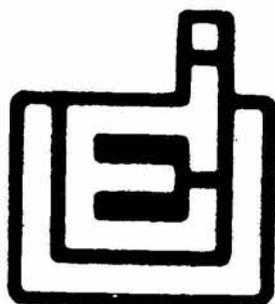
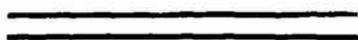


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA



PRACTICAS VEGETATIVAS PARA FIJAR TALUDES DE
CARCAVAS EN PATZCUARO, MICH.

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

LUIS RAUL AGUILAR LOJERO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Tlaloc

¿Qué era lo que acaso tu mente hallaba?
¿Dónde andaba tu corazón?
Por esto das tu corazón a cada cosa,
sin rumbo lo llevas: vas destruyendo tu corazón.
Sobre la tierra, ¿acaso puedes ir en pos de algo?

A mi esposa Tere:

La madre de gentes: raíz y principio de linaje de mujeres

Bueno es su corazón, recibe las cosas, compasiva, se preocupa,
de ella es la previsión, es apoyo, con sus manos protege.

Cría, educa a los niños, les enseña, los amonesta, les enseña a vivir

Cuida el hogar, no lo pone en peligro, lucha por él.

Huye con fuerza de la maldad, de la perversión y de la avidez

Siembra confianza y no discordia, para cosechar felicidad y no tristeza.

A mi hijo Luis Raúl:

"Es conveniente es recto,
ten cuidado de las cosas de la tierra:
haz algo, corta leña, labra tierra,
planta nopales, planta magueyes:
tendrás qué beber, qué comer, qué vestir,
con eso estarás en pie (serás verdadero)
con eso andarás.
con eso se hablará de tí, se te alabará,
con eso te darás a conocer a tus padres y parientes."

A mi hija Teresa Alejandra:

"Cual una flor habéis brotado
cual un canto vives
¡Oh Alejandra!
Brotan las flores, están frescas, medran,
abren sus corolas.
De tu interior salen las flores del canto:
Tú, oh Alejandra, las derramas sobre las demás"

A la Memoria
De mi padre:
5-III-84

El hombre maduro:
un corazón firme como la piedra,
un rostro sabio,
dueño de una cara, un corazón,
hábil y comprensivo.

A mi madre:

Por fin lo comprende mi corazón
escucho un canto
contemplo una flor.
¡Ojalá no se marchite!

A mis Hermanos:

Rosa de Guadalupe
Miguel Angel
via. de la Luz

A mi Tía:

Ma Cristina

Alegraos con las flores que embriagan,
las que están en vuestras manos.
Que sean puestos ya
los collares de flores.
Nuestras flores del tiempo de lluvia,
fragantes flores,
abren ya sus corolas,
Por allí anda el ave,
parlotea y canta
viene a conocer la casa del dios.
Sólo con nuestras flores
nos alegramos.
Sólo con vuestros cantos
perece vuestra tristeza.
Oh señores, con esto,
vuestro disgusto se disipa.
Las inventa el Dador de la vida,
las ha hecho descender
el inventor de sí mismo,
flores placenteras,
con ellas vuestro disgusto se disipa.

Deseo expresar mi agradecimiento a la Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales de la S.A.R.H. por las facilidades que me brindaron para la realización del presente trabajo, en especial a quienes laboran en las oficinas Regionales de Tzurumútaró, Mich., así como al Ing. Angel Roldán Parrodi, quien colaboró activamente en el desarrollo y en la asesoría y particularmente a la señorita Yolanda Talavera Aguilar, quien realizó el trabajo de mecanografiado y a todos aquellos que colaboraron en una u otra forma para la culminación de este trabajo.

<u>INDICE</u>	<u>Página</u>
Resumen	1
Introducción	3
Generalidades	14
Descripción del Area de Trabajo	17
Planteamiento del Problema	20
Antecedentes	24
Objetivo	28
Material y Métodos	31
Resultados y Discusión	42
Conclusiones del Trabajo	52
Bibliografía	55

R E S U M E N

Todos los países del mundo se ven afectados en sus suelos en mayor o menor grado por el fenómeno de la erosión, a través de sus agentes inductores que son: el agua, el viento, los cambios de temperatura y los biológicos.

El proceso erosivo consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes inductores.

En México, el Gobierno Federal, compenetrado de la urgente necesidad de detener esta tendencia negativa, que repercuten fatalmente sobre todo en el proceso agropecuario nacional y sobre la economía en general, ha venido aprobando año tras año, planes anuales de inversiones, destinados - específicamente al control de la erosión de los suelos y a la retención y conservación de las aguas de lluvia.

Actualmente el lago de Pátzcuaro, se vé afectado seriamente por un proceso de azolvamiento y eutroficación que amenaza en convertirlo a un plazo no tan largo en un gran pantano y en algunas tierras de cultivo.

La causa es la erosión acelerada en forma de profundas cárcavas cuyos tamaños varían desde unos centímetros hasta profundidades de 50m.; algunas estimaciones proponen la cifra de 40,000m³ de azolve que ingresan - anualmente al lago, siendo los terrenos de Tzurumútaró y Nocutzepo los que aportan el mayor azolve.

Se estima que hay acumulados en el lago, del orden de 5,000,000 m³, con lo cual, la profundidad en menos de 40 años, ha disminuído un 70% y con ello se ha propiciado la proliferación de malezas acuáticas.

El tipo de suelo predominante en el Cerro Colorado, es el llamado ---

"Charanda", que técnicamente es un luvisol, con alta proporción de arcilla (60%) y menos de 0,5% de materia orgánica, por lo tanto, es casi impermeable al agua de lluvia, lo que a su vez, dificulta seriamente el establecimiento de la vegetación.

Para controlar las cárcavas, se construyen obviamente numerosas presas filtrantes para reducir el poder erosivo de la escorrentía y detener el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas.

Los métodos convencionales de pastización no han tenido los resultados deseados, lo mismo que otras prácticas vegetativas, por lo que se tuvo que recurrir al método de estacas y enramadas, que está basado en una combinación de estabilización mecánica y vegetativa en curvas de nivel, empleando ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno y quedando distribuidos en bloques al azar, utilizando la combinación de plantas herbáceas, rastreras, arbustivas y arbóreas, en base a las características edafológicas de la región.

I N T R O D U C C I O N

Todos los países del orbe se ven afectados en sus suelos en mayor o menor grado por el fenómeno de la erosión, a través de sus agentes inductores que son: el agua, el viento, los cambios de temperatura y los biológicos.

De estos agentes erosivos dedicaremos atención especial a la producida por el agua, pero antes de entrar en materia definiremos que es la erosión.

Es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes inductores (Anaya).

La fuerza desarrollada por las lluvias intensas, al caer sobre el césped denso o en el mantillo de los bosques, es atenuada por la cubierta vegetal, parte del agua es absorbida por la vegetación, parte queda a disposición de las plantas. En estas condiciones el escurrimiento superficial es poco o nulo y el lavado o erosión de los suelos es insignificante (13).

Cuando de un terreno se quita total o parcialmente la cubierta vegetal del suelo, las gotas de lluvia lo golpean directamente, dispersando así los agregados que lo componen. La energía que confieren las gotas de lluvia al terreno, provoca desplazamientos de las partículas del suelo que alcanzan alturas de 61cm. y distancias laterales de 152cm. en terrenos planos (Anaya). De este modo es como se inicia la erosión del suelo que origina grandes daños al mismo.

En esta situación, las inundaciones son más frecuentes y más intensas, debido a que en el arrastre del material sólido por el agua es transportada la arcilla y el limo que tienden a tapar los poros del suelo y los conductos

producidos por las raíces de las plantas, formando en ocasiones una costra impermeable. Por último, a medida que evoluciona la erosión, es menor la cantidad de agua que se infiltra en el suelo para alimentar las reservas subterráneas de las mismas. Los manantiales, los terrenos pantanosos y los arroyos se secan más rápidamente, lo cual intensifica aún más la erosión (10).

La erosión causada por el agua puede dividirse en tres categorías a saber: Laminar, Canchillos o Surcos y Cárcavas. Estrictamente hablando, la erosión laminar consiste en la remoción uniforme del suelo, en capas delgadas de los terrenos en pendientes, que resultan de la saturación del suelo y su deslizamiento superficial por la pendiente (op. cit.)

La erosión en canales es la remoción del suelo por el agua en pequeños arroyuelos o surcos, cuando existe una concentración del flujo superficial y estos se han vuelto lo suficientemente grandes y estables para poder ser observados, sin embargo, pueden ser borrados con las labores agrícolas normales (10).

La erosión en cárcavas se produce frecuentemente después de la erosión laminar y de la erosión en surcos originada por la concentración de los escurrimientos superficiales en determinados puntos críticos del terreno, por lo cual se pueden considerar dos causas principales en su formación: Una derivada por el desgaste del terreno ocasionada por la caída del agua y la otra producida por la erosión que sufre un cauce debido a la velocidad del agua de escorrentía en el mismo, guardando así una íntima relación con la cantidad de agua de escorrentía. Por lo tanto, la formación

de cárcavas depende de la existencia de agua en cantidades relativamente grandes para desarrollar la energía necesaria para desprender el suelo y transportarlo (13), claro está, ayudada por la combinación de los siguientes factores:

1. - Presencia de depresiones naturales en los terrenos.
2. - Precipitación pluvial bastante intensa sobre el suelo desprovisto de cubierta vegetal.
3. - Mal manejo de los suelos, ya sean de uso agrícola, pecuario o forestal (Anaya).

El suelo que se pierde por la erosión hídrica es generalmente el más fértil, el que contiene los principales nutrientes para las plantas, el humus y todos los abonos que el agricultor le haya aplicado.

Millones de toneladas de suelo fértil se puede perder para siempre si la erosión los arrastra hacia los cuerpos de agua. El suelo que queda es menos productivo y puede volverse completamente estéril.

Estos terrenos fuertemente erosionados son difíciles de labrar porque forman una costra y se apelmazan y no absorben el agua.

Las cárcavas desecan los terrenos en secciones irregulares, haciéndolos a veces imposibles de laborar y crecen continuamente. Los árboles y la cubierta herbácea puede morir y esto puede obligar quizá al abandono completo de estas tierras.

Condiciones y fenómenos erosivos de esta índole se han observado en la India, el sur de los Estados Unidos, el sur y el oeste de Africa, la región montañosa del Atlas en el norte de Africa, el centro de China --

y ciertas regiones de Brasil y Argentina. Se ha llegado a la conclusión de que el método más eficaz de conservación del suelo donde éste está erosionado, consiste en introducir cambios radicales en el aprovechamiento de la tierra que permitan el establecimiento de una nueva vegetación con carácter permanente.

El cultivo agrícola ha resultado ser una empresa muy insegura en las regiones montañosas tropicales de gran pluviosidad, sobre todo a causa de la dificultad con que se tropieza para contrarrestar la erosión hídrica en los terrenos inclinados. En las regiones indias de Punjab y Bengala, donde las precipitaciones medias anuales pasan de 2,250mm., en los terrenos situados al pie de las montañas andinas de Venezuela y Colombia y en los países de América Central, este problema está ya planteado hace algún tiempo. Su solución es difícil porque, en los trópicos, el hombre prefiere vivir en las tierras altas y porque en tales condiciones climáticas, tan pronto como un terreno se destina al cultivo agrícola, comienzan en él los problemas de la erosión del suelo por el agua. Las lluvias muy intensas arrancan fácilmente la capa arable de los declives cultivados, lo que ocasiona en pocos años una espectacular desecación del terreno.

Ciertos reconocimientos hechos hace varios años en Filipinas revelaron que el 76.5% de la superficie de este país estaba dañada por la erosión y la mitad de ella la estaba muy gravemente. Filipinas, que dispone de abundantes tierras vírgenes todavía arboladas (aproximadamente 20% de la superficie total del país), se enfrenta actualmente con el problema de intentar restaurar sus tierras de cultivo erosionadas para salvar el recurso más rico de la nación: sus valiosas tierras forestales.

En Japón existe una situación semejante por lo que respecta a sus tierras forestales como factor de equilibrio para las de cultivo. Esta nación insular con sus profundos valles de suelos volcánicos sueltos, sometidos a lluvias torrenciales, se ve obligada a cultivar intensamente toda porción de tierra disponible para sostener su numerosa población. Japón tiene poco más de seis millones de hectáreas destinadas a la agricultura en valles situados entre las tierras altas y algunas laderas transformadas en bancales y aproximadamente la mitad de hectáreas de terreno dedicado a praderas.

Este país constituye un ejemplo excelente de una agricultura bien mantenida mediante el empleo de la mayoría de los métodos fundamentales de la lucha contra la erosión que son esenciales para la vida y la economía del mismo. Repetidamente se ha dicho que hace tiempo que las tierras del Japón habrían sido desnudadas y arrasadas al mar si no hubiese sido por sus montañas cubiertas de arbolado, conservadas así a lo largo de los siglos. En los veintiséis millones de hectáreas de tierras forestales de este país, cuando la cubierta vegetal desaparece en los declives, surge la amenaza de un desastre en forma de espectacular erosión por el agua hasta que se restaura la vegetación y se construyen obras apropiadas para regular el escurrimiento. Desde hace largo tiempo, los japoneses observan una estricta política de protección de los montes para el fin concreto de combatir la erosión hídrica. Las leyes y disposiciones acerca de esta protección son conocidos por todos los japoneses. Cuando se talan árboles para su aprovechamiento, los agricultores plantan siempre, en sustitución de los cortados, otros árboles procedentes de viveros forestales abastecidos de plantas destinadas a la repoblación. (10)

En Africa existen condiciones muy diferentes. En algunos de los nuevos países de este continente la erosión del suelo es un factor que puede obstaculizar el desarrollo agrícola necesario para la vida económica de sus habitantes.

La erosión por el agua afecta a gran parte de Africa no obstante los extensísimos desiertos existentes en ella. Esto se debe a que mucha de la tierra aprovechable carece de vegetación protectora durante parte o todo el año, o tiene una cubierta rala en cualquier tiempo. La forma más común de erosión es la laminar, pero en las comarcas con precipitaciones incluso moderadas, abunda la erosión de cárcavas.

Las causas que principalmente contribuyen a la erosión hídrica en los países africanos viene de antaño. En primer lugar está el pastoreo abusivo y luego las talas excesivas y el cultivo de las laderas de las elevaciones del terreno. Se efectúan cultivos que predisponen al suelo a la erosión sin pensar proteger o mejorar aquél. La extendida práctica de mantener concentraciones exageradas de ganado en los poblados y cerca y en los alrededores de éstos ocasionan en muchos puntos una desecación del terreno. (10)

El suelo desplazado de su localidad original por la erosión es depositado siempre en otro lugar. Puede ser depositado cerca del lugar de origen; puede hacer el máximo recorrido posible y acabar depositándose en el mar; o puede sedimentarse en cualquier punto intermedio entre estos dos extremos.

Los daños que principalmente causa la sedimentación aguas abajo puede dividirse en tres categorías: (a) Sedimentación en los cauces; (b) Relleno

de embalses; (c) Sedimentación en las tierras bajas ribereñas (10).

La sedimentación en los cauces ocurre cuando las partes gruesas del sedimento transportado por la corriente se acumula más rápidamente que lo que ésta puede transportarlas. Estos depósitos tienden a formarse sobre todo en los lugares donde la velocidad de la corriente disminuye por cualquier causa. Frecuentemente se forman depósitos en los cauces en las inmediaciones de las cabeceras de los deltas o en el curso inferior de los afluentes relativamente inclinados que desembocan en una corriente principal de gradiente notablemente menor. Las acumulaciones en estos puntos reducen la capacidad del álveo y contribuyen al desbordamiento del curso del agua y a la inundación de las riberas de éste. Esto puede agravar los problemas de avenamiento de las tierras bajas ribereñas adyacentes al elevar el nivel de la capa freática de estos terrenos y empantanarlos. El empantanamiento consiste en la retención de agua por los diques naturales que se forman junto a los cauces de las corrientes al depositarse los sedimentos que arrastran cuando se desbordan.

El relleno de los canales y las zanjas de avenamiento es en muchas localidades una forma grave de sedimentación en los cauces. Esta sedimentación puede constituir un problema serio en los ríos navegables. Por ejemplo, el cauce del alto Misisipi recibe de sus afluentes los sedimentos con una velocidad mayor que aquella con que este río es capaz de transportarlos. Por esta razón, se invierten anualmente grandes cantidades de dinero en dragar dicho cauce para mantenerlo abierto a la navegación.

Los embalses se hallan frecuentemente situados en el curso de las corrientes de agua. Parte de la materia térrea que éstas llevan consigo

se sedimentan en las aguas tranquilas de los embalses. Las arenas gruesas y la grava se depositan en el lecho del cauce antes de que la corriente entre en un embalse o al entrar a éste. Por consiguiente, la mayoría de los sedimentos que se forman en los embalses consisten en arena fina, limo y algo de arcilla y materia orgánica. El limo constituye generalmente la mitad o más del sedimento.

El depósito reduce en toda clase de embalses la capacidad de almacenamiento de agua de los mismos y acorta el tiempo en que ellos pueden prestar servicio, lo cual rebaja su utilidad, puesto que los embalses se construyen para almacenar agua destinada al abastecimiento de las poblaciones, usos industriales, a la producción de energía eléctrica, al riego o a fines recreativos y también para impedir las inundaciones. Cuando el agua se destina al abastecimiento de una población o al de una fábrica y ésta contiene sedimentos, su costo aumenta por la necesidad de filtrarla. Casi todos los embalses se proyectan para que duren al menos cincuenta años teniendo en cuenta su azolvamiento. Por esto el azolvamiento incrementa el costo de construcción de los embalses, sobre todo cuando aquél es considerable.

La velocidad con que los embalses se llenan de sedimentos depende de diversos factores, casi todos los cuales guardan relación con la cuenca - alimentadora. Entre tales factores figuran la naturaleza del suelo y la erosibilidad de éste, la topografía del terreno, el clima, el uso a que se destine la tierra y la relación entre la extensión superficial de la cuenca y el volumen del embalse. Aunque en los embalses ocurre siempre una cierta acumulación de sedimentos, el hombre puede regular algunos de los ---

factores que intervienen en esta acumulación y desde luego, puede influir grandemente en la velocidad de relleno. Ha habido casos en que algunos embalses se han llenado completamente en pocos años por causa de un mal aprovechamiento de la tierra y una mala ordenación en la cuenca alimentadora. En otros casos, se ha visto que embalses en localidades comparables tenían velocidades pequeñas de azolvamiento debido a un aprovechamiento apropiado de la tierra unido a una buena ordenación del suelo y al empleo de prácticas de conservación.

La sedimentación en las tierras bajas ribereñas, es ocasionada por el desbordamiento de los cauces de los cursos de agua, la cual puede ser perjudicial y beneficiosa a la vez. Como ya se ha dicho, cuando las aguas desbordadas de su cauce depositan limo en embalses, zanjas de avenamiento y canales de riego, se producen daños. Es evidente que también se ocasionan daños cuando las aguas fuera de curso dejan grandes cantidades de materias groseras o de materias poco fértiles sobre tierras de cultivo fértil. No es infrecuente que en las inundaciones grandes las aguas desbordadas sedimentan capas espesas de arena en las tierras bajas ribereñas productivas. En algunos casos estas se pierden para siempre para el cultivo y en otras, hay que gastar sumas considerables de dinero en arados profundos y en otra maquinaria agrícola para enterrar la arena o mezclar con el suelo superficial recubierto por ella.

Cuando es de textura apropiada y contiene materias fértiles, el sedimento puede mejorar la productividad del terreno sobre el que se deposita. En el caso de que este terreno se cultive ya, es necesario que el depósito ocurra oportunamente o con bastante lentitud para que el sedimento no

estorbe las labores agrícolas normales.

Las inundaciones dejan frecuentemente grandes cantidades de materia desprovistas de fertilidad sobre la tierra de buena calidad. Estas tierras pueden dedicarse nuevamente al cultivo mediante arados profundos.

En ocasiones se mejoran o ponen en cultivo tierras de mala calidad mediante una sedimentación regulada. Esto se hace construyendo un dique alrededor de la tierra que se trate y haciendo afluir aguas cargadas de limo a la superficie circundada por los diques. El agua se extiende por esta superficie sobre la cual deposita el limo que lleva consigo. Estas obras se denominan "represas de sedimentación de limo" y se han utilizado con buen resultado en muchos lugares. Una represa de este tipo, de unas 125 ha., en el oeste de Iowa (E.U.A.) recogió el agua de escurrimiento procedente de la Rambla Pony. En unos veinte años, este terreno, antes improductivo, se cubrió con una capa de limo de 0.90m. a 2.70m. y es actualmente una excelente tierra de cultivo (10).

En términos generales, se puede decir que la erosión del suelo por el agua es un problema que requiere atención en todos los países donde el complejo suelo/agua/clima es adecuado para la agricultura y el pastoreo y donde estas actividades se ejecutan con sujeción a un ritmo estacional. Actualmente, excelentes estudios y reconocimientos del suelo están revelando la localización exacta de las áreas que necesitan diferentes proyectos de conservación del suelo y del agua. Esto es así no sólo en algunas regiones agrícolas más extensas e importantes del globo, sino también en las áreas pequeñas y remotas donde jamás se hicieron hasta ahora los reconocimientos de esta índole.

Estos reconocimientos están recibiendo la atención especial en Nueva Zelandia, Australia, Filipinas, Estados Unidos, Canadá, México, Sudáfrica, Grecia e Israel en la región mediterránea. Tales reconocimientos señalan con gran detalle los lugares donde deben concentrarse los proyectos de conservación para contrarrestar la erosión del suelo.

Estos reconocimientos, hechos conforme a programas nacionales de conservación y con fondos nacionales, vienen a satisfacer una necesidad sentida de antes, abren el camino hacia la resolución económica y eficaz de los problemas de la tierra y revelan cuales son y donde se presentan es tos problemas.

Recientemente ha quedado de manifiesto, merced a estos estudios de la tierra y reconocimientos de terrenos erosionados, que los ciudadanos de una comunidad, estado, provincia, o país, una vez que reconozcan los detalles concernientes al problema del daño que sufren sus tierras y la am plitud y consecuencias de orden económico de estos daños, se muestran conformes con el establecimiento de programas de corrección. (10)

GENERALIDADES

En México, el Servicio Oficial de Conservación del Suelo y del Agua es de creación relativamente reciente.

Apenas en marzo de 1942, el entonces Presidente de la República General Manuel Avila Camacho y su secretario de Agricultura y Fomento, Ing. Marte R. Gómez, firmaron un "Acuerdo que crea el Departamento de Conservación del Suelo", cuyas finalidades principales consisten en el manejo racional de las cuencas hidrográficas de captación para reducir la tasa de azolve en los vasos artificiales de almacenamiento, así como a la erosión en las tierras forestales, en las praderas naturales y sobre todo en los campos de cultivo.

Años después, en diciembre de 1945, se promulgó la ley de Conservación del Suelo y del Agua, ordenamiento legal que ha estado en vigencia hasta la fecha y que contiene no tan sólo la filosofía de la conservación de los recursos naturales renovables de México; sino los programas de acción que deberán ponerse en efecto como complemento práctico de esa doctrina.

La F. A. O. consideró esta legislación conservacionista tan avanzada que la incluyó en su estudio internacional "Soil Conservation", publicado en la Ciudad de Washington, U.S.A. en 1948; y cuyo texto fue traducido meses después a los otros idiomas oficiales de la F. A. O.

La configuración montañosa del territorio mexicano, y los regímenes pluviométricos torrenciales que caracterizan a algunas regiones del país, son factores que contribuyen a agravar la seriedad del fenómeno erosivo de los suelos y de la pérdida de fuertes volúmenes de agua.

Por otra parte, en gran porción de las zonas áridas en donde las lluvias

son escasas y están mal distribuídas, se impone la necesidad de retener en el suelo mismo, mediante prácticas de conservación, el mayor volumen - posible de esas precipitaciones.

El Gobierno Federal, compenetrado de la urgente necesidad de detener estas tendencias negativas, que repercuten fatalmente sobre todo en el proceso agropecuario nacional y sobre la economía en general de millones de campesinos y de agricultores, ha venido aprobando años tras año, planes anuales de inversiones, destinadas específicamente al control de la erosión de los suelos y a la retención y conservación de las aguas de lluvia.

En la mayoría de los casos, la bondad de las prácticas conservacionistas y de uso racional de estos dos recursos naturales renovables (Suelo/ Agua), ha dado por resultado no sólo aumentos espectaculares en la producción agrícola; sino que han contribuído a evitar inundaciones, arrastres inmoderados del suelo, el azolve de vasos de almacenamiento y han atenuado la severidad de las sequías.

Por último, debe considerarse que sin suelo no puede haber agricultura y que debe concedérsele prioridad al aspecto de conservación del suelo, para que puedan tener éxito los programas suplementarios de uso de semillas mejoradas, empleo de fertilizantes, etc.

El panorama que presenta el país es muy serio en lo que se refiere a la destrucción de sus suelos y a la pérdida de sus aguas y es urgente que los programas nacionales de inversiones del Gobierno Federal le otorgue la alta jerarquía que demanda el problema de la erosión. (18)

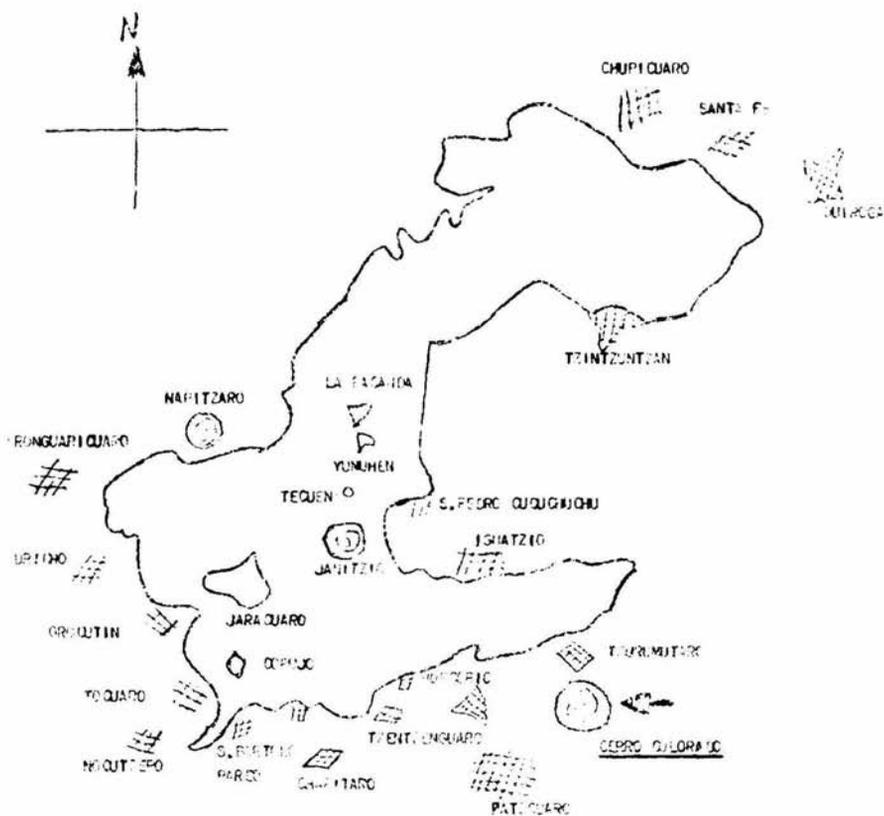
Según las estimaciones hechas por la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua, la situación que alcanza la erosión de los suelos

en el país es la siguiente: (18)

<u>Clase de Suelos</u>	<u>Superficie Censada en la República Mexicana Hectáreas</u>	<u>Porcentaje en la República</u>
1. - Suelos no erosionados que corresponden a bosques de especies maderables.	14, 277. 286	10
2. - Suelos con erosión incipiente que están formados por tierras de humedad, bosques de especies no maderables y superficies cubiertas con frutales de plantaciones varias.	26, 046. 149	18
3. - Suelos con erosión incipiente que están formados por tierras de riego y pastizales en llanuras.	30, 518. 890	21
4. - Suelos con erosión acelerada que están integrados por pastizales en cerros, tierras de temporal y tierras incultas productivas.	63, 077. 812	43
5. - Suelos totalmente erosionados que están integrados por tierras incultas e improductivas.	<u>11, 596. 806</u>	<u>8</u>
Total de Hectáreas Censadas	145, 516. 943	100%

Faltan páginas

N° 17



Mapa 1: Ubicación del Área de Trabajo

El Cerro Colorado está compuesto por la siguiente flora:

Encinar (BQ) - Este bosque está profundamente alterado y sólo se presentan pequeños manchones o individuos aislados. Se localiza en las partes más elevadas del Cerro, que tienen una pendiente considerada como abrupta y con erosión moderada. Las principales especies de encinos presentes son: Quercus rugosa, Q. candicans y Q. laurina, con escasos individuos de Arbutus xalapensis. El estrato herbáceo está constituido por Eupatorium s.p., Baccharis conferta, Phaseolus coccinerus, Cologetaria rufescens y Cirsium sp. Algunos hongos como Amanita muscaria, Helvella crispa y Ramaria flava.

El Matorral Subtropical (M St). - Esta comunidad es la que se encuentra mejor representada, formando un cinturón discontinuo debido a las numerosas cárcavas, las especies más comunes que se encuentran son: Acacia spp, Opuntia spp, Agave spp, Asclepias curasavica, A. linaria, Senecio spp, Verbesina greenmani y Tecoma stans, en el estrato arbustivo y herbáceo. Algunas pequeñas extensiones de pastizales entre los que destacan Bouteloua filiformis, Hylaria cenchroides, Sporobolus indicus y Agaricus campestris complementan al matorral.

Vegetación derivada de bosques de pino y encino (VSPQ).

Está comprendido por un conjunto de especies secundarias cuya temporalidad y permanencia en el espacio son muy limitadas.

Esta vegetación está representada por especies como Prunus serotina, Crataegus mexicana, Buddleia sessiliflora, Castilleja arvensis, Erythrina americana, Lobelia laxiflora, Penstemon campanulatum, Phtolacca --

icosandra y Salvia iodantha, principalmente. Estas generalmente se distribuyen a lo largo de las cárcavas o bien en los lugares planos que se localizan a la orilla de los caminos. (Toledo).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El lago de Pátzcuaro, con el carácter de cuenca cerrada, recoge las corrientes que bajan por las faldas de los cerros vecinos, con lo cual, se ve seriamente afectado por los azolves, que son producto de las socavaciones repetidas sobre el terreno, debido al flujo incontrolado de los escurrimientos superficiales, viéndose peligrosamente amenazado en convertirse en pantano y en zona agrícola.

Esto se produce por una acelerada erosión en cárcavas, cuyos tamaños varían, desde pequeños surcos hasta profundidades de 50m.

El programa de extracción de malezas acuáticas en Pátzcuaro (Galván), ha calculado que ingresan al lago un volumen de sedimentos de 40,000m³ anuales, siendo las zonas de Tzurumútaró y Nocutzepo, las que aportan la mayor cantidad, además se ha estimado que hay un volumen de azolve total del orden de 5,000,000 m³ y que en menos de 40 años la profundidad del lago ha disminuído un 70%, ya que en 1940 la profundidad máxima era de 37m. y en 1980 es de solo 12m.

Los sedimentos, a la vez que han disminuído la profundidad del lago, han propiciado el desarrollo de malezas acuáticas como son: "Chuspata" (Cyperus odoratus). "Lirio acuático. (Eichhornia crassipes) y el "Tule" - (Typha latifolia), las cuales cubren 1,050 ha. o sea el 10% de la superficie total del mismo.

Aunque a la fecha se ha extraído una gran cantidad de este material y

la superficie ocupada por las malezas se ha visto reducida a 390 ha., la escasa profundidad y la creciente contaminación por las descargas del drenaje de las poblaciones ribereñas, propician su rápida recuperación, lo que a su vez dificulta la navegación, teniendo que realizarse costosas operaciones de extracción de la maleza y dragado de sedimentos.

Todo esto ha originado que en muchos lugares la playa haya penetrado en el lago hasta 300m. y en la región de Tzurumútaró se ha perdido 1 Km. de litoral, con lo cual se ha propiciado la unión de las islas con tierra firme como en el caso de la isla de Jarácuaro.

Aunque gran parte de la cuenca sufre los efectos de la erosión, la zona más severamente afectada por las cárcavas es el sur de la misma, (en los terrenos del pueblo de Tzurumútaró y principalmente en los llamados Cerro Colorado y Cerro Blanco). Donde a través del arroyo de Chapultepec es transportado una gran cantidad de material y depositado inmediatamente en las riberas del lago provocando azolvamiento en esta zona del lago y en particular en el llamado seno de Ihuatzío, el área de mayor azolve y eutrofización lacustre, con ello permite la proliferación de la vegetación de tipo palustre. La profundidad del lago en esta zona no es mayor a un metro.

El Cerro Colorado posee cárcavas con taludes en forma de 'V' con pendientes muy pronunciadas. De ellas se desprenden grandes bloques de tierra, arruinando zonas de cultivo, pastoreo y forestal, arrastrando el suelo fértil y azolvando el lago.

El suelo predominante es la "Charanda" que técnicamente es un luvisol con alta proporción de arcilla (60%) y menos del 0.5% de materia orgánica (cuadro No. 2), lo que lo hace prácticamente impermeable al agua de

lluvia y a su vez dificulta seriamente el establecimiento de la vegetación.

La vegetación existente en las cárcavas de la región se limita a unas pocas especies como son: El Tejocote (Crataegus mexicana), palo dulce - (Eysenhardtia polistachya), pelo de angel (Calliandra anomala), algunos zacates como el Tzurumuta (Muhlenbergia macroura).

Los suelos afectados por las cárcavas, dejan como testigos numerosos pináculos y pedestales que son relictos de las condiciones naturales del relieve e indicadores de la cantidad de tierra perdida.

El principal objetivo que se persigue con el control de cárcavas, es disminuir la velocidad del agua de escorrentía para reducir al máximo su poder erosivo y evitar en esta forma el crecimiento en profundidad y anchura de los cauces y por consiguiente el arrastre de grandes volúmenes de material sólido.

Durante la secuencia de los trabajos a desarrollar para el control de las cárcavas, se pueden distinguir tres etapas diferentes que son:

1. - La prevención y detención de la erosión remontante, para evitar el crecimiento de las cárcavas en sus cabeceras.
2. - La disminución de la erosión en los taludes y el fondo de la cárcava.
3. - El relleno parcial y estabilización de la misma, por medio de diversas estructuras y el establecimiento de la vegetación ecológicamente adaptada al lugar (Anaya)

ANALISIS FISICO

<u>LOCALIZACION</u>		<u>CARCAVA</u>	<u>CARCAVA</u>
Número de POZO		1	1
PROFUNDIDAD		0.30 - 0.60	0 - 0.30
T E X T U R A	% ARCILLA	59.72	19.72
	% LMO	12.00	30.00
	% ARENA	28.28	50.28
	CLASIFICACION	ARCILLA	FRANCO
	INTERPRETACION	PESADO	MEDIO
% DE SATURACION		46.00	47.00
CAPACIDAD DE CAMPO		24.00	25.00
pH.		7.3	6.4
CLASIFICACION		NEUTRO	LIG. ACIDO
C. E. A 25°C EN MILIMOS/CM		0.115	0.302
CLASIFICACION		NO SALINO	NO SALINO

ANALISIS DE FERTILIDAD

% DE MATERIA ORGANICA	0.41	2.76
CLASIFICACION	MUY POBRE	MED. RICO
POSFORO EN KG./HA. P ₂ O ₅	18.11	24.72
CLASIFICACION	POBRE	MEDIO
NTROGENO TOTAL EN %	10.35	69.00
CLASIFICACION	MUY POBRE	MED. RICO
POTASIO K ₂ O KG./HA.	981.00	981.00
CLASIFICACION	EXTRA -RICO	EXTRA -RICO
Ca ⁺⁺ ASEMLABLE KG. /HA	1,503.00	1,503.00
CLASIFICACION	MEDIANO	MEDIANO
Mg ⁺⁺ ASEMLABLE KG. /HA.	607.74	607.74
CLASIFICACION	MEDIANO	MEDIANO

Cuadro No. 2. - Análisis edafológico del suelo de la cárcava en que se realizó el presente trabajo.

ANTECEDENTES

La apertura de tierras al cultivo y el proceso de urbanización en la falda sur-oeste del Cerro Colorado, ha provocado la deforestación y por consiguiente la pérdida de la cubierta vegetal, que anteriormente favorecía las infiltraciones y propiciaba la formación de corrientes subterráneas que más tarde afloraban en el lago, por ser el punto más bajo de la cuenca. Dado el gran desarrollo de las cárcavas, cuyas cabeceras se localizan cercanas a la cima, así como la escasa capa de vegetación, no se presentan infiltraciones importantes pero sí procesos locales de desertificación o aridez.

Antes de iniciar el presente trabajo de fijación de taludes de cárcavas, ya se habían realizado otros similares, para tratar de restaurar el ecosistema dañado y evitar que se continúe deteriorando, los cuales han consistido en:

La reforestación, iniciada en el Cerro Colorado y en las zonas más críticas de la cuenca del lago de Pátzcuaro, hace 60 años por el Gral. Lázaro Cárdenas y que se continuó en las últimas décadas por la Comisión Forestal del Estado, no logrando impedir el avance de la erosión y el crecimiento de las cárcavas, en parte por el asedio del pastoreo, pero principalmente por la extrema susceptibilidad del suelo para erosionarse y desbarrancarse.

En 1977 la Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales de la S.A.R.H., inició sus trabajos específicos de corrección de cárcavas en la cuenca del lago, los cuales han sido numerosos y variados. Hasta 1980, había realizado trabajos de construcción de presas de control

de azolve de los siguientes tipos:

490 de piedra acomodada (muros secos)

90 de gavión (estructuras flexibles de malla metálica)

30 de colorín

2 de mampostería

Por otra parte esos trabajos se complementaron con la reforestación de 2, 000, 000 de árboles en la cuenca del lago. Las especies que se han plantado corresponden a Cupressus lindleyi, Pinus michoacana, Pinus Pseudostrobus, Eucaliptus camaldulensis.

Las presas demostraron su eficiencia después de dos períodos de lluvias captando 28.500 m³ de azolve y sobre todo impidiendo el ahondamiento de las cárcavas. Sin embargo estas estructuras no resuelven más que una parte del problema, pues en primer lugar su número actual no es más que una fracción de las que se necesitan, quizás es sólo un 10 o 20%, pero si se construyeran todas las recomendables, aún serían insuficientes, pues una vez que se han colmado de sedimentos, se produce el derrame y se continúa el depósito de los mismos en el lago. (5)

La reforestación ha funcionado en forma exitosa fuera de las cárcavas, aunque los árboles que están en la orilla de ellas, son paulatinamente arrastrados por el efecto de la socavación del suelo que los sustenta, mientras que los que se plantaron en los taludes, se han secado, (Foto No. 1) (op. cit.)

Además de las presas de control de azolve y de la reforestación se ha recurrido a las prácticas vegetativas, que son aquellas que consideran el desarrollo de plantas o cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad



Arbol que está en la orilla de una cárcava y que es arrastrado paulatinamente por el efecto de la socavación.

productiva de los terrenos y a disminuir la erosión del suelo.

La formación en que la vegetación impide el efecto erosivo es la siguiente: El follaje de las plantas amortiguan la fuerza del impacto de las gotas de lluvia que caen sobre la superficie del suelo y sus raíces sirven para evitar que éste sea arrastrado después del impacto, por el escurrimiento superficial (Anaya).

Las principales ventajas que ofrecen las prácticas vegetativas son las siguientes:

1. - Reducen el escurrimiento de las aguas pluviales y conservan la humedad.
2. - Impiden la erosión excesiva del suelo.
3. - Aumentan la materia orgánica del suelo.
4. - Impiden las pérdidas de los elementos de nutrición vegetal del suelo, especialmente las sustancias nitrogenadas.
5. - Cuando se entierran forman ácidos orgánicos y otros compuestos y facilitan así el aprovechamiento de las sustancias alimenticias minerales.
6. - Protegen las terrazas, bordos, bancos recién construídos y otras estructuras mecánicas para combatir la erosión.
7. - Modifican la textura del suelo de modo que aumentan su capacidad para absorber las aguas pluviales o de riego (13)

En las cárcavas y zonas erosionadas del Cerro Colorado durante dos años se trabajó intensamente en la revegetación de taludes con el zacate "Kikiyu" o "Alfombra" (Pennisetum clandestinum) y también con la hiedra (Coboea scandens), plantada en la base del talud. (5)

El zacate Kikiyu ha satisfecho ese propósito en otros lugares, como en la cuenca del río Chapingo.

Los resultados obtenidos aquí han sido totalmente negativos, pues a la aguda pendiente de los taludes se suma el alto contenido de arcilla y el bajo porcentaje de materia orgánica, lo que hace al suelo prácticamente impermeable produciendo progresivamente la muerte total de las plantas.

Se procedió entonces a la plantación de 20,000 magueyes (Agave atrovirens) y 80,000 nopales (Opuntia ficus-indica), en sustitución del Pennisetum-clandestinum, así como a la formación de barreras vivas de colorín, que en la mayoría de los casos prosperan bien. (Foto No. 2) (op. cit.). Debido a que tienen un alto grado de adaptación a las condiciones de altitud, suelos y pendientes.

Su principal inconveniente radica en el alto costo de adquisición o transporte de tales plantas, ya que para obtener resultados más o menos satisfactorios en el control de la erosión, sería necesario un excesivo número de estas especies.

Dados estos antecedentes, se buscó un método alternativo, con énfasis en el mejoramiento de la permeabilidad y en la formación del suelo.

La bibliografía describe procedimientos de construcción pero, ¿Cuáles especies se adaptarían a las condiciones del sitio?

El trabajo de tesis se enfocó a probar la adaptabilidad de numerosas especies nativas e introducidas en el tipo de suelo ya descrito.

OBJETIVO

El objeto del presente trabajo es contribuir a la búsqueda de soluciones al problema del restablecimiento de la vegetación, que es particularmente



Plantación de magueyes (Agave atrovirens) y de Nopales (Opuntia ficus-indica), así como formación de barreras vivas de colorín en la cabecera de una cárcava.

difícil en los taludes de las cárcavas, por la escasa infiltración del agua de lluvia, debido como ya se dijo, a las características muy arcillosas del suelo y principalmente a las pendientes largas y pronunciadas, así como a los procesos locales de desertificación o aridez.

Entre tanto no se logre restablecer la vegetación en los taludes, las cárcavas seguirán creciendo.

Hay que señalar, para concluir con esta visión panorámica del problema que si bien es muy importante la vegetación de los taludes, la corrección de las cárcavas debe comprender la construcción de numerosas presas filtrantes, práctica bastante conocida que no presenta mayores dificultades técnicas.

MATERIALES Y METODOS

Después de practicar una revisión bibliográfica, se optó por el método de estacas y enramadas, que está basado en una combinación de estabilización mecánica y vegetativa en curvas de nivel, pues ha resultado práctico y exitoso en otras partes del mundo (Sheng).

Se empezó el trabajo en marzo de 1980, en un talud con 57% de pendiente, de material duro, con aproximadamente 20m. de ancho por 25m. de longitud, superficie total del experimento.

El relieve se encontraba en un 90% accidentado por surcos, producto de los escurrimientos superficiales, cuya profundidad varía de 5 a 30cm.

Los pasos que seguimos para el establecimiento de dicho método fueron:

- A. - Trazos de curvas de nivel: Se trazaron en contorno a intervalos horizontales, desde la base hacia arriba, a 1.50 m. entre cada línea.
- B. - Estacado. - Se hizo siguiendo el trazo horizontal de las curvas de nivel, también empezando desde la base del talud hacia la parte alta. Cada estaca se enterró a un intervalo de 1.00 m. en la misma línea, la longitud de cada estaca fue de 1.20-1.50 m. con un diámetro aproximado de 8-10cm., afilado en la punta que se entierra.

Se introdujeron las estacas en una posición vertical, --

teniéndose que excavar previamente con pico, barreta e incluso moto-perforadora con una broca de 8cm. de diámetro, para que con ello se pudiera enterrar la estaca de 30-40cm. dado que el suelo estaba demasiado compacto para excavar con facilidad.

Sheng recomienda utilizar de un tercio a un cuarto de estacas que sean de especies brotadoras. Pero durante el trabajo de estacado en una superficie de 600m^2 utilizamos la mitad de especies brotadoras, "colorín" (Erithrina-americana) y "chupiri" (Euphorbia caliculata), la otra mitad fue de tablas de madera (costera).

Se tuvo que recurrir a las tablas de madera porque empezaba la temporada de lluvias, siendo que la época más adecuada para clavar estacas de especies brotadoras es el invierno y principio de la primavera, que es cuando el material vegetativo se encuentra en estado latente; la savia circula más lentamente, ya que diversos factores influyen sobre la velocidad del transporte del floema en los vegetales, siendo los más importantes: la temperatura, la luz, los inhibidores metabólicos, los gradientes de concentración, las deficiencias en sales minerales y las hormonas (Devlin).

La experiencia de los campesinos señala además, que se pudren si se clavan dichas estacas en tiempo de lluvias.

C. - Excavación de zanjas y enramadas: Se excavaron zanjas paralelas a las curvas de nivel, con una profundidad de 15cm. donde se metieron semi-enterrados manojos de hojarasca de pino (Huinumo u ocoshal), amarrados, con 15cm. de diámetro y 3m. de largo, sobreponiendo la punta de un manajo a la punta del siguiente, dejándose la mitad enterrada y la otra sobre la superficie del terreno. La finalidad de esta hojarasca es la de servir cuando menos a tres propósitos:

1. - Interceptar la escorrentía reduciendo su velocidad y poder erosivo en el talud.
2. - Conservar la humedad, propiciando la infiltración y retención del agua hacia el subsuelo, para ayudar al desarrollo de la vegetación.
3. - Ser aprovechada a corto plazo como materia orgánica, para que ejerza influencia sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, tales como: textura, porosidad, drenaje, nutrientes, etc., participando también en las reacciones de intercambio, tanto de aniones como de cationes y actúe como un regulador coloidal sobre las partículas de arcilla para que formen agregados convenientes, propiciando así el crecimiento de las plantas. (Gavande).

Como el relieve se encontraba en un 90% accidentado por -

surcos producto de los escurrimientos superficiales en el talud, nos fue necesario colocar además de los manojos de huinumo, en ramadas horizontales de estaca a estaca, principalmente en los - surcos, donde la esorrentía y el desgaste son mayores, para así evitar su crecimiento en profundidad y anchura y que a su vez sirvan para retener el material arrastrado.

D. - Siembra y Plantación. - En la siembra y plantación se hicieron - combinaciones de plantas herbáceas, rastreras, arbustivas y arbóreas, en base a las características edafológicas antes mencionadas y sin tomar en cuenta la posible existencia de efectos alelopáticos entre las plantas. Se distribuyeron ocho tratamientos con cuatro repeticiones en bloques al azar y el lote testigo fue instalado a una distancia de 3m. de la zona trabajada, en el cual no se introdujeron materia orgánica ni el método de estacas y enramadas, plantándose únicamente las mismas especies que se describen a continuación:

(Se anexan cuadros de distribución No. 3 y lote testigo No. 4)

- a). - Alamo blanco (Populus alba); magüey (Agave atrovirens); Pirul chino (Schinus terentifolia); Higuerilla (Ricinus communis); Pino blanco (Pinus michoacana); Nopal (Opuntia ficus-indica); Atriplex halimus.
- b). - Acacia (Acacia cyanophylla); Casuarina (Casuarina-equisetifolia); Calabacilla loca (Cucurbita foetidissima); Pino real (Pinus pseudostrobus); Magüey (Agave atrovirens); Nopal - (Opuntia ficus-indica); Cedro blanco (Cupressus-lindleyi);

DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS

CUADRO No. 3

27	36	32	15	03	19	04	10	01
	18	05	14	22	09	23	17	28
		31	24	29	07	25		
		13	11	02	21	26		
		12	08	16	20	30		

Tratamiento	A	distribuído en los lotes	1, 2, 3 y 4
"	B	" " " "	5, 6, 7 y 8
"	C	" " " "	9, 10, 11, y 12
"	D	" " " "	13, 14, 15 y 16
"	E	" " " "	17, 18, 19 y 20
"	F	" " " "	21, 22, 23 y 24
"	G	" " " "	25, 26, 27 y 28
"	H	" " " "	29, 30, 31 y 32

LOTE TESTIGOCUADRO No. 4

02	06
08	03
07	04
05	01

En el cual no se introdujeron materia orgánica ni el método de estacas y enramadas, plantándose las mismas especies ya descritas.

- Alamo blanco (Populus alba).
- c). - Alamo blanco (Populus alba); Casuarina (Casuarina equisetifolia); Pelo de angel (Calliandra anomala); Pino halepo (Pinus halepensis); Higuierilla (Ricinus comunis); Maguey (Agave atrovirens); Palo dulce (Eysenhardtia polistachya); Bugambilia blanca (Pereskia aculeata); Nopal (Opuntia ficus-indica).
- d). - Tamarix articulata; Higuierilla (Ricinus comunis); Acacia (Acacia cyanophylla); Piñonero (Pinus cembroides); Calabacilla loca (Cucurbita foetidissima); Maguey (Agave atrovirens); Bugambilia blanca (Pereskia aculeata); Nopal (Opuntia ficus-indica).
- e). - Tamarix parviflora; Sauz Ilorón (Salix babilonica); Retama (Cassia tomentosa); Pino real (Pinus pseudostrobus); Zarcamora (Rubus adenotrichos); Nopal (Opuntia ficus-indica); Maguey (Agave atrovirens).
- f). - Gigante (Eucaliptus camaldulensis); Costilla de vaca (Atriplex canescens); Retama (Cassia tomentosa); Pino halepo (Pinus halepensis); Casuarina (Casuarina equisetifolia); Nopal (Opuntia ficus-indica); Higuierilla (Ricinus comunis); Cedro blanco (Cupressus lindleyi); Mezquite (Prosopis juliflora); Maguey (Agave atrovirens).
- g). - Tejocote (Crataegus mexicana); Rosal silvestre (Rosa montezumae); Fresno (Fraxinus uhdei); Piñonero (Pinus cembroides); Higuierilla (Ricinus comunis); calabacilla loca (Cucurbita foetidissima); Nopal (Opuntia ficus-indica).
- h). - Palo dulce (Eysenhardtia polistachya); Atriplex confertifolia;

Mezquite (Prosopis juliflora); Pino blanco (Pinus michoacana); Zarzamora (Rubus adenotrichos); Pelo de angel (Calliandra anomala); Maguey (Agave atrovirens); Gigante (Eucaliptus camaldulensis); Nopal (Opuntia ficus-indica); Cedro blanco (Cupressus lindleyi); Casuarina (Casuarina equisetifolia).

En las siguientes dos columnas se enlistan las especies que son nativas (n) o adaptadas (a) a la región, así como las que se introdujeron en este experimento por sus características de resistencia al frío y a la sequía y adecuadas para suelos profundos y arcillosos, con pendientes y en proceso de desertificación.

ESPECIES NATIVAS Y ADAPTADAS

Especies perennes

<u>Agave atrovirens</u>	(n)	Maguey
<u>Calliandra aromala</u>	(n)	Pelo de angel
<u>Cassia tomentosa</u>	(n)	Retama
<u>Cupressus lindleyi</u>	(n)	Cedro blanco
<u>Crataegus mexicana</u>	(n)	Tejocote
<u>Eysenhardtia polistachya</u>	(a)	Palo dulce
<u>Fraxinus uhdei</u>	(a)	Fresno
<u>Opuntia ficus-indica</u>	(n)	Nopal
<u>Pinus michoacana</u>	(n)	Pino blanco
<u>Pinus pseudostrobus</u>	(a)	Pino real
<u>Populus alba</u>	(a)	Alamo blanco
<u>Ricinus comunis</u>	(n)	Higuerilla
<u>Rubus adenotrichos</u>	(n)	Zarzamora
<u>Salix babylonica</u>	(a)	Sauz llorón
<u>Schinus molle</u>	(a)	Pirul

ESPECIES INTRODUCIDASEspecies Perennes

<u>Acacia cyanophylla</u>	Acacia
<u>Atriplex canescens</u>	Costilla de vaca
<u>Atriplex confertifolia</u>	-----
<u>Atriplex halimus</u>	-----
<u>Casuarina equisetifolia</u>	Casuarina
<u>Cucurbita feotidisima</u>	Calabacilla loca
<u>Chloris gayana</u>	Zacate florón
<u>Eragrostis curvula</u>	Zacate rhodes
<u>Eucaliptus camaldulensis</u>	Gigante o alcanfor
<u>Parekia aculeata</u>	Bugambilia blanca
<u>Pinus cembroides</u>	Piñonero
<u>Pinus halepensis</u>	Pino halepo
<u>Prosopis juliflora</u>	Mezquite
<u>Rosa montezumae</u>	Rosal silvestre
<u>Schinus terentifolia</u>	Pirul chino
<u>Tamarix articulata</u>	-----
<u>Tamarix parviflora</u>	-----
<u>Tamarix plumosa</u>	-----

Especies Anuales

<u>Avena sativa</u>	Avena
<u>Triticum vulgare</u>	Trigo

Se establecieron en cada lote de 13m² un número de 7-11 especies en forma de semilla, estacas y planta de envase.

En cuanto a las semillas; estas se sembraron uniformemente en todos los lotes y en el fondo de la cárcava: Pirul (Schinus molle); Zacate Rhodes (Chloris gayana); Zacate Ilorón (Eragrostis curvula); Avena (Avena sativa); Trigo (Triticum vulgare); Calabacilla loca (Cucurbita foetidissima); Higuera (Ricinus communis).

Para la cuantificación de la pérdida de suelo por hectárea, se optó por el método de corcholatas, (Anaya), clavándose en el talud trabajado un grupo de 100 y en el de enfrente sin tratamiento otras 100.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de un mes de haberse enterrado, todas las estacas de chupiri y colorín empezaron a presentar brotes en los tallos.

Los manojos de huinumo u ocoshal semienterrados, una vez iniciada la temporada de lluvias empezaron a cumplir dos de los tres propósitos para los cuales fueron introducidos; el de interceptar la escorrentía reduciendo su velocidad y con ello su poder erosivo en el talud; y el de conservar la humedad propiciando la infiltración y retención del agua hacia el subsuelo, esto es, debido a que la cantidad de materia orgánica tiene una relación directa con la capacidad de retención e infiltración del agua, la cual se ve incrementada en el talud a partir del momento en que se introducen los manojos de hojarasca de pino.

Las enramadas que se colocaron horizontalmente de estaca a estaca en los surcos del talud y cuyo propósito es el de contener el material arrastrado en el talud durante este primer año de lluvias, lograron retener un volumen de 26.3m^3 aproximadamente, formándose así pequeños bancos - donde la vegetación se ha ido desarrollando y con ello propiciando un hábitat antes inexistente, mientras que en el lote testigo donde se clavaron 100 corcholatas en dos grupos, a una distancia de 10m. uno de otro, se cuantificó una pérdida de 20.9m^3 por hectárea, es decir que con el método de estacas y enramadas se logran retener los 20.9m^3 más 5.4m^3 de azolve, lo que esto significa que es una ganancia para el control de la erosión en taludes de cárcavas.

En el desarrollo de este trabajo juega un papel muy importante el mantenimiento durante los dos primeros años, porque de esto va a depender el éxito o fracaso de este método, principalmente porque en Pátzcuaro la mayor parte de la precipitación de los 920mm, se presentan en forma de aguaceros torrenciales, que ayudados por la fuerte pendiente pueden dañar considerablemente los trabajos de estacado y enramado, como a continuación se describe:

Se derrumbaron dos secciones de $3m^2$ cada una, destruyéndose las pequeñas terrazas que se habían formado, llevándose consigo toda la vegetación plantada, este daño se logró reparar.

Posteriormente estuvo a punto de ser arrasado un 30% del estacado, lográndose reforzar a tiempo y evitarse así el derrumbe de las terrazas y pérdida de la vegetación introducida.

Finalmente se abrieron dos brechas de aproximadamente 2m. de ancho por 10m. de largo; una de estas brechas se originó desde la cima hasta la parte media del talud y la otra de $3/4$ del terraplén hasta su base, las cuales provocaron debilitamientos en las estacas y enramadas contiguas, estas dos brechas no lograron ser reparadas.

CUADRO No. 5

			03				
			22	09			
			29	07			
				21			
				20			

Lotes afectados por derrumbe, formando dos brechas, cada una de 2m. de ancho por 10m. de largo. Son los que se enumeran en el cuadro No. 5 .

Los derrumbes se deben, principalmente a que los manojos de huinunos u ocoshal empezaron a funcionar en los dos primeros de los tres propósitos para los cuales fueron semienterrados, provocando con ello el hinchamiento del suelo que se le define como el fenómeno que ocurre cuando aumenta el volumen de un sólido y disminuye su cohesión, mientras éste absorbe un líquido sin perder su homogeneidad aparente (Gavande), -viéndose así incrementada la carga por cm^2 del volumen acumulado de tierra en las estacas y enramadas, provocando el debilitamiento de las mismas, hasta producirse finalmente el alud en los lotes 3, 7, 9, 20, 21, 22 y 29 de los cuales no se puede dar una evaluación del comportamiento de las especies introducidas, cuadro No. 5.

En lo que respecta a la supervivencia de las plantas en los bloques al azar se obtuvo lo siguiente:

En los lotes 1, 2, 3 y 4 donde se aplicó el tratamiento 'A', obtuvimos el siguiente resultado: (ver cuadro No. 6).

Lotes	Populus alba	Agave atrovirens	Schinus terentifolia	Ricinus comunis	Pinus michoacana	Opuntia ficus-indica	Atriplex halimus
1	50%	100%	75%	25%	25%	50%	25%
2	0%	100%	0%	0%	0%	100%	0%
3	ZO	NA	-	DE	RRUM	BA	DA
4	50%	100%	0%	50%	50%	0%	0%

Cuadro No. 6. - Tratamiento "A". El lote 1 presenta mayor diversidad y porcentaje de supervivencia.

Como se observa en el cuadro No. 6 el mayor porcentaje de supervivencia lo presenta el Agave atrovirens con un 100% en tres lotes; en segundo lugar el Opuntia ficus-indica con el 50 y 100%; en tercero el Populus alba con un 50%; en tanto que el Ricinus comunis y el Pinus Michoacana tienen un 50 y 25%, distribuidas todas estas especies en dos lotes diferentes, finalmente en un solo lote el Schinus terentifolia con un 75% y el Atriplex halimus con un 25%. Siendo el lote I el que presentó mayor supervivencia y diversidad de especies para este tratamiento, mientras que en los demás se nota un alto porcentaje de mortandad.

Para el tratamiento "B" distribuido en los lotes 5, 6, 7 y 8, la especie que sobrevivió en mayor porcentaje fue el Agave atrovirens con un 100% en tres lotes, mientras que la Casuarina equisetifolia y la Acacia cyanophylla con un 100% en un lote, así como un 50 y 25% respectivamente. En segundo lugar el Opuntia ficus-indica con el 75%, por último el Tamarix parviflora, Cupressus lindleyi y Populus alba en un 25% en un solo lote, como se puede apreciar en el cuadro No. 7.

Lotes	Acacia cyanophylla	Casuarina equisetifolia	Cucurbita fectidisima	Pinus pseudostrabus	Agave atrovirens	Opuntia ficus-indica	Tamarix parviflora	Cupressus lindleyi	Populus alba
5	0%	0%	0%	0%	100%	75%	0%	0%	0%
6	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
7	-	ZO	NA	-	DE	-	DE	RRUM	BE
8	25%	50%	0%	0%	100%	0%	25%	25%	25%

Cuadro No. 7. - Tratamiento "B". El lote 8 presenta mayor diversidad de especies.

En los lotes 9, 10, 11 y 12 donde se aplicó el tratamiento "C", la especie de mayor supervivencia es el Agave atrovirens con un 100% en tres lotes, el Ricinus comunis en dos lotes en un 100 y 50%, las demás especies a excepción del Populus alba, Calliandra anomala y Pereskia aculeata que no lograron adaptarse, se encuentran entre el 50 y 25% de supervivencia como se verifica en el cuadro No. 8.

Lotes	<u>Populus alba</u>	<u>Casuarina equisetifolia</u>	<u>Calliandra anomala</u>	<u>Pinus halepensis</u>	<u>Ricinus comunis</u>	<u>Agave atrovirens</u>	<u>Eysenhardtia polistachya</u>	<u>Pereskia aculeata</u>	<u>Opuntia ficus-indica</u>
9	-	ZO	NA	-	DE	-	DE	RRUM	BE
10	0%	0%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	0%
11	0%	25%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	50%
12	0%	25%	0%	25%	50%	100%	50%	0%	0%

Cuadro No. 8. - Tratamiento "C". El lote 12 obtuvo mayor diversidad y porcentaje de supervivencia.

Para el tratamiento "D" que se distribuyó en los lotes 13, 14, 15 y 16 se observó el siguiente comportamiento: El Agave atrovirens sobrevivió un 100% en cuatro lotes y el Opuntia ficus-indica en dos, en tanto que el Tamarix articulata y el Ricinus comunis con un 75% en un lote respectivamente, la Acacia cyanophylla en un lote presentó el 50% y en otros dos el 25% al igual que el Pinus cembroides nada más que este último en uno sólo, como se aprecia en el cuadro No. 9.

Lotes	<u>Tamarix articulata</u>	<u>Ricinus comunis</u>	<u>Acacia cyanophylla</u>	<u>Pinus cembroides</u>	<u>Cucurbita foetidissima</u>	<u>Agave atrovirens</u>	<u>Pereskia aculeata</u>	<u>Opuntia ficus-indica</u>
13	0%	75%	25%	25%	0%	100%	0%	0%
14	0%	0%	25%	0%	0%	100%	0%	100%
15	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
16	75%	0%	50%	0%	0%	100%	0%	100%

Cuadro No. 9. - Tratamiento "D". Los lotes 14 y 16 son los que tienen mayor diversidad de especies.

En los lotes 17, 18, 19 y 20 donde se aplicó el tratamiento "E", el Opuntia ficus-indica y el Agave atrovirens, sobrevivieron un 100% en dos lotes, mientras que las demás especies varían de 0-50% como se observa en el cuadro No. 10.

Lotes	<u>Tamarix parviflora</u>	<u>Salix babilonica</u>	<u>Cassia tomentosa</u>	<u>Pinus pseudostrobus</u>	<u>Rubus adenotrichos</u>	<u>Opuntia ficus-indica</u>	<u>Agave atrovirens</u>
17	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
18	25%	25%	50%	0%	0%	100%	100%
19	25%	0%	0%	50%	0%	0%	50%
20	ZO	NA		DE	RRUM	BA	DA

Cuadro No. 10. - Tratamiento "E". El lote 19 presentó una mayor diversidad de especies.

Los lotes 21 y 22 del tratamiento "F", fueron afectados por los derrumbes, en tanto que los otros dos 23 y 24, la vegetación ahí introducida presentó el siguiente comportamiento; el Agave atrovirens y el Opuntia ficus-indica, sobrevivieron en un 100%; el Cupressus lindleyi y el Eucaliptus camaldulensis en un 25%, como se puede apreciar en el --

cuadro No. 11.

Lotes	<u>Eucaliptus camaldulensis</u>	<u>Atriplex canescens</u>	<u>Cassia tomentosa</u>	<u>Pinus halepensis</u>	<u>Eysenhardtia polistachya</u>	<u>Casuarina equisetifolia</u>	<u>Opuntia ficus-indica</u>	<u>Ricinus comunis</u>	<u>Cupressus fencleryi</u>	<u>Prosopis juliflora</u>	<u>Agave elotvirens</u>
21	-	ZO	NA	-	DE	-	DE	RRUM	BE	-	-
22	-	ZO	NA	-	DE	-	DE	RRUM	BE	-	-
23	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	25%	0%	0%
24	25%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	25%	0%	100%

Cuadro No. 11. - Tratamiento "F". Con resultados muy pobres y dos lotes sin evaluación por derrumbes.

En el tratamiento "G", la supervivencia de las especies se redujo a tres, siendo el Opuntia ficus-indica con el más alto porcentaje (100%) - en los cuatro lotes, en tanto el Ricinus comunis y el Crataegus mexicana - en dos lotes presentan un 25%, como se verifica en los lotes 25, 26, 27 y 28 en el cuadro No. 12.

Lotes	<u>Crataegus mexicana</u>	<u>Rosa montezumae</u>	<u>Fraxinus uhdei</u>	<u>Pinus cembroides</u>	<u>Ricinus comunis</u>	<u>Cucurbita foetidissima</u>	<u>Opuntia ficus-indica</u>
25	25%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
26	0%	0%	0%	0%	25%	0%	100%
27	25%	0%	0%	0%	25%	0%	100%
28	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Cuadro No. 12. - Tratamiento "G". El nopal con 100% de supervivencia en cuatro lotes.

Finalmente para los lotes 29, 30, 31 y 32 del tratamiento "H", el comportamiento de supervivencia de las especies, quedó de la siguiente manera: El Agave atrovirens y el Opuntia ficus-indica presentaron un 100% en dos lotes, el Atriplex confertifolia y el Agave atrovirens en un lote tienen un 75%, mientras que las demás especies varían de 0-25%, como se ve en el cuadro No. 13.

Lotes	<u>Eysenhardtia polistachya</u>	<u>Atriplex confertifolia</u>	<u>Prosopis juliflora</u>	<u>Pinus michoacana</u>	<u>Rubus adenotrichos</u>	<u>Calliandra anomala</u>	<u>Agave atrovirens</u>	<u>Eucaliptus camaldulensis</u>	<u>Opuntia ficus-indica</u>	<u>Cupressus linzeyi</u>	<u>Casuarina equisetifolia</u>
29		ZO	NA		DE		DE	RRUM	BE		
30	25%	0%	0%	25%	0%	25%	100%	0%	100%	0%	0%
31	0%	75%	25%	0%	0%	0%	75%	25%	100%	25%	25%
32	0%	0%	0%	0%	0%	25%	100%	0%	0%	0%	0%

Cuadro No. 13. - Tratamiento "H". El lote 31 presentó mayor diversidad de especies y porcentaje de supervivencia.

En cuanto al lote testigo que se instaló a una distancia de 3m. de la zona trabajada donde se plantaron los 8 tratamientos sin introducción - de la hojarasca de pino y enramadas, la vegetación no logró adaptarse a la fuerte pendiente del talud, pues a mediados de la época de lluvias más de 3/4 de las plantas introducidas habían sido arrasadas por la escorrentía y al finalizar la temporada no quedaba ninguna con vida.

De las semillas que se sembraron uniformemente en los 600m² trabajados lograron germinar la Avena sativa, Triticum vulgare, Ricinus - comunis y Eragrostis curvula en los bancos formados y en el fondo de la cárcava, mientras que la Cucurbita feotidisima, Schinus molle y Chloris gayana no lograron germinar, probablemente, tanto la calabacilla loca y el zacate llorón no encontraron las condiciones adecuadas para -

germinar, mientras que al pirul le faltó pasar por el tratamiento de escarificación.

Las cuatro primeras especies se comportaron satisfactoriamente durante el primer año, pero se lograron expandir con mucho mayor rapidez el Ricinus comunis y el Eragrostis curvula en el fondo de la cárcava y en los lotes 6, 12, 13, 27 y 32.

CONCLUSIONES DEL TRABAJO

El método de estacado y enramado se revela como eficaz para la estabilización de taludes en las cárcavas de la cuenca de Pátzcuaro, debiendo sin embargo afinarse algunos aspectos, como la plantación de las estacas con mayor anticipación, para que puedan desarrollar su sistema radicular, afianzándose así más fácilmente al suelo para que con ello puedan soportar el incremento del volumen de tierra acumulada y del agua absorbida por los bancos que es la principal causa que produce el debilitamiento de ellas y de las enramadas y finalmente su derrumbe.

Para evitar esto se les deberá dar mantenimiento durante y después del primer período de lluvias inmediato a la plantación.

En la plantación de las especies arbóreas y arbustivas, el espacio debe ser más cerrado que en las convencionales: un promedio de 60cm a 1m, sería adecuado a la mayoría de los casos. Para evitar la erosión alrededor de la planta, el espacio de plantación debe tener una contrapendiente. Además, es conveniente proporcionar una cobertura de residuos vegetales, en lo que se empieza a formar naturalmente.

Esta cobertura de residuos vegetales se puede llevar a cabo con el método de "Cubierta de Arboles o Arbustos leñosos" que consiste en la construcción de "colchonetas" con un marco de estacas de especies brotadoras y que en su interior está recubierto por ramas y hojarasca (2). Este método puede ser una alternativa en las zonas que se vieron afectadas por los derrumbes, ya que su principal ventaja es que puede resistir casi todos los ataques de la erosión.

Para la recuperación y estabilización de las áreas afectadas, no es posible pensar que esta primera generación de árboles, arbustos y herbáceas introducidas en bloques al azar, harán el trabajo, debido principalmente a que dicha generación encontrará una gran limitante que es la calidad del suelo, ya que su estructura tiene influencia prácticamente en la mayoría de los factores del crecimiento de las plantas; en consecuencia en determinados casos puede ser el factor limitante de la producción. Una mala estructura puede significar efectos dañinos para la planta; por ejemplo, exceso o deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, poca actividad microbiana, impedimento al crecimiento de las raíces, cambios químicos perjudiciales, etc. por el contrario, una buena estructura hace que los factores del crecimiento funcionen a su máxima eficiencia y se obtengan mayores rendimientos (Gavande), por lo cual es preciso plantar especies capaces de tolerar en mediano y alto porcentaje el suelo arcilloso y duro de los taludes y que empiece a formar uno nuevo. Porque las plantas ayudan a agregar las partículas del suelo en muchas formas. Lo más importante es, quizá, la excreción de compuestos orgánicos gelatinosos por las raíces que servirán como ligamentos entre las sustancias inorgánicas.

La presión ejercida para la raíz, el CO_2 producido en la respiración y los minerales excretados también son importantes. La pequeñas raicillas mantienen juntas las partículas. La deshidratación del suelo por la raíz causa grietas al encogerse el suelo, lo que origina rompimientos y, posteriormente, formación de agregados. El follaje de las plantas y sus residuos cubren el suelo y lo protegen de los cambios bruscos de temperatura y

humedad y de los efectos de las gotas de lluvia.

Los residuos vegetales, tanto del follaje como de la raíz, proporcionan la base alimenticia de los microorganismos del suelo, que son uno de los principales factores agregantes (op. cit.), para lo cual se han seleccionado 16 de las 34 especies con los que se inició el presente trabajo.

Las 16 especies quedan enlistadas en el cuadro No. 14 y se pueden plantar en forma más intensiva con el método aquí descrito, dado que se adaptan bien a las condiciones ecológicas de la región y tienen un alto grado de tolerancia a las condiciones propias de la asociación a la que se le está sometiendo, para que ayuden a la reinstalación de la vegetación y estabilización definitiva de los taludes. Además, es necesario continuar probando con algunas otras especies como son el: Encino (*Quercus sp.*), Ocotle (*Pinus montezumae*), Aile (*Alnus firmifolia*), Madroño (*Arbutus Xalapensis*).

CUADRO DE PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA DE LAS ESPECIES

Acacia cyanophylla	Agave atrovirens	Atriplex confertifolia	Cassia Tomentosa	Casuarina equisetifolia	Crataegus mexicana	Cupressus lindleyi	Eucaliptus camaldulensis	Opuntia ficus-indica
32%	91%	25%	10%	20%	12%	12%	10%	59%

Populus alba	Pinus michoacana	Ricinus communis	Salix babylonica	Schinus terentifolia	Tamarix articulata	Tamarix parviflora
20%	16%	21%	13%	25%	18%	12%

CUADRO No. 14. - Especies que se pueden plantar con mayor frecuencia de acuerdo a su porcentaje de supervivencia.

BIBLIOGRAFIA

1. - Anaya Garduño, Manuel - Martínez Meneses, Mario - Trueba Carranza, Alejandro - 1977. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Postgraduados Chapingo, México, pp. 578.
2. - Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (F.A.O.) - 1977. Manual de Reforestación y Control de la Erosión para las Filipinas. Rome pp. 430-447.
3. - Coirns, J. Jr. - Dickson, K.L. - 1975. Recovery & Restoration os Damaged Ecosystems. University Press Virginia pp. 13, 21, 102, 134, 303, 379.
4. - Devlin, Robert M. - 1975. Fisiología Vegetal. Segunda Edición, Editorial Omega, Barcelona, pp. 468.
5. - Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales de la S.A.R.H. en su oficina de Tzurumútaró, Mich.
6. - Gavande, Sampat A. - 1979. Física de Suelos, Principios y Aplicaciones. F.A.O. Editorial Limusa, México pp. 351.
7. - Hartman, Hudson T. - 1981. Propagación de Plantas, Principios y Prácticas. Segunda Impresión. Editorial C.E.C.S.A., México, pp. 814.
8. - Little, Thomas M. - Hills, F. Jackson - 1979. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Editorial Limusa, México pp. 79, 86, 235.
9. - Martínez, Maximino - 1979. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Primera Edición, Editorial Fondo de Cultura Económica, México, pp. 1220.
10. - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. La Erosión del Suelo por el agua. Segunda Reimpresión 1978, Roma, pp. 207.

11. - Programa de extracción de Malezas Acuáticas en Pátzcuaro, Mich. (Estimación realizada por el Cap. Enrique Galván, Responsable de dicho Programa).
12. - Rzedowski, Jerzy - 1978. Vegetación de México. Primera Edición, Editorial Limusa, México pp.431.
13. - Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de los E.U.A. - 1977. Manual de Conservación de Suelos. Editorial Limusa. México, pp.332.
14. - Sheng, T. C. - 1977. Guidelines for Watershed. Food and Agriculture Organization of the United Nations Management, Rome. pp. 289-293
15. - Silva M., Carlos - 1978. Unidades del Suelo. Segunda Edición. Editorial Limusa. México, pp.431.
16. - S.A.G. Dirección Conservación de Suelo y Agua en Michoacán -Agua -Conservación. Programada de Trabajo y realización en el Estado de Michoacán, 1964, s.p.
17. - S.A.G. Dirección Conservación de Suelo y Agua. La Conservación de los Suelos en Michoacán S.A.G. 1963, s.p.
18. - VII Congreso Internacional de Riego y Drenaje. El Control de la erosión de los Suelos en México S.A.G. Dirección Conservación de Suelo y Agua, México 1969, s.p.
19. - Solórzano Preciado, Aurelio - 1955. La Pesca en el Lago de Pátzcuaro, Mich. y su importancia Económica Regional - Secretaría de Marina, pp.58.
20. - Toledo, Victor Manuel - Barrera Bassols, Narciso - 1984. Ecología y Desarrollo Rural en Pátzcuaro. Instituto de Biología U.N.A.M., México, pp.224.