica de la Mixteca y Universidad Politécnica de Madrid. Huajuapán de León, Oaxaca. México. 250 p.

CARDOZA V., R.

1993 Estrategias para el manejo integral de cuencas hidrográficas (Caso estado de Durango). In: Memorias del Primer Simposio Nacional Sobre el Agua en el Manejo Forestal. Primera edición. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp2-14..

CASAS, A. Y A., VALIENTE-BANUET.

1995 Etnias, recursos genéticos y desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas de México. In: Memorias del IV Curso sobre desertificación y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe (PNUMA). Red de Cooperación Técnica en Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (FAO). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. pp37-66.

INEGI.

1999 Anuario estadístico del Estado de Oaxaca. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Oaxaca. 530 p

ODUM P., E.

1984 Ecología. Traducción al español por Carlos Gerhard Ottenwaelder. 3ª. Edición. Nueva Editorial Interamericana S. A. de C. V. México. 639 p.

POSTEL, S.

1988 La protección de los bosques. In: El estado del mundo I. Un informe del Instituto Worldwatch acerca del progreso hacia una sociedad perdurable. Traducción al español por Eric Herrán Salvatti. Fondo de Cultura Económica. México. pp163-204.