

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

FACULTAD DE BIOLOGÍA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EFFECTO DE LA RIQUEZA DE ESPECIES DE LEGUMINOSAS SOBRE LA
CAPACIDAD DE RETENER EL SUELO, BAJO CONDICIONES DE
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

TESIS

Que como requisito para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en Conservación y Manejo de Recursos Naturales

presenta:

ESTEBAN AUREOLES CELSO

Director de tesis:

DR. ROBERTO A. LINDIG CISNEROS.

Morelia Michoacán, México. Mayo de 2006.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por su prestigio y respecto a todos los niveles académicos.

La Facultad de Biología por haberme formado como biólogo y a hora como Maestro en Ciencias.

Al proyecto que fue financiado por el CONCYT a través del proyecto SEMARNAT-2002-C01-0760 y la Coordinación de la investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través del proyecto 8:15

A los sinodales que colaboraron en la revisión de mi tesis, Dr. Roberto A. Lindig Cisneros, Dra. Sabina I. Lara Cabrera, Dar. Yasmín Carreño Abud, Dr. Cuahutemoc, Mc. Arturo Carrillo, agradezco por haber tenido paciencia y dedicación en la misma.

Agradezco principalmente por su constante apoyo, paciencia, confianza al Dr. Roberto Lindig Cisneros por su asesoría incondicional que fueron indispensables para la realización de este trabajo.

A mis compañeros de laboratorio: Mariela, Dulce, Yane, Arnulfo, Pedro

A la persona mas especial en mi vida , por todos sus consejos, por creer en mi, por enseñarme que todo cuesta en la vida, pero que nada es imposible cuando se quiere y se desea seguir adelante y mas que nada por su cariño.

DEDICATORIA.

A la memoria de mi madre Concepción, por darme la vida. Aunque ya no esta conmigo, pero en donde quiera que se encuentre, yo se que me guía por el camino más correcto de la vida.

A mis hermanos: Armando, Jesús, Víctor, Mirta, José, Nancy y Mireya por apoyarme en el proceso de mi vida.

Esta tesis es también para una mujer especial que es mi hermana Mirta por haberme cuidado en mi niñez ya que paso a ser como mi segunda madre.

La presente tesis fue realizada en el laboratorio de
Ecología de Restauración de la facultad de Biología de
la Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo
bajo la asesoría del Dr. Roberto A. Lindig Cisneros.

INDICE

RESUMEN GENERAL-----	1
SUMMARY -----	3
1. INTRODUCCION GENERAL.-----	5
2. ANTECEDENTES GENERALES.-----	8
2.1 Generalidades del suelo.-----	8
2.2 Estudios relacionados con la compactación del suelo.-----	9
2.3 Causas de la erosión.-----	9
2.4 Trabajos relacionados con la erosión.-----	10
2.5 Importancia de las nitrógeno-----.	11
2.6 La importancia del leguminosas.-----	12
2.7 Restauración ecológica.-----	13
2.8 Importancia de la vegetación.-----	14
3. OBJETIVOS.-----	17
3.1. Objetivos generales-----	17
3.2. Objetivos particulares.-----	17
 CAPITULO I.. Ensayo de tiempo de saturación y escorrentía con especies de leguminosa bajo dos pendientes distintas.-----	18
RESUMEN-----	18
SUMMARY-----	19
1.INTRODUCCION-----.	20
2. OBJETIVO-----	23
3. METODOLOGIA.-----	24
3.1 Experimento preliminar.-----	24

3.2 Experimento principal.	27
4. RESULTADOS.	28
4.1 Resultados del experimento preliminar.	28
4.2 Resultados del experimento principal	32
5. DISCUSION Y CONCLUSIONES.	40
6. LITERATURA CITADA.	42

CAPITULO II. Efecto de la profundidad de sembrado en la germinación de <i>Lupinus elegans</i> y <i>Crotalaria pumila</i>	44
--	----

RESUMEN	44
SUMMARY	45
1. INTRODUCCION.	46
2. OBJETIVO	48
3. METODOLOGIA.	49
4. RESULTADOS.	50
5. CONCLUSIONES Y DISCUSION.	54
6. LITERATURA CITADA.	55

CAPITULO III. Efecto de la riqueza de especies de las leguminosas sobre la capacidad de retener el suelo en el municipio de Atécuaro.	57
---	----

RESUMEN	57
SUMMARY	58
1. INTRODUCCION.	59
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	61

2.1 Localización geográfica.	61
2.2 Clima.	61
2.3 Geología.	62
2.4 Suelo.	63
2.5 Vegetación.	63
2.6 Hidrología.	64
2.7 Descripción del sitio de estudio.	64
3. OBJETIVO	65
4. METODOLOGIA.	66
5. RESULTADOS.	67
5.1 Parcelas en las tres pendientes (plana, media y alta)	67
5.2 Parcelas con especies individuales	74
5.3 Parcela de control	75
6. DISCUSION Y CONCLUSION.	77
7. LITERATURA CITADA.	79
8. CONCLUSIONES GENERALES	81
9- BIBLIOGRAFIA GENERAL	82

INDICES DE FIGURAS.

CAPITULO 1

Figura 1. Muestra las medias y las desviaciones estándar del tiempo que tardó en escurrir el agua fuera de las charolas de una inclinación de 9°.-----28

Figura 2. Muestra las medias y la desviación estándar del tiempo que tardó en escurrir el agua fuera de las charolas de una inclinación de 18°.-----30

Figura 3. Muestra las medias y las desviaciones estándar de escurrimiento en las charolas con una inclinación 9°.-----32

Figura 4. Muestra las medias y las desviaciones estándar de la pérdida de suelo en las charolas con una inclinación 9°.-----34

Figura 5. Muestra las medias y las desviaciones estándar del tiempo que duro en escurrir el agua fuera de las charolas de una inclinación de 18°.-----36

Figura 6. Muestra las medias y las desviaciones estándar de la pérdida de suelo en las charolas con una inclinación 18°.-----38

CAPITULO- 11

Figura 1. Número de plántulas de *Lupinus elegans* que emergieron a diferentes profundidades a lo largo de las cinco semanas que duró el experimento en el cajón de germinación.-----49

Figura 2. Número de plántulas de *Crotalaria pumila* que emergieron a diferentes profundidades a lo largo de las cinco semanas que duró el experimento en la caja de germinación.-----51

CAPITULO- 111

- Figura 1.** Se observa en la primera evaluación, el crecimiento promedio de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en las 3 distintas pendientes.-----67
- Figura 2.** Se observa el porcentaje de germinación de *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens* en las 2 distintas pendientes.-----68
- Figura 3.** Se observa la segunda evaluación, el crecimiento promedio de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en las 3 distintas pendientes.-----69
- Figura 4.** Se observa el porcentaje de germinación de *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens* en las 2 distintas pendientes.-----70
- Figura 5.** Se observa la tercera evaluación, el crecimiento promedio de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en las 3 distintas pendientes.-----71
- Figura 6.** Se observa el porcentaje de germinación de *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens* en las 2 distintas pendientes.-----72
- Figura 7.** Se muestra el porcentaje de las tres evaluaciones de germinación en las parcelas con especies individuales.-----74

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

Tabla 1. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y Desviación estándar) en que tardo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies.-----	27
Tabla 2. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas-----	28
Tabla 3. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en que tardo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies con un ángulo de 18°.-----	29
Tabla 4. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas. -----	30
Tabla 5. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en que tardo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies con un ángulo de 9°.-----	31
Tabla 6. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas. -----	33
Tabla 7. (Máximo, mínimo, promedio y Desviación estándar) en la pérdida de suelo.--	34
Tabla 8. Resultados del ANOVA de una vía aplicada a la perdida de suelo en las especies.-----	35
Tabla 9. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en retener el agua antes de escurrir fuera de la charola.-----	35
Tabla 10. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas. -----	37
Tabla 11. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en la pérdida de suelo.-----	37
Tabla 12. Resultados del ANOVA de una vía aplicada a la perdida de suelo en las especies. -----	38

CAPITULO 11

Tabla 1. Análisis binomial por medio de modelos lineal es generalizados para los resultados de emergencia de plántulas en la semana 5 del experimento en el cajón de germinación.-----50

Tabla 2. Análisis binomial por medio de modelos lineal es generalizados para los resultados de emergencia de plántulas de *Crotalaria pumila* en la semana 5 del experimento en la caja de germinación.-----51

Tabla 3. Temperatura que se registro en el suelo del cajón de germinación a lo largo del experimento con *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*. -----52

CAPITULO 111

Tabla 1. Se muestra la perdida de suelo en las 3 diferentes pendientes.-----72

Tabla 2. Se muestra la perdida de suelo en centímetros, en cada una de las especies. ---73

Tabla 3. Se muestra las evaluaciones de perdida de suelo en las parcelas de control. ---75

RESUMEN GENERAL.

El lugar de estudio se encuentra en el paraje conocido como la Huertita, perteneciente al municipio de Atécuaro Michoacán. Se encuentra en una zona montañosa, en su mayoría deforestada, lo que provocó la erosión de ese lugar que con la subsecuente aparición de cárcavas que son comunes en todo el Municipio de Atécuaro. Como parte de un proyecto de restauración ecológica se llevaron a cabo una serie de experimentos. La restauración es un proceso que intenta formar estadios sucesivos de cobertura vegetal, para recuperar la composición de especies y las interrelaciones de la comunidad biótica, en un tiempo relativamente corto. En la restauración se utilizan plantas silvestres, que son seleccionadas por sus características biológicas, ecológicas.

Este trabajo se realizó con el objetivo de desarrollar técnicas de restauración de áreas perturbadas por la agricultura a través del sembrado de especies nativas de leguminosas, en particular *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*.

Las especies antes mencionadas se sembraron al boleó en un experimento de campo y uno de invernadero. Las semillas fueron escarificadas previamente con ácido sulfúrico concentrado por 30 minutos (*Lupinus elegans*) y 20 minutos (*Crotalaria pumila*). Para el caso *Trifolium repens* no se realizó ningún tratamiento de escarificación.

Se diseñó un experimento de invernadero con dos especies (*Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*), usando suelo colectado del sitio de estudio, donde se sembraron semillas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* a diferentes profundidades del suelo en el rango de 0.2 a 4 centímetros, para tener información

de la profundidad a la que las semillas pueden emerger. Los resultados mostraron que para *Lupinus. elegans*, una profundidad entre 1 y 1.5 centímetros se logra una emergencia del 100% y para *Crotalaria. pumila*, 1.5 a 2 centímetros es la profundidad óptima al presentar un porcentaje de emergencia del 80%. Con estos resultados se diseñó un rastrillo con dientes de 3 centímetros de largo, para llevar a cabo la siembra en otros dos experimentos.

En un experimento de invernadero se sembraron 16 charolas, 4 para *Lupinus elegans*, 4 para *Crotalaria pumila* y 4 con las 3 especies combinadas con el fin de someterlas a un Sistema pluvial a dos diferentes inclinaciones (9° y 18°) y así poder ver la especie más eficiente en la retención del agua y del suelo. En las dos inclinaciones las especies combinadas y *Lupinus elegans* fueron las más eficientes. El tercer experimento, llevado a cabo en el campo, se trazaron 25 parcelas de 3 x 3 m, las primeras 16 parcelas se trazaron en tres diferentes tipos dependiente; plana (0°), media (7°) y alta (27°), en cada una de las pendientes se trazaron 4 parcelas y 4 para control y las otras 9 parcelas se distribuyeron en toda el área de la cárcava. Las parcelas de inclinaciones plana y media se sembraron combinaciones de semillas (*Lupinus elegans* 8.4 gr, *Crotalaria pumila* 6.4 gr y *Trifolium repens* 24 gr) y se plantaron plantas de tres meses de edad de dos especies; *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*. y en la inclinación alta sólo se le pusieron plantas de tres meses de edad. En las 9 parcelas restantes se sembraron las especies utilizadas en este estudio de manera individual. Al final del monitoreo se encontró que las plantas de 3 meses de edad, dieron un buen resultado en cuanto a la sobrevivencia y el crecimiento.

SUMMARY.

The study site is located in La Huertita, municipality of Atecuaro, Michoacan. It is located in a mountain area, mostly deforested. Deforestation caused erosion and the subsequent formation of gullies which are common throughout the municipality. As part of a restoration project a series of experiments were carried out. Ecological restoration is a process aiming at the recovery of plant canopy cover with the objective of increasing species richness and biotic interactions in a relatively short time span. Native plant species are used in restoration and are selected using biological and ecological criteria.

The objective of this project was to develop restoration techniques of agricultural disturbed areas through native plant species planting, in particular *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*.

The aforementioned species were planted from seed in a field and greenhouse experiments. Seeds were previously scarified with concentrated sulfuric acid for 30 minutes (*Lupinus elegans*) and 20 minutes (*Crotalaria pumila*). *Trifolium repens* seeds were not scarified.

A greenhouse experiment was designed with two species (*Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*) using soil collected from the study site. In this experiment seeds were planted from 0.2 to 4 cm deep to determine the best depth for planting. Results showed that within the range of 1.0 to 1.5 *Lupinus elegans* showed optimum germination (100%) and the range of optimum germination for *Crotalaria pumila* (80%) was between 1.5 and 2.0 cm. These data were used for the other experiments.

In a greenhouse experiment 16 trays were planted, 4 with *Lupinus elegans*, 4 with *Crotalaria pumila* and 4 with a combination of 3 species (*L. elegans*, *C. pumila* and *T. repens*) with the objective of testing the effect of simulated rainfall at two different slopes (9° y 18°). At both slopes *L. elegans* trays and the combined species trays were more efficient in retaining water and soil. For the third experiment, a field experiment, 25 quadrats of 3 X 3 meters were used. Sixteen quadrats were placed in sites with different slopes; flat (0°), medium (7°) and high (27°), 4 quadrats were placed in each slope category. The remaining 9 quadrats were placed within a gully. In both flat and medium slope quadrats a combination of seeds was planted (*Lupinus elegans* 8.4 gr, *Crotalaria pumila* 6.4 gr y *Trifolium repens* 24 gr), and three month old plants were planted of two species *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*. In quadrats with high slopes only were planted with 3 month old plants. The remaining quadrats were planted with the individual species used in this study. At the end of the monitoring period, the best results were obtained for three month old planted plants in terms of growth and survival.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

El suelo es un producto natural, presente en la superficie terrestre, constituido por material mineral y orgánico disgregado, y es el lugar en que se lleva a cabo la descomposición de la materia orgánica y al que retornan los productos minerales en los ciclos de nutrientes. También es el medio de soporte para el crecimiento vegetal y por lo tanto, la base de todos los ecosistemas terrestres (Smith *et al.*, 2000). El mal uso de este recurso natural nos lleva a numerosos problemas entre ellos la erosión del suelo.

La erosión consiste en una pérdida gradual del material que constituye el suelo al ser arrastradas las partículas (disgregadas, arrancadas y transportadas), a medida que van quedando en la superficie (Porta *et al.*, 1993). La erosión es resultado de perturbación natural o causada por la acción humana por la perturbación, lo cual provoca un desequilibrio entre la tierra- vegetación y clima (Lal, 1990).

Todas las superficies terrestres se erosionan por los agentes atmosféricos, el agua y el viento. El suelo es comparado con las rocas y aún con la arena, es particularmente sensible a la erosión por el agua corriente y las precipitaciones pluviales. El choque de las gotas de lluvia afloja las partículas superficiales y llenan los poros del suelo, lo que disminuyen la infiltración del agua y aumenta el escurrimiento. Este desagüe se lleva las partículas sueltas del suelo, a medida que el agua escurrida se reúne en pequeñas corrientes, estas van subcavando el suelo y forman surcos llamados cárcavas (Wilson *et al.*, 1980). Las cárcavas del área de estudio van de a proximadamente de una hectárea. La vegetación es un factor

importante que ayuda a la conservación y formación del suelo, principalmente las leguminosas ayudan al restablecimiento de sitios erosionados, paso ahora a su uso en restauración ecológica, ya que son especies claves en este aspecto.

Las leguminosas son árboles, arbustos o hierbas tendidas trepadoras o erguidas que fijan nitrógeno de manera simbiótica y pueden presentar altas tasa de crecimiento también presentan sistemas radicales con un grado de su extensión vertical y lateral consistente, lo cual ayuda al sostén de las mismas plantas y a la retención del suelo. La importancia de las leguminosas se debe tanto a su valor intrínseco como a su acción favorable sobre los rendimientos de otros cultivos. Estas especies son importantes para la restauración ecológica por su capacidad de fijar nitrógeno, a partir de nódulos que son las estructuras resultantes de la asociación simbiótica con varias especies del género *Rhizobium* y la raíz de la leguminosa, con esto lleva consigo un crecimiento y engrosamiento de la raíz así como su cobertura (Cronquist, 1992). Esta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, representa un excelente recurso natural para conservar y mejorar la fertilidad del suelo (Pérez y Torralba, 1997).

La restauración ecológica es un proceso que intenta formar estadios sucesivos, para recuperar la composición de especies y las interrelaciones de la comunidad original, en un tiempo relativamente corto (Renato, 2002). En la restauración se utilizan plantas silvestres basadas en su conocimiento biológico, ecológico y el dominio de las técnicas de propagación más adecuadas (Vázquez-Yanes y Batis, 1996).

Las especies de leguminosas que forman parte del sotobosque son de particular importancia para la restauración por la capacidad que tienen para fijar nitrógeno en bosques templados, los géneros utilizados en estos experimentos se encuentran representados en sitios perturbados y diversas especies han sido utilizadas en proyectos de restauración.

Por todo lo anterior las especies de esta familia tienen potencial para ser utilizadas en este estudio. El objetivo es en la retención y el mejoramiento del suelo degradado (Cárcavas), el lugar de estudio se encuentra en el paraje conocido como la Huertita, perteneciente al municipio de Atécuaro. Se encuentra en una zona montañosa, la mayoría de sus áreas se encuentran deforestadas, lo que provocó la erosión de ese lugar que con la subsecuente aparición de cárcavas que son comunes en todo el Municipio de Atécuaro, se decidió probar 3 especies de leguminosas para determinar su capacidad de retención de suelo debido a que son aptas para lugares de suelos muy degradados.

2. ANTECEDENTES GENERALES.

2.1 Generalidades del suelo.

La formación del suelo se da como resultado de la interacción de cinco factores: el material madre, el clima, factores bióticos, la topografía y el tiempo. El suelo se inicia con la meteorización física, la disgregación de las rocas y se producen por la acción del agua, el viento, la temperatura y los vegetales (Smith *et al.* 2000). Algunos organismo de diferentes clases también intervienen en este proceso como: bacterias, hongos, protozoos, insectos y gusanos de varias especies, desde la lombriz de tierra hasta nematodos microscópicos y la actividad de las plantas también juegan un papel importante en este proceso (Wilson, et al 1980).

Los suelos se constituyen en capas llamadas horizontes. Usualmente se reconocen cinco tipos de horizontes, aunque no siempre se presenten todos juntos en un mismo suelo: el horizonte O es la capa orgánica, el horizonte A caracteriza por la acumulación de materia orgánica, el horizonte E representa la zona de lixiviación de las arcillas y los materiales, el horizonte B es donde se acumula el material mineral, el horizonte C es la capa inferior constituido por rocas (Smith *et al.*, 2000).

La compactación del suelo intensifica el problema de la degradación de este recurso. La concentración excesiva de caminos y rutas excursionistas, a pie o a caballo, a través de campos y bosques, todos ellos provocan la compactación del suelo en áreas naturales. El suelo compactado no puede absorber agua por lo que esto fluye por la superficie. El mayor grado de compactación se produce bajo condiciones de humedad elevada (Smith *et al.*, 2000).

2.2 Estudios relacionados con la compactación del suelo.

En un estudio de Varela y colaboradores (2002), la degradación física del suelo fue estudiada en relación con la modificación de la temperatura y la humedad ambiental como consecuencia de la deforestación en el Noreste de España. Uno de los cambios observados en la estructura del suelo fue en la porosidad del mismo, lo cual ocasionó una menor infiltración debido a la compactación del suelo, como consecuencia a la deforestación del sitio y la práctica agrícola aumentó la erosión. Misak y colaboradores (2002), hicieron un estudio en el Suroeste de Kuwait donde observaron la degradación del suelo a causa de la actividad humana. Encontrando una compactación del suelo, observaron que había una significativa reducción en la porosidad, permeabilidad y capacidad de infiltración. El promedio de la tasa de infiltración del suelo compactado resultó ser 51% menor que la de un suelo no compactado. La capa superior del suelo compactado presentó un incremento de resistencia a la infiltración de un 83% en comparación a un suelo no compactado. Como consecuencia de esto, el suelo tiende a desecarse, con el consiguiente aumento de la erosión por escurrimientos y por viento.

2.3 Causas de la erosión.

Las principales causas de la erosión son: el cultivo excesivo, el pastoreo excesivo y la deforestación. En los cultivos se aran las tierras para controlar las malezas, pero al realizar esta actividad exponen el suelo a la lluvia y al viento. El pastoreo provoca la compactación y la desertificación del suelo. La deforestación

provoca cambios en el suelo y pérdida de hábitat para muchos organismos. (Nebel *et al.*, 1999).

La fabricación de ladrillos es otra de las causas de erosión en algunos sitios por la remoción de la capa superficial y muchas de las veces cuando se remueve el horizonte A, hasta para uso agrícola puede no ser muy útil. Si fuera removido el horizonte A, sería muy difícil el establecimiento para cualquier tipo de planta (Gimenez *et al.*, 2002).

En la actualidad el suelo superficial se esta erosionando, con mayor rapidez de lo que se forma, cerca de la tercera parte de las tierras son cultivables en el mundo. En algunos países, más de la mitad de la tierra se encuentra afectada por la erosión del suelo. Entre esos se hallan Nepal (95%), Perú (95%), Turquía (95%), Lesoto (88%), Madagascar (79%) y Etiopia (53%). A nivel mundial se esta perdiendo el 7% de su extensión superficial de la tierra de cultivo. (Tyler, 1994).

Existe una gran perdida continua del nitrógeno del suelo. En los suelos cultivados, las causas principales de esta perdida son la erosión, la recolección de las cosechas, el pastoreo y la lixiviación de los suelos. La cantidad extraída por una cosecha varía según la especie cultivada y el procedimiento del cultivo (Wilson *et al.*, 1980).

2.4 Trabajos relacionados con la erosión.

La tasa de erosión en los últimos años se ha incrementado, debido a la destrucción de la cobertura vegetal que ocurre frecuentemente. (Kimoto y colaboradores (2002), recomiendan en base a un estudio donde evaluaron los cambios espacio- temporales en la cobertura vegetal, en una zona montañosa de la

zona central de Japón, que una de las formas de disminuir la tasa de erosión es realizando plantaciones en laderas.

2.5 La importancia del nitrógeno.

La productividad de las plantas, tanto en la tierra como en el mar, dependen en gran parte del nitrógeno. La falta de nitrógeno es el principal factor limitante para el crecimiento de las plantas, todavía más que la carencia de cualquiera de los otros elementos. El químico alemán Liebig en 1840, afirmaba todavía que las plantas utilizaban el nitrógeno libre del aire. Sin embargo, en Inglaterra, John Lawes, realizó una serie de experimentos tanto en el campo como en laboratorio y demostró que el nitrógeno libre en el aire no es asimilado directamente por las plantas verdes superiores, cuyo primer resultado es la producción del amoníaco (HN_3), después de nitritos (NO_2), y finalmente de nitratos (NO_3), que son formas inorgánicas o minerales del nitrógeno que pueden ser utilizados por las plantas (Wilson, et al 1980).

La mayoría de los seres vivos no pueden utilizar el nitrógeno atmosférico como una fuente de nitrógeno para la síntesis de sus proteínas, debido a que carecen del metabolismo que rompa la triple ligadura de la molécula de nitrógeno. A estos microorganismos capaces de catalizar el rompimiento y la triple ligadura del nitrógeno y activarlo para que se combine con otros elementos químicos como el hidrógeno o el oxígeno se les conoce como organismos fijadores de nitrógeno o diazótrofos. Las características básicas de estos microorganismos son ser células procarióticas y tener en su genoma el sistema de la nitrogenasa (metaloenzima) (Echegaray – Alemán, 1995).

2.6 Importancia de las leguminosas.

La importancia de la presencia de las bacterias en la raíz de las plantas fue conocida a principios de siglo por Hiltener, cuando definió como rizósfera a aquella zona alrededor de la raíz de las leguminosas en el cual el crecimiento bacteriano es estimulado (Farías – Rodríguez, 1989).

Boussingault, en 1833 demostró que las leguminosas pueden aumentar el contenido de nitrógeno del suelo. En 1886 el fisiólogo alemán H. Wilfarth demostró que las bacterias que viven en los nódulos de las leguminosas eran las responsables del proceso. Las plantas sin nódulos o que crecían en suelo esterilizado eran incapaces de fijar nitrógeno. (Bidwell, 1979).

Las plantas más útiles para el enriquecimiento de los suelos son las leguminosas, plantas fanerógamas que incluyen al trébol, la alfalfa, la soya, el frijol y muchas otras especies silvestres. El valor de estas especies se debe a la activación de una bacteria especializada que viven en los nódulos o tubérculos que se forman en las raíces, este proceso es conocido como fijación de nitrógeno. (Wilson *et al.*, 1980).

En sistemas agrícolas, el cultivo de leguminosas se realiza en rotación de cultivos con otras cosechas como un medio de restaurar compuestos nitrogenados al suelo y evitar la pérdida de fertilidad (Cronquist, 1992). Las especies silvestres de la familia Fabaceae son plantas cuya capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico las convierte en excelentes recursos naturales para conservar e incluso mejorar la fertilidad del suelo. Adicionalmente, estas plantas pueden ser empleadas como pasturas, combustibles e incluso como alimento para el hombre. (Salisbury y Ross, 1994). En la rotación de cultivos interviene una gran cantidad de especies (trinal),

por ejemplo se puede empezar con maíz, luego trigo o avena, para después sembrar pasto o trébol. Las leguminosas soportan las bacterias nitrificantes (Otto *et al.*, 1982).

2.7 Restauración ecológica.

En restauración ecológica el uso de leguminosas para recuperar la fertilidad del suelo es de gran importancia, particularmente en aquellos sitios en donde los ciclos de nitrógeno han sido alterados o depauperados (Bradshaw *et al.*, 1982). En este contexto, el uso de especies nativas debe ser favorecido ya que además de coadyuvar a la restauración del sitio pueden permitir el desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles y servir como fuente de leña, forraje y otros productos útiles (Vázquez- Yanes *et al.*, 1999). En restauración ecológica las leguminosas han probado su utilidad por la capacidad de generar grandes cantidades de hojarasca que mejoran las condiciones del suelo (Mislevy *et al.*, 1990), lo que permite el restablecimiento de condiciones favorables para reiniciar procesos sucesionales en sitios severamente degradados (Ashton *et al.*, 1997). Por esta razón es importante la Restauración ecológica en sitios degradados ya que si se logra la cobertura vegetal, el suelo se protegerá de la erosión del viento y de las lluvias. Adicionalmente, algunas especies de las leguminosas forman parte del hábitat preferido de aves migratorias, lo que las hace especies importantes para la conservación (Greemberg *et al.*, 1997).

Trifolium pratense y *T. repens* en conjunto con otras leguminosas, fueron utilizadas en la restauración para contrarrestar el problema de la producción de gases tóxicos, emitidos por la descomposición de basura (Marchicol *et al.*, 2000). En

otro experimento utilizaron *Crotalaria anagyroides* entre otras leguminosas, para mejorar la fertilidad del suelo de áreas húmedas, áreas de cultivo de arroz en el oeste de África, logrando el mejoramiento de las condiciones hidrológicas del sitio (Becker y colaboradores 1998).

Varias especies del genero *Lupinus elegans* se utilizan como alimento, tanto humano como animal, también para mejorar el suelo y en sistemas agropastoriles (Huyghe, 1997). A pesar del potencial de *Lupinus elegans* para restauración ecológica y sistemas agrosilvopastoriles, poco se sabe de la biología de sus especie lo que limita su uso. El uso inadecuado de un suelo acelera el proceso de erosión más allá del nivel tolerable. De este modo se conoce que los terrenos boscosos tienen comparativamente menos riesgo de sufrir erosión que aquellos destinados al cultivo de especies cosecheras (Lal, 1990).

La deforestación generalmente ocasiona cambios en los elementos del clima, ciclo hidrológico, diversidad y degradación de suelo. La sucesión de la vegetación juega un papel importante en la restauración del suelo, siendo importante la relación de sucesión y las propiedades que no son buenas en el suelo (Lu *et al.*, 2002), de esta manera es importante conocer las propiedades benéficas que podrán tener algunas especies en particular; las leguminosas por su capacidad de fijar nitrógeno resultan ser adecuadas para la restauración en varios ecosistemas.

2.8 Importancia de la vegetación

Los suelos protegidos por la vegetación mantienen su integridad. La vegetación minimiza la acción del viento y dispersa las gotas de lluvias, reduciendo la fuerza erosiva. El agua se infiltra poco a poco entre la hojarasca, penetrando posteriormente

en el suelo. Si la cantidad de lluvia supera la capacidad del suelo para absorberla el agua en exceso se desplaza por la superficie, pero la vegetación ralentiza su movimiento del agua. Pero si el suelo se encuentra desprovisto de la cubierta protectora de vegetación y hojarasca, los suelos quedan expuestos a la erosión, por la remoción de partículas por el viento y el agua, con una velocidad mayor que la de la formación de suelo nuevo (el suelo se forma a una tasa aproximadamente de una tonelada métrica por hectárea al año) (Smith et al, 2000).

Es importante conocer la estructura del suelo, salinidad, acidificación y todos los posibles limitantes para el crecimiento de las plantas (Probert y Keating, 2002). A medida que aumenta la erosión es más difícil que las plantas pioneras puedan establecerse, y es necesario realizar plantaciones en sitios deteriorados para ayudar al establecimiento de otras especies (Edeos *et al.*, 1999).

El cambio del uso del suelo provoca un deterioro en el ambiente. La deforestación y sobreexplotación de la agricultura es un problema mundial. En la actualidad el suelo superficial se esta erosionando, con mayor rapidez de lo que se forma, cerca de la tercera parte de las tierras son cultivables en el mundo. En algunos países, más de la mitad de la tierra se encuentra afectada por la erosión del suelo. A nivel mundial se esta perdiendo el 7% de su extensión superficial de la tierra debido al cultivo. (Tyler, 1994). El sitio de estudio se presenta la problemática de que al practicar la actividad agrícola quedaron los suelos desprovistos de vegetación que, con el paso del tiempo, se fueron erosionando por el efecto de la lluvia y el viento, formando así una gran cantidad de cárcavas en todo el área. Por esta razón se propuso un experimento para las cárcavas que se encuentran en el lugar de estudio

con tres especies de leguminosa (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*), que como se sabe son actas para el mejoramiento de suelos deteriorados.

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

Obtener un índice que permita determinar la densidad de plantas de especies de leguminosas arbustivas y herbáceas para controlar la erosión en sitios degradados con diversas pendientes.

3.2 Objetivos particulares.

- 1- Evaluar la pérdida de suelo bajo distintos doseles de leguminosas en condiciones de laboratorio.
- 2- Evaluar el porcentaje de germinación a diferentes profundidades de sustrato
- 3- Evaluar el efecto de leguminosas, para controlar la erosión en suelos empobrecidos.

CAPITULO I

ENSAYO DE TIEMPO DE SATURACIÓN Y ESCORRENTIA CON ESPECIES DE LEGUMINOSA BAJO DOS PENDIENTES DISTINTAS.

RESUMEN.

Las tasas de erosión en los últimos años se han incrementado en muchos lugares como consecuencia de la destrucción de la cobertura vegetal. Esto es particularmente serio en sitios con pendientes pronunciadas, como por ejemplo en zonas montañosas.

En este experimento de invernadero se pusieron a prueba tres especies de leguminosas con el objetivo de evaluar la pérdida de suelo bajo distintos sus doseles. Se sembraron 16 charolas, 4 para *Lupinus elegans*, 4 para *Crotalaria pumila* y 4 con 3 especies combinadas (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*), para someterlas a un sistema simulador de lluvia a dos inclinaciones diferentes (9° y 18°) y así poder ver que especie es más eficiente en la retención del agua y del suelo. En los resultados obtenidos se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Las plantas combinadas y *Lupinus elegans*, fueron las de mejor desempeño al retener el agua más tiempo antes de escurrir fuera de la charola y en retener el suelo.

SUMMARY.

Increased erosion rates had occurred in the recent past as a direct consequence of vegetation losses. This is of particular concern in sites with considerable slopes as is the case of mountain areas.

A greenhouse experiment was set up to test three leguminous species in relation with soil loss under their canopies. 16 trays were planted, 4 with *Lupinus elegans* seeds, 4 with *Crotalaria pumila* seeds and 4 with a combination of three species (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*), all trays were used for tests under a rain simulator at two different tray slopes (9° y 18°) to assess rain fall interception and soil retention. The results of this experiment showed significant differences among treatments. Trays with a combination of species and with *Lupinus. elegans* were best for rainfall interception and soil retention.

1. INTRODUCCION.

La erosión es un problema serio en muchos ecosistemas y hoy en día es un problema mundial que ha sobrepasado el balance entre la degradación del suelo y su formación. Diversos autores han estudiado los efectos de la erosión del suelo por viento y lluvia en sus diferentes aspectos; sin embargo en México se han realizado pocos trabajos experimentales sobre la erosión. México presenta alrededor del 80% de su superficie con algún problema de erosión (SEMARNAP, 1997; Jacinto, 1988). Una alternativa para resolver este problema es lograr el establecimiento de las plantas en los suelos perturbados, para retener y mejorar el suelo y crear un dosel vegetal complejo.

El establecimiento de plantas en sotobosque y dosel mediano es fundamental si el objetivo de la restauración es maximizar las funciones ecológicas brindadas por los ecosistemas (Loumeto y Huttel, 1997). Además, ayuda al establecimiento de árboles y en el control de la erosión en áreas degradadas. Las plantas del sotobosque y del dosel medio juegan un papel importante para el establecimiento de árboles, ya que un mayor número de capas vegetales disminuye drásticamente el efecto de la erosión por lluvias (Perret et al,1996).

Las plantaciones que se realizan en donde hay establecimiento de especies que componen el sotobosque, aumentan la capacidad de rehabilitar procesos ecosistémicos y control de la erosión; sin embargo es necesario confirmar estas ideas por medio de experimentos.

Se sabe que en el sotobosque viven un gran número de especies y cada una de estas tienen diferentes funciones; por ejemplo las leguminosas sirven a las

demás especies que viven alrededor de ellas al brindarles nutrientes y además son clave para mantener el ecosistema (Prismack, et, al 1998).

Se experimentó con tres especies de leguminosas por la capacidad de estas especies de retener el suelo, fijar nitrógeno y proporcionar en poco tiempo una gran cantidad de hojarasca. Las especies fueron: *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*. A continuación se describen brevemente las tres especies. *Lupinus elegans* son planta perenne, de 1 a 2 m de alto; tallos muy ramificados, ramas huecas, finas y con follaje bien distribuido, más disperso en la parte superior; hojas compuestas, las flores se abren casi simultáneamente, legumbres de 4.0 a 4.7 cm de largo, de 8 a 9 mm de ancho. Esta especie se encuentra a una altitud de 2850 a 3000 m., generalmente presente en bosques de pino o encino. Distribuida en poblaciones locales en los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos y Zacatecas (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Crotalaria pumila: Planta anual, erguida de 30 a 50 cm de altura; tallo ramificado, hojas trifoliadas, flores dispuestas en racimos, corola amarilla; legumbre inflada, oblonga, de 15 mm de largo por 8 mm de diámetro, semillas de 3 mm de largo por 2 mm de ancho, de color café amarillento. Se encuentra en un rango de altitud de 2250 a 2350 m, se extiende del Sur de Estados Unidos a Sudamérica y en México se ha encontrado a lo largo del eje neovolcánico transversal (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Trifolium repens es una planta herbácea, perenne, tallos rastreros con raíces en los nodos, muy ramificado, hojas con el pecíolo de 5 a 25 cm de largo, flores dispuestas en umbelas globosas, legumbre oblonga-linear de 4 a 5 mm de largo con 3 o 4 semillas, Altitud, 2250 a 2300 m Crece espontáneamente en terrenos

abandonados, terrenos de cultivo, parques y jardines; también es cultivada. Planta nativa de Eurasia, ampliamente naturalizada en Estados Unidos, México y Centroamérica (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

2. OBJETIVO.

- Evaluar la pérdida de suelo bajo distintos doseles de leguminosas en condiciones de laboratorio.

3. METODOLOGIA.

Se colectaron la semillas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en poblaciones naturales como de Nuevo San Juan Parangaricutiro (*Lupinus elegans*) y en los alrededores de Morelia (*Crotalaria pumila*) y después de proceder a su limpieza se almacenaron hasta su uso. Las semillas de *Trifolium repens*, se adquirieron de un distribuidor comercial.

Se utilizó un medio de cultivo comercial (Creci-root), y charolas de 60 x 60 cm y 5 cm de altura (Plásticos Broadway de México), mismas que se utilizaron para simular los cuadrantes que se pusieron en campo a diferentes pendientes en un ensayo posterior. Se llevaron a cabo dos experimentos, un experimento preliminar en donde se evaluó el tiempo que tarda el agua en pasar por el dosel de las plantas y saturar el suelo antes de escurrir fuera de las charolas. En el experimento principal se midió la misma variable que en el anterior y adicionalmente la pérdida de suelo en las charolas.

En ambos experimentos se sometieron las charolas a la precipitación generada por un simulador de lluvia a dos diferentes ángulos, el primero de 9° y el segundo de 18°, cada uno de estos ángulos se utilizaron con las tres especies mencionadas. Los análisis estadísticos que se llevaron a cabo fueron ANOVA de una vía y la prueba de Tukey.

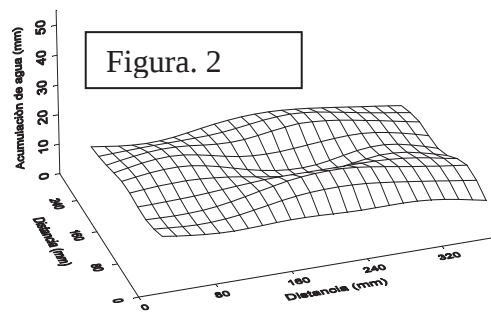
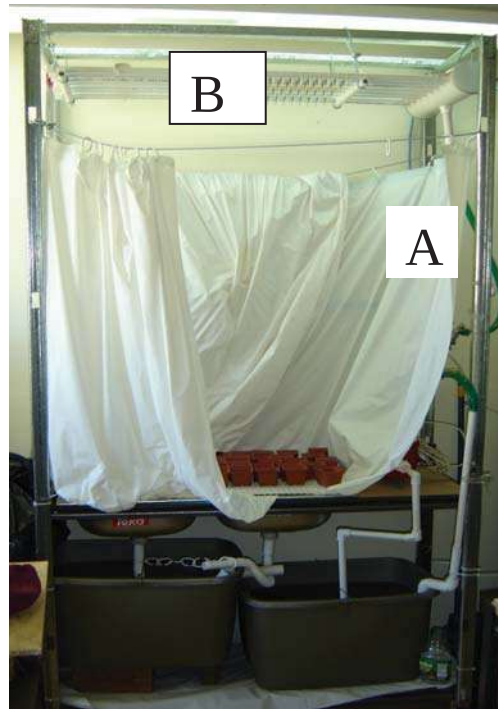
3.1 Experimento preliminar.

Las especies antes mencionadas se propagaron en charolas de plástico en invernadero y posteriormente se llevaron al laboratorio para someterlas a un sistema

pluvial experimental que es un simulador de lluvia a en donde las plantas pueden ser sometidas al efecto de ésta bajo diferentes pendientes (ángulo de inclinación 9° y 18°). El fin de este experimento fue probar el efecto de la cobertura vegetal sobre la retención del agua antes de generar escorrentía.

Las charolas se llenaron con una combinación de Creci- root® y arena (esto con el fin de que tengan una buena infiltración al tiempo del riego), para contar con 16 charolas para el experimento. Para cada una de las especies se contó con 4 repeticiones (charolas) y se plantó una combinación de las tres especies en 4 charolas adicionales. Las semillas que se sembraron de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* se escarificaron con ácido sulfúrico por 20 minutos para *Crotalaria pumila* y 30 minutos para *Lupinus elegans*, esto para ablandar su testa y poder inducir mas rápido su germinación (Medina, 2003) y en el caso de *Trifolium repens* no se escarificaron las semillas porque su testa es delgada. El número de semillas por cada charola fue como sigue; para *Lupinus elegans*, 4.2 gr, para *Crotalaria pumila* de 3.2 gr. y para el caso del *Trifolium repens* e de 12 gr. A los 4 meses de sembradas las charolas se llevaron al laboratorio donde se realizaron las mediciones. El equipo pluvial utilizado (fig. 1) proporciona un patrón regular de precipitación (Fig. 2) a través de una serie de tubos perforados en la parte superior del mismo los cuales cuentan con puntas de polietileno para dirigir el flujo del goteo (fig. 1 señalado como A). La intensidad y duración del flujo se controlan a través de una serie de válvulas que se encuentran conectadas a una bomba de agua de ¼ de caballo de fuerza. En la parte inferior el equipo cuenta con una trampa de sedimentos para retener el material que se pierda de los contenedores de las plantas (fig. 1, señalado como B).

Figura.1.Dispositivo de simulación de lluvia artificial utilizado durante el trabajo de laboratorio.



La precipitación que recibió cada charola fue de 2700 ml en un tiempo de 60 segundos.

3.2 Experimento principal.

El segundo experimento se realizó de manera similar al experimento preliminar, pero con la medición de la pérdida de suelo. Para este experimento se aumento el número de semillas para así completar la cobertura total de las charolas.

Para el caso de *Lupinus elegans* el peso de las semillas fue de 8.4 gr, *Crotalaria pumila* fue de 6.4 gr y para el caso de *Trifolium repens* fue de 24 gr. Estas cantidades permitieron crear un dosel cerrado en toda la superficie de las charolas (las cantidades se determinaron a partir de los resultados del experimento preliminar).

4. RESULTADOS.

4.1 Experimento preliminar

Del experimento preliminar se obtuvieron los siguientes resultados; cuando se sometió las charolas al efecto de la lluvia simulada por el equipo diseñado para ese fin. Bajo un ángulo de 9°, los datos obtenidos se resumen en la tabla 1, al analizar los valores máximos y mínimos, se puede apreciar que *Lupinus elegans* es la especie que mayor tiempo retuvo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con un tiempo entre 49 y 78 seg. Después *Crotalaria pumila*, *Trifolium repens* y por último las charolas con especies combinadas con un tiempo entre 30 y 44 seg., en promedio las especies combinadas no ocupan el ultimo lugar, sino las charolas con *Trifolium repens* (Fig. 1).

Tabla 1. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y Desviación estándar) en que tardo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies.

TIEMPO				
ESPECIES	MAXIMOS	MINIMOS	PROMEDIO	DESV.EST.
<i>Lupinus elegans</i>	78.00	49.00	62.66	14.57
<i>Crotalaria pumila</i>	63.00	26.00	45.25	15.32
<i>Trifolium repens</i>	53.00	24.00	34.50	12.71
Sp combinadas	44.00	30.00	36.25	5.7

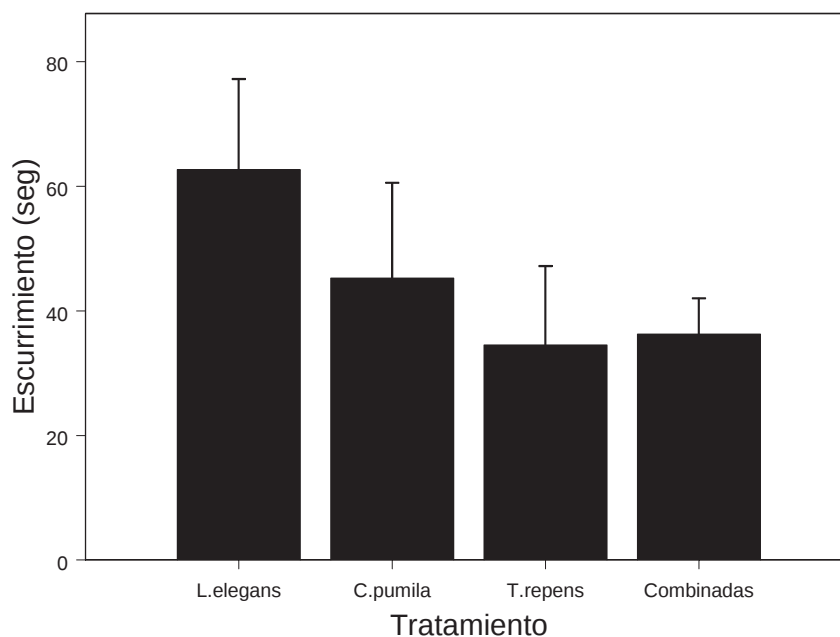


Figura 1. Muestra las medias y las desviaciones estándar del tiempo que tardó en escurrir el agua fuera de las charolas de una inclinación de 9°.

El análisis estadístico que se realizó por medio de ANOVA, para saber si había diferencias entre las especies, arroja un valor marginalmente significativo (Tab. 2).

Tabla 2. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas.

	g.l	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valore de F	P
Especies	3	1648.56	549.52	3.52	0.05
Residuales	11	1715.16	155.92		

Cuando el ángulo fue de 18°, en términos de los valores máximos y mínimos, las plantas de *Lupinus elegans* fueron las que retuvieron mayor tiempo el agua antes de saturarse el suelo y que escurriera fuera (42 y 53 seg.). Seguido de *Crotalaria pumila* y de *Trifolium repens* (Tab. 3), Las especie combinadas ocupan el cuarto lugar con valor de tiempo entre 23 y 26 seg., los promedios de las especies combinadas no ocupan el ultimo lugar sino las charolas con *Trifolium repens* (Fig. 2).

Tabla 3. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en que tardo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies con un ángulo de 18°.

TIEMPO				
ESPECIES	MAXIMOS	MINIMOS	PROMEDIOS	DESV.EST.
<i>Lupinus elegans</i>	53.00	42.00	46.33	5.85
<i>Crotalaria pumila</i>	47.00	17.00	28.75	12.97
<i>Trifolium.repens</i>	29.00	16.00	22.25	5.85
Sp combinadas	26.00	23.00	24.50	1.29

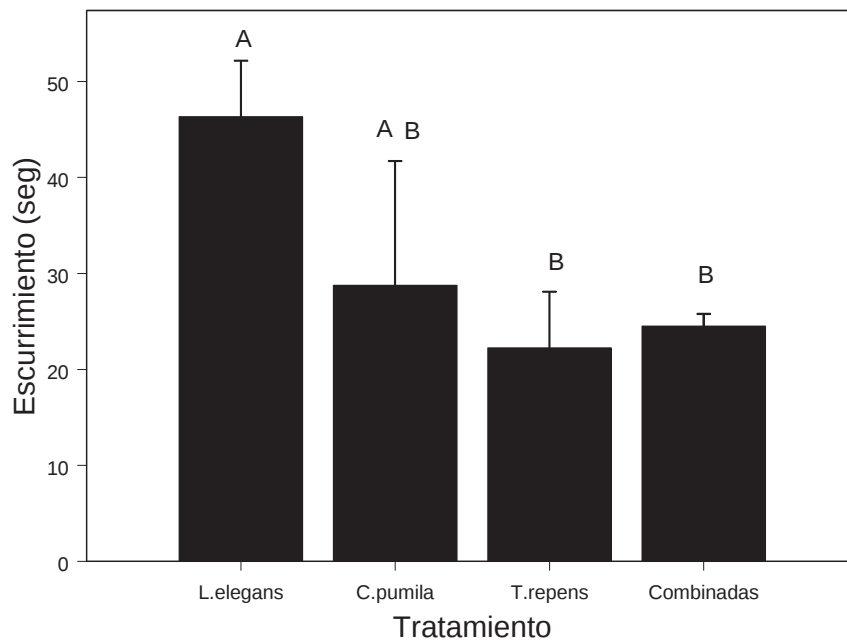


Figura 2. Muestra las medias y la desviación estándar del tiempo que tardó en escurrir el agua fuera de las charolas de una inclinación de 18°.

Un análisis de ANOVA, indica que las diferencias son significativas (Tab. 4). El análisis múltiple de medias de Tukey nos muestra que estas diferencias se deben principalmente a que *Lupinus elegans* retiene el agua mucho más tiempo que *Trifolium repens* y las charolas de especies combinadas (Fig. 2).

Tabla 4. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas.

	g.l	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valores de F	P
Especies	3	1162.16	387.47	6.25	0.009
Residuales	11	681.16	61.92		

4.2 Resultados del experimento principal.

El primer ángulo que se utilizó fue de 9° y considerando los valores máximos y mínimos (Tab. 5); *Lupinus elegans*, ocupa el primer lugar en retención del agua en las charolas, con un tiempo que va de 95 y 107 segundos, seguido por *Crotalaria pumila*, luego las especies combinadas y por último *Trifolium repens* con un tiempo que va de 46 y 80 seg. En la figura 3 se muestra claramente las diferencias entre tratamientos.

Tabla 5. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en que tardo el agua antes de escurrir fuera de la charola, con las diferentes especies con un ángulo de 9°.

ESPECIES	TIEMPO			
	MÁXIMOS	MÍNIMOS	PROMEDIOS	DESV. EST.
<i>Lupinus elegans</i>	107.00	95.00	101.25	5.05
<i>Crotalaria pumila</i>	99.00	67.00	87.50	14.43
<i>Trifolium repens</i>	80.00	46.00	56.50	15.80
Sp. combinadas	87.00	52.00	66.50	15.63

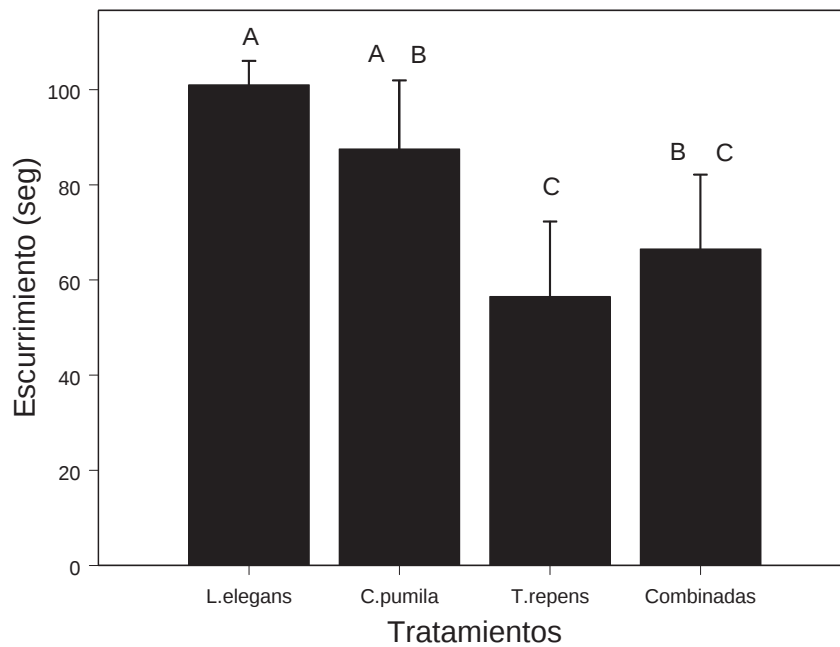


Figura 3. Muestra las medias y las desviaciones estándar de escurrimiento en las charolas con una inclinación 9°.

Para comprobar estadísticamente si hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Tab. 5 y Fig. 3), se realizó un análisis de ANOVA (Tab. 6) que indica que las diferencias son significativas. Con el análisis múltiple de medias de Tukey, se puede apreciar que éstas diferencias se deben principalmente a que la media de retención de agua para *Lupinus elegans* es diferente a la de *Trifolium repens* y a la de las charolas con especies combinadas (Fig. 3).

Tabla 6. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas.

	g.l	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valores de F	P
Especies	3	4901.18	1633.72	8.97	0.002
Residuales	12	2183.75	181.97		

Para el caso de la pérdida de suelo en los diferentes tratamientos experimentales observamos que considerando los valores mínimos y máximos (Tab. 7), tenemos que las especies combinadas fueron las que perdieron menos suelo con una cantidad entre los 0.05 y los 0.17 gr, seguido por *Crotalaria pumila*, después *Lupinus elegans* y el tratamiento que perdió más suelo fue *Trifolium repens* con 0.18 y 1.21 gr En términos de los valores promedio (Tab. 7 y Fig. 4) los resultados indican un patrón diferente, porque *Crotalaria pumila* era la especie que ocupaba el segundo lugar en perder menos suelo después de las especies combinadas, pero en realidad la que ocupa el segundo lugar en retener suelo es *Lupinus elegans*, después *Trifolium repens* y la especie que perdió mas suelo fue *Crotalaria pumila*, aunque las diferencias no fueron significativas ($P= 0.34$; Tab. 8).

Tabla 7. (Máximo, mínimo, promedio y Desviación estándar) en la pérdida de suelo.

PÉRDIDA DE SUELO				
ESPECIES	MÁXIMOS	MÍNIMOS	PROMEDIOS	DESV.EST.
Lupinus elegans	0.99	0.31	0.52	0.31
Crotalaria pumila	0.96	0.43	0.60	0.24
Trébol repens	1.21	0.18	0.57	0.45
Sp combinadas	0.31	0.17	0.24	0.05

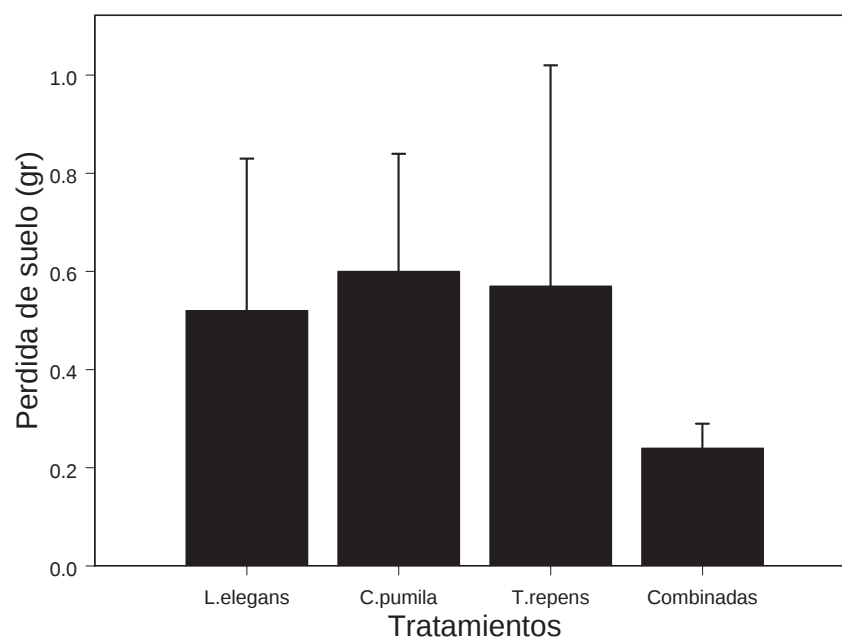


Figura 4. Muestra las medias y las desviaciones estándar de la pérdida de suelo en las charolas con una inclinación 9°.

Tabla 8. Resultados del ANOVA de una vía aplicada a la pérdida de suelo en las especies.

	g.l	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valores de F	P
Especies	3	0.33	0.11	1.22	0.34
Residuales	12	1.09	0.09		

El siguiente ángulo al que se sometieron las charolas experimentales fue de 18°. Tomando en cuenta los mínimos y máximos (Tab. 9). El tratamiento que retuvo más tiempo el agua fue *Lupinus elegans* con un tiempo entre 60 y 98 seg., después *Crotalaria pumila*, seguido de *Trifolium repens* y por ultimo fueron las especies combinadas con un tiempo entre 23 y 48 seg., pero considerando los promedios y las desviaciones estándar (Tab. 9), la especie que retuvo por mas tiempo el agua fue *Lupinus elegans*, después, *Crotalaria pumila* seguido de *Trifolium repens* y la especies combinadas que se encuentran representadas en la figura 5.

Tabla 9. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en retener el agua antes de escurrir fuera de la charola.

TIEMPO				
ESPECIES	MÁXIMOS	MÍNIMOS	PROMEDIOS	DESV.EST.
Lupinus elegans	98.00	60.00	81.50	16.52
Crotalaria pumila	90.00	51.00	70.25	16.43
Trébol repens	65.00	33.00	45.50	13.69
Sp combinadas	48.00	43.00	50.50	2.08

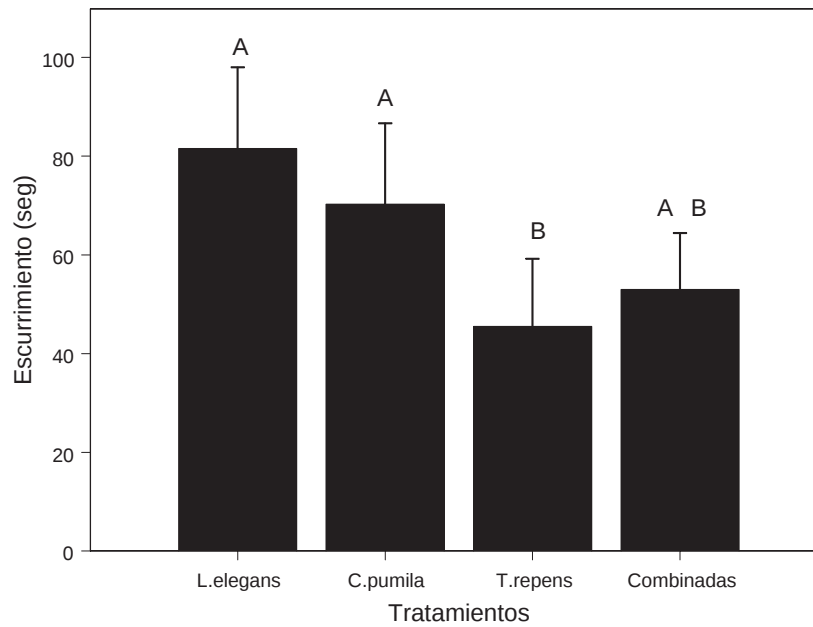


Figura 5. Muestra las medias y las desviaciones estándar del tiempo que duro en escurrir el agua fuera de las charolas de una inclinación de 18°.

En los datos presentados en la tabla 10 y en la Figura 5 se ve claramente que hay diferencias entre los resultados lo que tiene como consecuencia que estas diferencias son estadísticamente significativas. El análisis múltiple de medias de Tukey (Fig. 5), nos muestra que éstas diferencias se deben principalmente a que *Trifolium repens* es diferente al resto de los demás tratamientos, pero en el caso de *Lupinus elegans* es igual a *Crotalaria pumila*.

Tabla 10. Resultados del ANOVA de una vía aplicada al tiempo que tardo el agua en escurrir fuera de las charolas.

	g.l	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valores de F	P
Especies	3	4177.68	1392.56	7.79	0.003
Residuales	12	2142.75	178.56		

El tratamiento que perdió menos suelo tomando en cuenta los valores máximos y mínimos fue *Trifolium repens*, entre 0.52 y 0.89 gr, de suelo perdido y después fue el tratamiento con las especies combinadas y por último los tratamientos que perdieron más suelo fueron *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* (Tab. 11). En términos de promedios y desviaciones estándar, el tratamiento de las especies combinadas fue el que perdió menos suelo, seguido por *Trifolium repens*, luego *Lupinus elegans* y el que perdió más suelo fue *Crotalaria pumila* (Fig. 6), sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativas cuando $P = 0.2$; (tab. 12).

Tabla 11. Tiempo (máximo, mínimo, promedio y desviación estándar) en la pérdida de suelo.

PERDIDA DE SUELO				
ESPECIES	MÁXIMOS	MÍNIMOS	PROMEDIOS	DESV.EST.
Lupinus elegans	0.99	0.46	0.78	0.23
Crotalaria pumila	0.99	0.85	0.93	0.06
Trébol repens	0.89	0.52	0.69	0.17
Sp combinadas	0.94	0.45	0.67	0.20

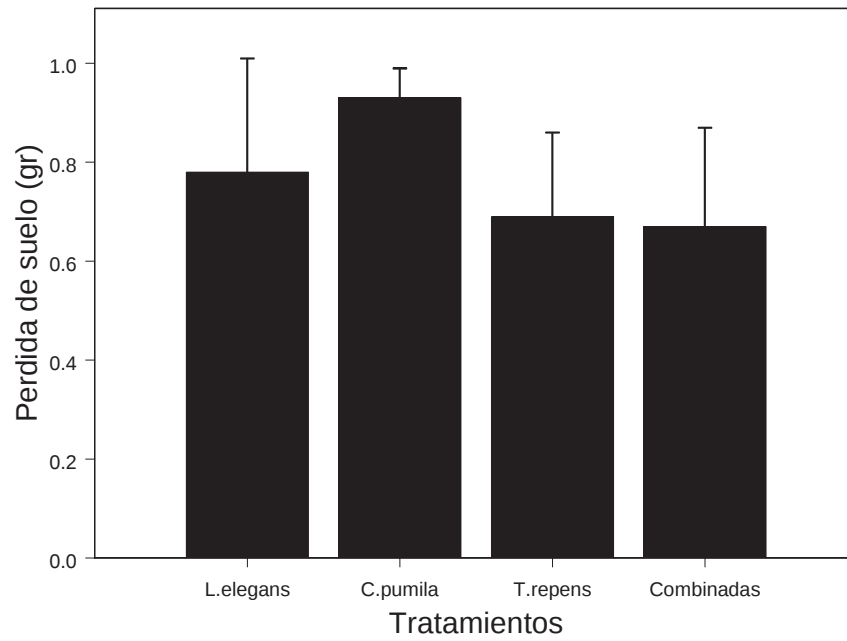


Figura 6. Muestra las medias y las desviaciones estándar de la pérdida de suelo en las charolas con una inclinación 18°

Tabla 12. Resultados del ANOVA de una vía aplicada a la pérdida de suelo en las especies.

	g.l	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valores de F	P
Especies	3	0.17	0.05	1.79	0.20
Residuales	12	0.38	0.03		

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

De las tres especies que se probaron en el simulador de lluvia bajo diferentes ángulos de inclinación se puede concluir lo siguiente. En el experimento preliminar de 9° de inclinación, la especie que mayor tiempo retuvo el agua antes de escurrir fuera de las charola fue *Lupinus elegans*, seguida de *Crotalaria pumila*. Las plantas de *Lupinus elegans* presentaron una mayor talla que las plantas de *Crotalaria pumila* y también hojas más grandes. Bajo una inclinación de 18°, el comportamiento de las especies fue similar a la inclinación de 9°. Los tratamientos de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* siguen siendo los mejores para retener el agua antes de que escurriera fuera de las charolas, pero en este caso las diferencias si fueron significativas entre tratamientos, lo que indica que hay una interacción entre las características del dosel y la pendiente.

El experimento principal corroboró los resultados obtenidos en el experimento preliminar a pesar de que la densidad de las plantas y la cobertura en las charolas era mayor. El tratamiento que mayor éxito tuvo en la retención del agua fue el de *Lupinus elegans* seguido de *Crotalaria pumila*, y las diferencias fueron significativas, lo que sugiere que la densidad es otra variable importante. En cuanto a la pérdida de suelo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos

Bajo una inclinación de 18°, los tratamientos de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* fueron los que mayor tiempo retuvieron el agua en las charolas, sin embargo, en cuanto a la pérdida de suelo no se presentaron diferencias significativas (mismo resultado en la inclinación 9°).

Los tratamientos que mejor retuvieron el agua fueron los de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*, podría pensarse que el tipo de las raíces, cobertura y la altura tiene que ver con la retención del agua, lo que se coincidiría con lo dicho por Taiz y Zeiger (1998), que el agua retenida en el suelo y la relación del movimiento de agua en el suelo depende de la extensión de las raíces y la estructura del suelo en donde se encuentran las plantas.

Para el caso de la pérdida de suelo, las especies combinadas fueron las que resultaron más eficientes para retener el suelo, lo que sugiere que son mecanismos distintos los que intervienen en estos procesos como la cobertura y la altura de las plantas y que además entre mas especies distintas haya en el sitio es mejor, lo cual es respaldado por Smith et al. (2000), quienes sostienen que los suelos protegidos por la vegetación mantienen su integridad, se minimiza la acción del viento y dispersa las gotas de lluvias, reduciendo así la fuerza erosiva del suelo. Las charolas con *Crotalaria pumila* fueron las que perdieron más suelo, lo que podría ser una consecuencia de que las plantas de esta especie presentan un tallo muy delgado y además con hojas pequeñas, estas concuerda con los resultados de Barreto, (2005), quien encontró que esta especie fue la que perdió mas suelo debido al tipo de arquitectura de la planta y que presenta hojas pequeñas que no forman un dosel cerrado y Arachevala (2006), también coincide con Barreto, quien menciona que las especies que mas retienen el agua en el follaje y el suelo son aquellas con un follaje denso.

6. LITERATURA CITADA.

Barreto Barriga, O, 2005. Determinación de la asignación de biomasa a partes aéreas y raíces en 3 especies de leguminosas herbáceas nativas del estado de Michoacán en relación con la capacidad de retener el suelo. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México. 37-38 pp

Loumeto,J.,J y Huttel,C.1971.Understory Vegetation in fase-growing trec plantation on savanno soils in congo. Forest Ecology and management. 99-65-81 pp.

MacArththur, R.H., y E. Wilson (1967), The Theory of island Biogeography, Princeton University Press, Princeton, New Jersey. Texto clásico sobre el modelo de biogeografía de islas que ha influido enormemente la biología de la conservación.

Medina Sánchez, E.I. 2003. Determinación de los requerimientos de la germinación de la semillas de tres especies de leguminosas del estado de Michoacán con potencia para restaurar. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México. 37-38 pp.

Perret S., Michelllon, R., Boyer, J. y Tassin, J. 1996. Soil rehabilitation and erosion control through angroh agro-ecological practices on Reunion Island (French overseas territory, indian ocean). Agriculture Ecosystems & Environment. 59: 149-157 pp.

Prismack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, F. Massardo. 1998. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Editorial fondos de cultura económicas. México.pp. 88

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y Colaboradores, 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. ed; Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y el uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). México. 1406. pp.251.

SEMARNAT. 1997. Estadísticas del Medio Ambiente: informes de la situación en general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1995- 1996. México.

CAPITULO II

EFFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SEMBRADO EN LA GERMINACIÓN DE

Lupinus elegans y Crotalaria pumila.

RESUMEN

Las semillas de muchas especies de plantas, especialmente de las silvestres, necesitan para su propagación someterse a tratamientos especiales.

Se realizó un estudio con semillas de 2 especies de leguminosas, *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* con el objetivo de saber el efecto de la profundidad de enterramiento de las semillas en la emergencia de las plántulas. Se llevaron a cabo ensayos bajo condiciones controladas de invernadero. El rango de profundidades en el que se sembraron las semillas, previamente escarificadas, fue de 0.2 a 3.5 cm. En este experimento se encontró que *Lupinus elegans* puede germinar de 1 cm a 1.5 cm, de profundidad mostrando un 100% de germinación y para *Crotalaria pumila* el rango óptimo fue de 1.5 a 2 cm de profundidad.

SUMMARY.

Seeds of many plant species, specially wild types need to be subjected to special treatment for fostering germination.

A study was undertaken with seed of two leguminous species , *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*, with the objective of determining the effect of planting depth on seedling emergence. Trails were carried out under controlled greenhouse conditions. Scarified seeds were planted between .2 and 3.5 cm deep. In this experiment *Lupinus elegans* showed the best emergence rates (100%) between 1.0 and 1.5 cm deep, *Crotalaria pumila* showed best emergence between 1.5 and 2 cm deep.

1- INTRODUCCION.

La germinación es un proceso generado en la semilla, desde el desarrollo del embrión hasta la función de las plantas (Wilson y Loomis.1980).

Las semillas de muchas especies de plantas, especialmente de las silvestres, necesitan para su propagación someterse a tratamientos especiales. La resistencia a la germinación se llama latencia de las semillas. La latencia puede ser el resultado de factores físicos, tales como la cubierta gruesa de la semilla, que no permite la introducción de la humedad u oxígeno (Adams, 1971). Saber como propagar las semillas de especies silvestres es de gran importancia para la restauración de suelos degradados. En un estudio de germinación bajo diversas condiciones (Medina, 2003), se determinaron los requerimientos de germinación de semillas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*. En este estudio se determinó el tiempo de escarificación óptimo con ácido sulfúrico para ambas especies y el efecto de diferentes sustratos. Las semillas fueron tratadas con ácido sulfúrico y por un método mecánico (con lija). Las semillas que se tratadas con ácido sulfúrico tuvieron una buena germinación a comparación con el método mecánico (lija). Las semillas de *Lupinus elegans* tuvieron una buena germinación al ser escarificada a 60 minutos con ácido sulfúrico y sembradas en arena. Las semillas de *Crotalaria pumila* tuvieron una buena germinación al ser tratadas con ácido sulfúrico por 30 minutos y sembradas en arena.

Se realizó un estudio para saber el efecto de la profundidad de enterramiento de las semillas en la emergencia de las plántulas. Con el fin de saber a que profundidad de enterramiento en el suelo las semillas de *Lupinus elegans* y

Crotalaria pumila pueden emerger del suelo sin ningún problema (con el resultado de este experimento, nos indico de cómo sembrar estas semillas en el campo), se llevaron a cabo ensayos bajo condiciones controladas.

2. OBJETIVO.

- Evaluar el porcentaje de germinación a diferentes profundidades.

3. METODOLOGIA.

Se construyó un cajón de madera de 1 m x 1.20 m y 0.20 m de altura. El cajón se llenó con sustrato colectado en la localidad de Atécuaro, un suelo de tipo Charandoso (Acrisol). El cajón se dividió en 16 parcelas, cada parcela medía 30 X 25 cm, en cada parcela se sembraron 60 semillas de una de las dos especies y se escarificaron con Ácido Sulfúrico concentrado, para *Lupinus elegans* las semillas se trataron por 30 minutos y para *Crotalaria pumila* de 20 minutos (Medina, 2003). Las profundidades a las que se sembraron las semillas fueron de 0.2 cm, 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm y 3.5 cm. El total de las semillas sembradas en las diferentes profundidades para cada especie fue de 480 semillas. En medio del cajón se puso un registrador de temperatura (Hobo data logger) enterrado a 3 cm. de profundidad para medir las oscilaciones de la temperatura dentro del cajón.

Al término del montaje del experimento se procedió al riego con agua utilizando un aspersor para evitar perturbar la superficie del suelo del cajón y para mantener el suelo permanentemente húmedo.

El análisis estadístico que se realizó para determinar el efecto de las profundidades de entierre, fue un análisis binomial por medio de modelos lineales generalizados (Análisis de Devianza).

4. RESULTADOS.

Los resultados que se muestran en la fig. 1, representan el numero total de emergencia de plántulas de *Lupinus elegans* a las cinco semanas y en las diferentes profundidades (0.2 cm, 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm y 3.5 cm). En la figura se observa claramente que la mayor emergencia de plántulas para *Lupinus elegans* es entre 1 cm., y 1.5 cm., de profundidad a las que germinaron las 60 semillas sembradas.

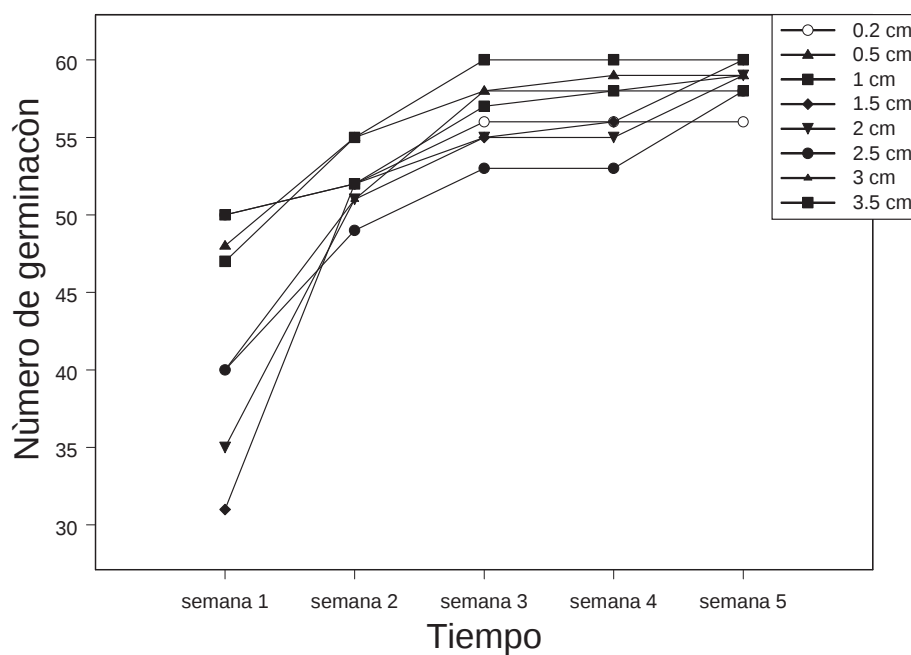


Figura 1. Número de plántulas de *Lupinus elegans* que emergieron a diferentes profundidades a lo largo de las cinco semanas que duró el experimento en el cajón de germinación.

Los resultados del análisis binomial (Tab. 1), indican que las diferencias no son estadísticamente significativas ($P= 0.73$), esto quiere decir que en cualquier profundidad en el rango ensayado las semillas emergerán eficientemente.

Tabla 1. Análisis binomial por medio de modelos lineal es generalizados para los resultados de emergencia de plántulas en la semana 5 del experimento en el cajón de germinación.

gl	Res.Dev.	gl	Res.Dev.	Pr (Chi)
		479	104.81	
1	0.11	478	104.70	0.73

En cuanto a *Crotalaria pumila*, en la figura 2 se muestra el número total de plántulas por profundidad. Las profundidades con mayor emergencia de las plántulas fueron en 1.5, 2 y 2.5 cm. En la profundidad de 1.5 cm., de las 60 semillas sembradas emergieron 50 plántulas, en el caso de la profundidad de 2 cm emergieron 49 plántulas y para la profundidad de 2.5 cm., de profundidad solamente emergieron 48 plántulas.

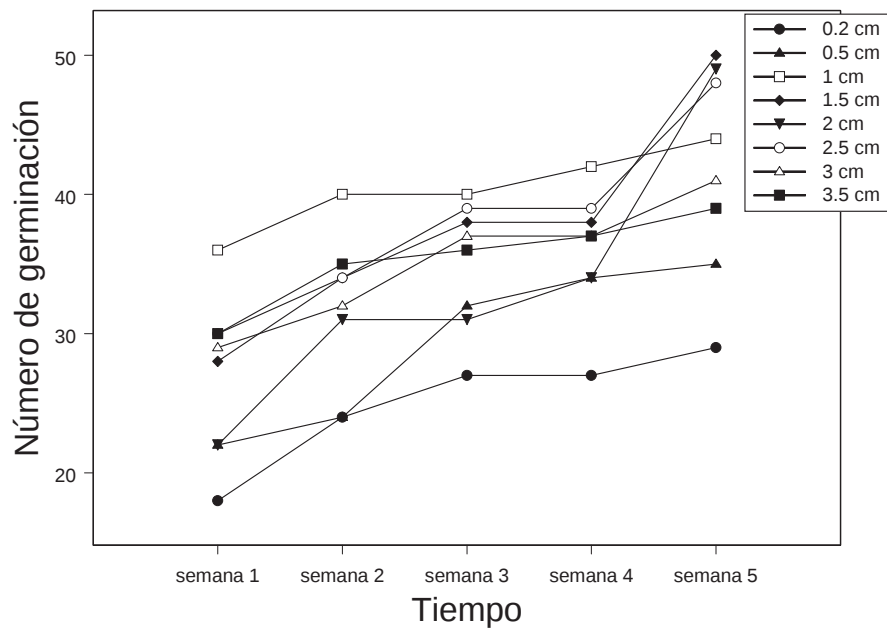


Figura 2. Número de plántulas de *Crotalaria pumila* que emergieron a diferentes profundidades a lo largo de las cinco semanas que duró el experimento en la caja de germinación.

El análisis binomial que se realizó para *Crotalaria pumila* (Tab. 3), se muestra que las diferencias entre tratamientos de profundidad no son estadísticamente significativas ($P= 0.38$).

Tabla 2. Análisis binomial por medio de modelos lineal es generalizados para los resultados de emergencia de plántulas de *Crotalaria pumila* en la semana 5 del experimento en la caja de germinación.

gl	Res.Dev.	gl	Res.Dev.	Pr (Chi)
		479	567	
1	0.76	478	566	0.38

Con respecto al registrador de temperatura que se puso en el cajón, se registro una temperatura máxima del suelo para este experimento de 27.9° C. (Tab. 3), hubiera sido mejor que se hubiera presentado una temperatura mas alta para comprobar lo dicho por Hanley *et al.*, (2003), que cuando algunas de las especies de leguminosas son sometida a un shock térmico de 60 °C hasta 120 °C presentan una altas tasas de germinación.

Tabla 3. Temperatura que se registro en el suelo del cajón de germinación a lo largo del experimento con *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*.

	TEMPERATURA	
MAXIMO	MINIMA	PROMEDIO
27.9	13.3	18.5

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

La mayor emergencia de plántulas para *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* ocurrió a profundidades similares. La profundidad óptima de germinación para *Lupinus elegans* fue entre 1 cm. y 1.5 cm., para *Crotalaria pumila* se presentó entre 1.5 cm y 2.5 cm. Considerando el porcentaje de germinación para el rango de profundidades ensayado se observa que para ambas especies los valores son altos (*Crotalaria pumila* 80 %, *Lupinus elegans* 100 % de germinación). Considerar la emergencia de plántulas a una determinada profundidad de sembrado, es de gran importancia tomar este factor en cuenta para cuestiones de manejo, ya que es importante encontrar la forma de maximizar la probabilidad de germinación y su establecimiento (González-Zertuch et al.2000). La ventaja de que las semillas puedan emerger a una profundidad de sembrado mayor a la superficie es de gran importancia, entre otras cosas que la temperatura por debajo de unos centímetros de la superficie disminuye y por esta razón, puede aumentar la probabilidad de germinación y así establecerse con mayor éxito (Hanley et al., 2003). El sembrar las semillas bajo la superficial del suelo, es de gran importancia para su protección contra otros factores como: arrastre por la erosión pluvial (lluvia), erosión eólica (viento), o que sean comidas por aves o algunos otros depredadores.

Los resultados obtenidos en este experimento nos brinda información relevante para el estudio de estas dos especies para desarrollar técnicas de germinación (Rikert, 1971). Como resultado de este ensayo se diseñó una herramienta (rastrillo) que se utilizó en el sembrado de las semillas en el campo (Capítulo 3).

6. LITERATURA CITADA.

Adams L. 1971. Ruptura de la latencia en la semilla. En problema de la investigación Botánica, Limusa-wiley, México. 193-196. pp.

Baskin, Carol y Jerry M. Baskin. 1998. Seeds Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination Academic Prees. San Diego California USA.

Gonxalez-Zertuch,L., A. Orozco-Segovia y C. Vazquez-Yanes. (2000).El ambiente de las semillas en el suelo; su efecto en la germinacion y en la sobrevivencia de la plantula. Biol. Sor. Bot.Mexico. 65:73-81.

Hanley, M. E., J. E. Unna, J.B. Darvill. (2003). Seed size and germination response: a relationship for fire following plant species exposed to thermal shock. Oecologia 134:18-22.

Medina Sánchez, E.I. 2003. Determinación de los requerimiento de la germinación de la semillas de tres especies de leguminosas del estado de Michoacán con potencia para restaurar. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México. 37-38 pp.

Rickert B. F. 1971. "Efecto de la luz y otros factores en la germinación de la semillas." En problema de investigación en Botánica. Limusa-Wiley. México.281-284 pp.

Wilson, C.L. y W. E. Loomis. 1980. Botánica. 4th edición. Editorial, Hispano-Americana. México. pp- 656.

CAPITULO III

EFFECTO DE LA RIQUEZA DE ESPECIES DE LAS LEGUMINOSAS SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENER EL SUELO EN EL MUNICIPIO DE ATÉCUARO.

RESUMEN

En México se han realizados pocos trabajos sobre restauración de sitios severamente erosionados. Por lo que se realizó un estudio de campo, en el paraje conocido como la Huertita, perteneciente al municipio de Atécuaro, con 3 especies de de leguminosas (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*) para evaluar su potencial para revegetar cárcavas.

Se trazaron 25 parcelas de 3 x 3 m, las primeras 16 parcelas se trazaron en tres diferentes tipos dependiente; plana (0°), media (7°) y alta (27°), en cada una de las pendientes se trazaron 4 parcelas y 4 para control y las otras 9 parcelas se distribuyeron en toda el área de la cárcava. Las parcelas de inclinaciones plana y media se sembraron combinaciones de semillas (*Lupinus elegans* 8.4 gr, *Crotalaria pumila* 6.4 gr y *Trifolium repens* 24 gr) y se plantaron plantas de tres meses de edad de dos especies; *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*. y en la inclinación alta sólo se le pusieron planta de tres meses de edad. En las 9 parcelas restantes se sembraron las especies utilizadas en este estudio de manera individual. Al final del monitoreo se encontró que las planta de 3 meses de edad, dieron un buen resultado en cuanto a la sobrevivencia y el crecimiento.

SUMMARY

Increased erosion rates had occurred in the recent past as a direct consequence of vegetation losses. This is of particular concern in sites with considerable slopes as is the case of mountain areas. A field experiment was set up in the locality known as in La Huertita, municipality of Atecuaro, Michoacan with 3 species (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*) for gully revegetation.

In a field experiment 25 quadrats of 3 X 3 meters were used. Sixteen quadrats were placed in sites with different slopes; flat (0°), medium (7°) and high (27°), 4 quadrats were placed in each slope category. The remaining 9 quadrats were placed within a gully. In both flat and medium slope quadrats a combination of seeds was planted (*Lupinus elegans* 8.4 gr, *Crotalaria pumila* 6.4 gr y *Trifolium repens* 24 gr), and three month old plants were planted of two species *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*. In quadrats with high slopes only were planted with 3 month old plants. The remaining quadrats were planted with the individual species used in this study. At the end of the monitoring period, the best results were obtained for three month old planted plants in terms of growth and survival.

1- INTRODUCCION.

Se han realizado un gran número de estudios sobre el efecto de la erosión del suelo en sus diferentes aspectos, sin embargo en México se han realizados pocos trabajos sobre restauración de sitios severamente erosionados.

La erosión consiste en una pérdida gradual del material que constituye el suelo al ser arrastradas las partículas, a medida que van quedando en la superficie (Porta *et al.*, 1993). La erosión es resultado de perturbación naturales o causadas por la acción humana en el equilibrio entre la tierra- vegetación y clima (Lal, 1990).

Todas las superficies terrestres se erosionan por los agentes atmosféricos, el agua y el viento. El choque de las gotas de lluvia afloja las partículas superficiales y llenan los poros del suelo, lo que disminuyen la infiltración del agua y aumenta el escurrimiento, a medida que el agua escurrida se reúne en pequeñas corrientes, estas van subcavando el suelo y forman surcos llamados cárcavas. (Wilson *et al.*, 1980).

La vegetación es un factor importante que ayuda a la conservación y formación del suelo, principalmente las leguminosas ya que son especies claves en este aspecto (Prismack *et al.*, 1998). Las leguminosas son árboles, arbustos o hierbas tendidas trepadoras o erguidas que fijan nitrógeno de manera simbiótica y pueden presentar altas tasa de crecimiento. Esta familia está ampliamente representada en diversas regiones del globo terrestre por cerca de 500 géneros y alrededor de 17000 especies, comprende gran número de plantas útiles, especialmente en las que se refiere a la alimentación y a las especies maderables (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Esta especies son importantes para la restauración ecológica por su capacidad de fijar nitrógeno, a partir de nódulos que son las estructuras resultantes de la asociación simbiótica y la raíz de la leguminosa, con esto lleva consigo un crecimiento y engrosamiento de la raíz así como su cobertura (Cronquist, 1992). Esta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, lo cual representa un excelente recurso natural para conservar y mejorar la fertilidad del suelo (Pérez y Torralba, 1997). En la restauración se utilizan plantas silvestres basadas en su conocimiento biológico, ecológico y el dominio de las técnicas de propagación más adecuadas (Vázquez-Yáñez y Batís, 1996).

Con lo mencionado anteriormente se propuso trabajar con tres especies de leguminosas (*Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens*) El lugar de estudio se encuentra en el paraje conocido como la Huertita, perteneciente al municipio de Atécuaro. Su descripción corresponde a un lugar montañoso, la mayor parte son áreas deforestadas, lo que provocó erosión severa y la formación de cárcavas, algunas de las cuales con más de 10 metros de profundidad. El sitio de estudio corresponde a suelos de tipo Acrisol agrícolas.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

2.1 Localización geográfica.

La microcuenca de Atécuaro se localiza a 15 km al sur de la ciudad de Morelia, entre los paralelos 19° 33' 05" y 19° 37' 08" de latitud norte y los meridianos 101° 15' 07" de longitud al oeste de Greenwich, con una área de 44.4 km² y un perímetro de 30.25 km. (Cejás, 1998).

2.2 Clima.

Con la clasificación de kppen modificado por García (1994), el clima es C(w2)(w)b(i)g templado subhúmedo con lluvias en verano. Coeficiente p+/t mayor de 55.0. Lluvias invernales menor del 10% del total anual. Verano fresco y largo, tempera media del mes mas caliente de menos 22°C. Marcha anual de temperatura tipo ganges, mes mas caliente antes de junio (antes del solsticio de verano). Oscilación termica entre 5 y 7°C La temperatura media anual es de 13.8° C, el mes mas caliente es mayo con 16.5°C., y el mes más frío enero con 11.3°C., presenta una precipitación media de 1002 mm distribuida de la siguiente manera: 48 mm en el mes de mayo, 182 mm en junio, 224 mm en julio, 234 mm en agosto, 172 mm en septiembre, 55 mm en octubre; el resto de la precipitación se distribuye en los meses restantes, teniendo valores menores de 20 mm de lluvia.

La evapotranspiración potencial (ETP) es de 695 mm (69.36% de la precipitación total); y la evapotranspiración actual (ETA) es de 615 mm, ocurriendo la mayor magnitud en el mes de junio, con un descenso en los meses subsecuentes y manteniéndose constante hasta el mes de octubre (Calderas 1998).

El escurrimiento superficial es 387 mm cuando se alcanza el punto de saturación para un suelo de tipo andosol. El escurrimiento se distribuye de la siguiente manera: 104 mm en el mes de junio, 168 mm para agosto, 114 mm para septiembre y 1 mm en el mes de octubre (Calderas 1998).

2.3 Geología.

Las rocas sobre la que se encuentra la microcuenca esta constituida por rocas ígneas extrusivas y sedimentarias que a continuación se describen:

Rocas ígneas extrusivas.

Ignimbritas riodacíticas (Ting), que son de color gris claro, rosáceo y rojizo, por su dureza y composición química forman suelos poco desarrollados, consideradas como rocas impermeables que se intemperizan lentamente, presentan un elevado contenido de cuarzo y baja cantidad de feldespato; que corresponde al terciario superior y ocupa el 63.38% de la microcuenca. Tobas púmicas (Ttr): son rocas de color beige claro y blanquizo son rocas fracturadas y ocupan el 5.16% de la área. Derrames fracturados, brechas y tobas básicas e intermedias (Tpb) son rocas originadas en el terciario superior, se caracterizan por ser de permeabilidad y dureza baja, y medianamente estable ocupando el 2.86% del área. Derrames de lava, brechas y conglomerados (Mpca): tipo básico e intermedia formadas en el Mioplioceno, se caracteriza por presentar baja dureza, altamente permeable, de estabilidad media y fácilmente erosionable (dan origen a suelos de color rojizo), lo que representa 20.44% de la microcuenca.

Rocas sedimentarias.

Aluviones (Qal) compuesto por grava, arena y limos: se ubican en depresiones, barracas y valles, se originaron en el cuaternario, ocupan el 8.16% del terreno (INEGI,1982).

2.4 Suelo.

Se presentan tres tipos de suelo: Andosol húmico (Th), Acrisol ortico (Ao) y Luvisol crómico (L). El Andosoles: del japonés *an* oscuro y *do*, suelo; connotativo de suelos formados a partir de material rico en vidrios volcánicos y que comúnmente tienen un horizonte superficial oscuro, ocupan 16.7330 km² (37.69%). Acrisoles: del latín *acer*, acetum, fuertemente ácido; connotativo de baja saturación, ocupando 17.5575 km² (57.23%). Luvisoles: del latín *luere*, o lavar; connotativo de acumulación de arcillas, ocupando 2.2555 km² (5.08%), (INEGI,1982).

2.5 Vegetación.

El tipo de vegetación que se presenta en la zona sur de la microcuenca es bosque de pino, pino-encino y bosque de encino. En la parte norte se encuentran áreas dedicadas al pastoreo, uso agrícola y con vegetación arbustiva. La vegetación que se encuentra mejor representada es el matorral subtropical, ubicándose en áreas de disturbios donde se presentan especies de diversos géneros como: *Acacia*, *Baccharis*, *Brickellia*, *Calliandra*, *Condalia*, *Desmodium*, *Eupatorium*, *Opuntia*, *Salvia*, *Stevia*, *Valeriana*, etc. Las especies de encino representativas son: *Quercus crassifolia*, *Q. getry*, *Q. rugosa*, *Q. castanea* y *Q. obtusata*. La vegetación del sotobosque es importante para el amortiguamiento de la energía cinética de la lluvia

y para la retención del suelo por medio de sus raíces (Rzedowski y Rzedowski, 1979), se representa principalmente por especies de los siguientes géneros: *Lupinus*, *Festuca*., *Eupatorium*, *Senecio*. De la vegetación original asociada a los suelos de Andosol, podemos mencionar a *Pinus leiophylla*, *P. pseudostrobus* , *P. michoacana*, *P. lawsoni* y *P. teocote*, (Cejas, 1998; García, 1999).

2.6 Hidrología.

El área de estudio pertenece a la región hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, forma parte de la subcuenca del Río grande que a su vez corresponden a la cuenca endorreica de Cuitzeo. La red de drenaje de acuerdo a la clasificación de Sánchez (1987) citado por Cejas (1998), es de tipo dendrítico en la parte norte y central del valle, paralelo en la porción Este y Oeste de la microcuenca.

2.7 Descripción del sitio de estudio.

En el sitio de estudio se encuentran suelos agrícolas en su mayoría sin vegetación con un alto grado de erosión, provocando con esto deslaves y cárcavas de gran magnitud y muy bajos en nutrientes. Por el problema ya mencionado se decidió probar el desempeño de 3 especies de leguminosas, que como se sabe son aptas para lugares de suelos muy degradados. El fin de probar estas especies es lograr establecerlas para que estas puedan retener el suelo y poder incorporar nutrientes al suelo.

3. OBJETIVO.

- Evaluar el efecto de leguminosas, para controlar la erosión en suelos empobrecidos.

4. METODOLOGIA

Se realizó una supervisión del sitio de estudio, para seleccionar el área experimental. Una vez seleccionado el sitio experimental se procedió a trazar 25 parcelas de 3 x 3 m. Cuatro de las cuales están en pendientes planas (0°), 4 en pendiente medias (valor promedio de la pendiente 7.76°), 4 en pendiente alta (valor promedio de la pendiente 27.13°) y otras 9 distribuidas en toda la cárcava y 4 más que se utilizaron como control. En la pendiente plana y media se sembró una combinación de semillas de las 3 especies (*Lupinus elegans* de 8.4 gr., *Crotalaria pumila* de 6.4 gr., y *Trifolium repens* de 24 gr.) y se plantaron plantas de tres meses de edad de dos especies en cada una de las parcelas (8 de *Lupinus elegans* y 8 de *Crotalaria pumila*). En las 4 parcelas de pendientes alta no se les puso semillas, sólo se les pusieron plantas de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* debido a que las semillas serían arrastradas por las lluvias. En las 9 parcelas adicionales se sembraron semillas de una sola especie para cada una de las parcelas (tres parcelas para *Lupinus elegans*, tres para *Crotalaria pumila* y otras tres para *Trifolium repens*). Las 4 parcelas restantes fueron las de control (suelo desnudo). Las semillas se escarificaron con ácido sulfúrico concentrado por 20 minutos para *Crotalaria pumila* y 30 minutos para *Lupinus elegans* (Medina, 2003), las semillas de *Trifolium repens* no fueron escarificadas. En las 25 parcelas, se colocaron 4 varillas graduadas por cada una con el fin de medir la pérdida del suelo por erosión. Este experimento se monitoreó cada mes (Agosto, Septiembre y Octubre) del 2005, (temporada de lluvias). Las variables que se midieron fueron: sobrevivencia, altura, número de semillas germinadas y pérdida de suelo.

5. RESULTADOS.

De las 12 parcelas que se encuentran distribuidas en las tres diferentes pendientes, luego las otras 9 parcelas que sólo se sembraron y por último las otras 4 parcelas que se utilizaron como control.

5.1 Parcelas en las tres pendientes (plana, media y alta)

En las 4 parcelas de pendiente plana (0°), se observó que las alturas de las plantas de *Crotalaria pumila* fueron mayores (con un promedio de 51 cm) que las de las plantas de *Lupinus elegans* (altura promedio fue de 31 cm) (Fig.1). En estas parcelas no se presentó erosión (Tab. 1). El crecimiento de las plantas de ambas especies mostró un patrón similar en todas las pendientes. En las parcelas de pendiente media (7.76°), *Crotalaria pumila* presenta un crecimiento promedio de 51 cm y *Lupinus elegans* presentó un crecimiento promedio de 44 cm. Para las plantas de *Lupinus elegans* se presentaron diferencias significativas en las alturas entre las parcelas de pendiente media (7.76°) y alta (27.13°) (Fig. 1), con un valor de significancia de $P < 0.01$. La erosión de esta pendiente fue de 0.47 cm de suelo perdido (Tab. 1). En las pendientes altas (27.13°), las plantas de *Crotalaria pumila* presentaron un crecimiento promedio de 52 cm y las plantas de *Lupinus elegans* presentaron un crecimiento promedio de 33 cm., de igual manera las plantas de *Crotalaria pumila* presentaron un crecimiento mayor con respecto a *Lupinus elegans* (Fig. 1). En esta pendiente hubo más erosión con 0.92 cm., de suelo perdido (Tab. 1).

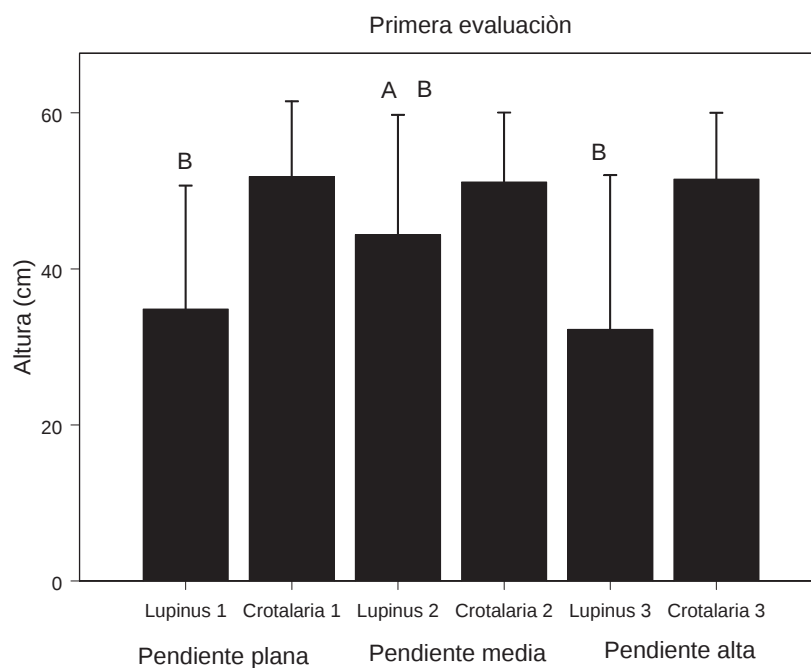


Figura 1. Se observa en la primera evaluación, el crecimiento promedio de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en las 3 distintas pendientes.

En cuanto a las semillas sembradas en las parcelas de pendiente plana (0°) y en pendiente media (7.76°) se obtuvo que *Lupinus elegans* fue la especie que presentó la mayor germinación, con un porcentaje de 4 % de semillas germinadas, *Crotalaria pumila* con 3 % y por ultimo *Trifolium repens* con 1 % de semillas germinadas. En la pendiente media, *Lupinus elegans* también fue la especie de mayor germinación con 30 %, *Trifolium repens* con 4 % y por último *Crotalaria pumila* con 2 % de germinación (Fig. 2).

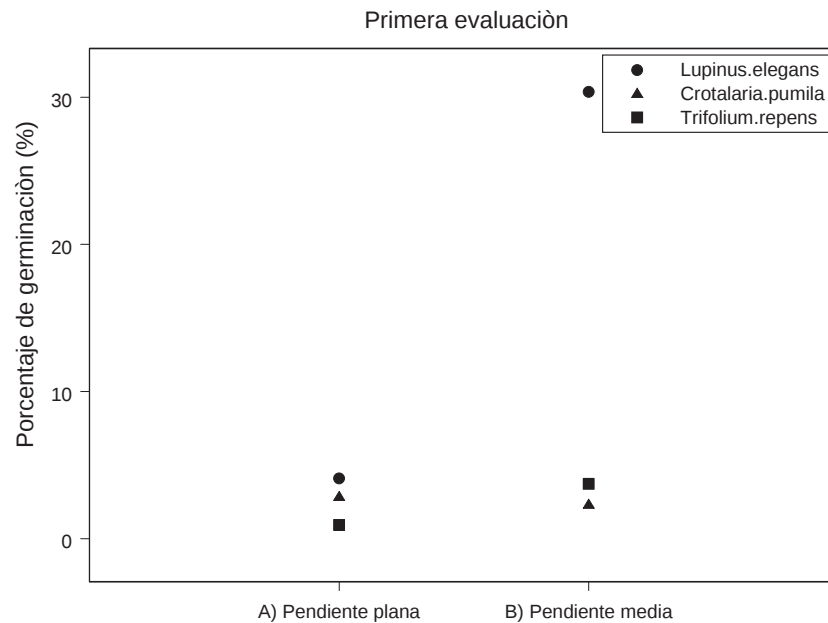


Figura 2. Se observa el porcentaje de germinaciòn de *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens* en las 2 distintas pendientes.

En la segunda evaluaciòn, los patrones observados cambian con respecto a la primera evaluaciòn. En las 4 parcelas de pendiente plana, la especie que mayor altura presentò fue *Lupinus elegans* con 58 cm. y despuès *Crotalaria pumila* con 57 cm., Comparando la altura de las plantas de *Crotalaria pumila* se presentan diferencias significativas en las alturas entre las pendientes plana y media ($P = 0.02$; Fig. 3). En la pendiente media, se presentò el mismo patròn de comportamiento de las especies que en la pendiente anterior, *Lupinus elegans* presentò una altura en promedio de 67 cm y *Crotalaria pumila* de 54 cm., (Fig. 3) En esta pendiente si se presento erosiòn con un promedio de 0.28 cm de suelo perdido (Tab. 1).

En la pendiente alta, *Lupinus elegans* fue la especie que presentó la mayor altura con 53 cm y después *Crotalaria pumila* con 51 cm de altura (Fig. 3). En esta pendiente también se presentó la mayor erosión con 0.83 cm., (Tab. 1)

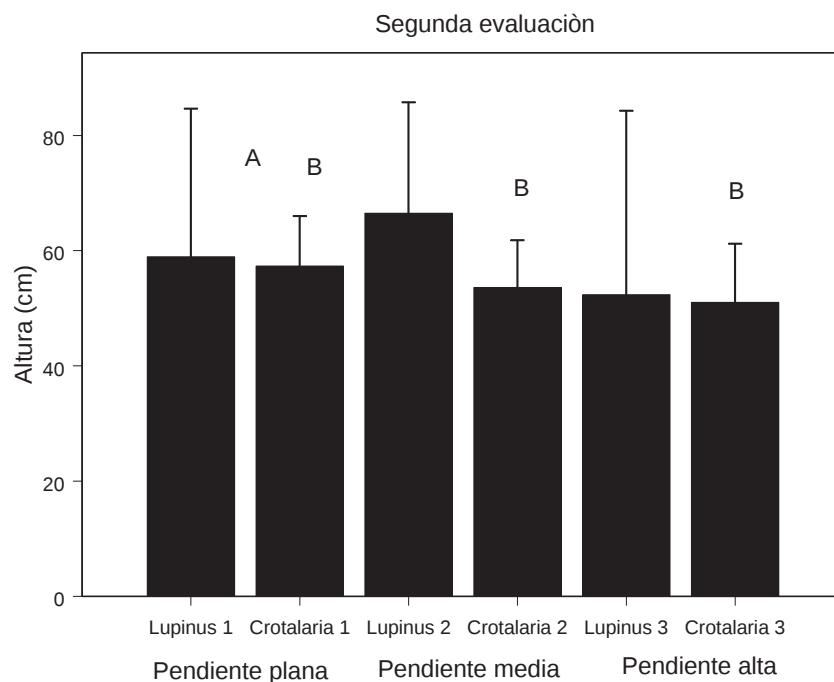


Figura 3. Se observa la segunda evaluación, el crecimiento promedio de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en las 3 distintas pendientes.

En las parcelas en las que se llevó a cabo el sembrado, la especie de mayor germinación en la pendiente plana fue *Lupinus elegans* con un 13 %, *Crotalaria pumila* con un 6 % y por ultimo *Trifolium repens* con 1 %. Para el caso de la pendiente media, *Lupinus elegans* es la especie de mayor germinación con un 31 % de germinación, *Crotalaria pumila* con un 2 % y por ultimo *Trifolium repens* con 1 % de germinación (Fig. 4).

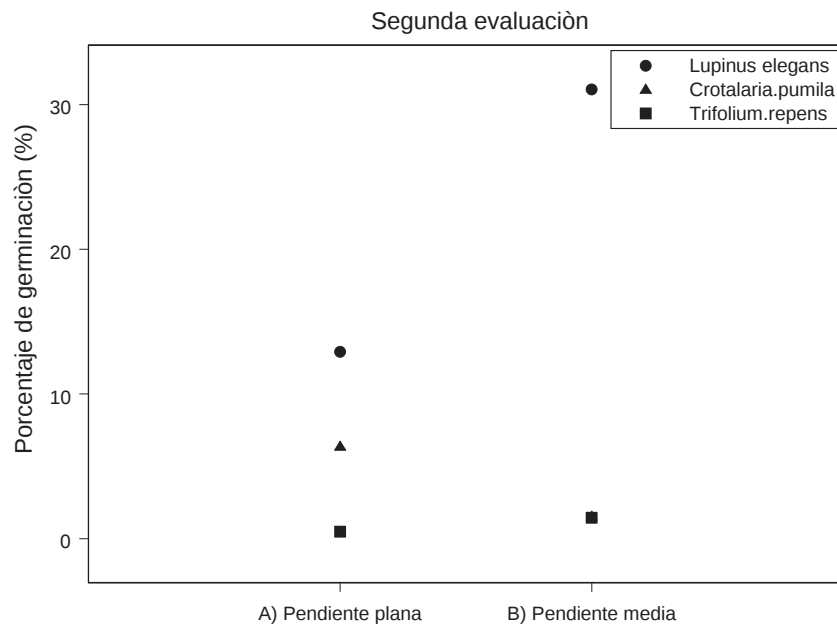


Figura 4. Se observa el porcentaje de germinación de *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens* en las 2 distintas pendientes.

Tercera evaluación, de las parcelas de pendiente plana las plantas de *Lupinus elegans* fueron las que mayor altura presentaron con 73 cm en promedio (Fig. 5), seguidas por las plantas de *Crotalaria pumila* con 52 cm de altura promedio. En esta pendiente no se presentó erosión (Tab. 1). En la pendiente media, *Lupinus elegans* presentó la mayor altura con 75 cm en promedio y después *Crotalaria pumila* con 50 cm de altura promedio. (Fig. 5), en esta pendiente si se presentó erosión con una pérdida de suelo de 0.51 cm., (Tab.1) En la pendiente alta, *Lupinus elegans* fue la especie que presentó la mayor altura y después *Crotalaria pumila* (Fig. 5), también presentó una pérdida de suelo de 0.55 cm un poco más que en la pendiente media (Tab.1).

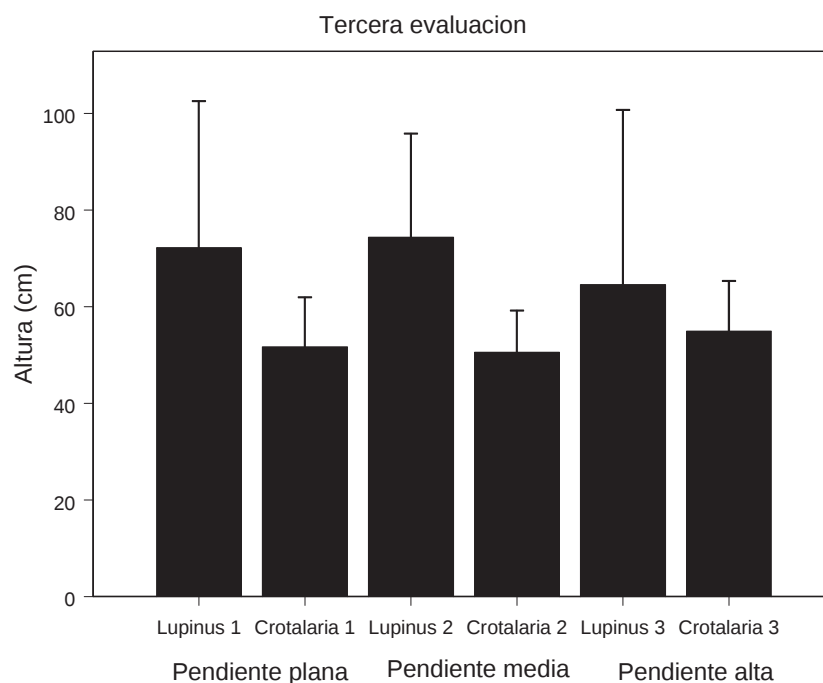


Figura 5. Se observa la tercera evaluación, el crecimiento promedio de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila* en las 3 distintas pendientes.

En cuanto a germinación en las parcelas sembradas con semillas de las tres especies, *Lupinus elegans* fue la especie de mayor germinación con un 13 %, *Crotalaria pumila* con 6 % y por ultimo *Trifolium repens* con 0.42 %. En la pendiente media, la especie con mayor germinación fue *Lupinus elegans* con 32 %, *Crotalaria pumila* con 2 % de germinación y por ultimo *Trifolium repens* con 1 % de semillas germinadas (Fig. 8).

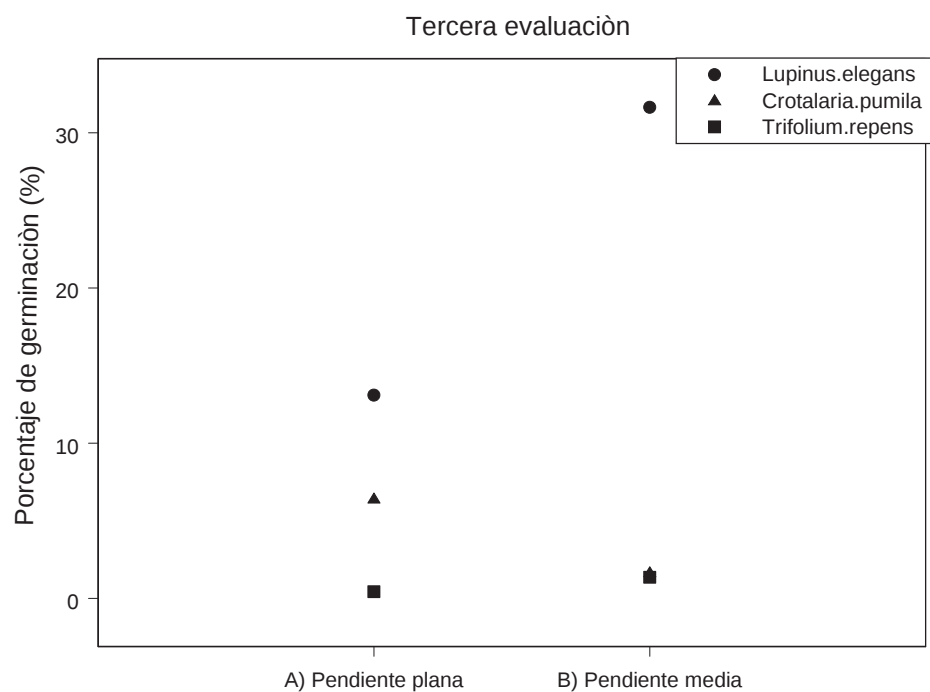


Figura 6. Se observa el porcentaje de germinaci3n de *Lupinus elegans*, *Crotalaria pumila* y *Trifolium repens* en las 2 distintas pendientes.

Tabla 1. Se muestra la perdida de suelo en las 3 diferentes pendientes

Pendientes	Evaluaci3n 1	Evaluaci3n 2	Evaluaci3n 3	Total
Pendiente plana	0	0	0	0
Pendiente media	0.47	0.28	0.51	1.3
Pendiente alta	0.92	0.83	0.55	2.26
Total	1.39	1.11	1.06	3.56

5.2 Parcelas con especies individuales.

La germinación de las tres especies fue similar en las tres evaluaciones. (Fig. 7). La primera evaluación *Lupinus elegans* fue la especie que mayor germinación presentó con 39 %, después *Crotalaria pumila* con 5 % y por ultimo *Trifolium repens* con 3 %. Las parcelas que perdieron más suelo fueron las sembradas con *Trifolium repens* con 1.14 cm. (Tab.1). En la segunda evaluación se observó que *Lupinus elegans* fue la especie con mayor germinación con 40 %, seguida de *Crotalaria pumila* con 3 % y finalmente *Trifolium repens* con 1%. En esta evaluación, las parcelas que perdieron más suelo fueron las de *Crotalaria pumila* con 0.84 cm. (Tab. 1) En la tercera evaluación el comportamiento de las especies fue similar a las evaluaciones anteriores (*Lupinus elegans* 33 %, *Crotalaria pumila* 2 % y *Trifolium repens* 0.32 %). En cuanto a la erosión, las parcelas de *Lupinus elegans* fueron las de mayor pérdida de suelo con 0.49 cm. (Tab. 1).

Tabla 2. Se muestra la perdida de suelo en centímetros, en cada una de las especies.

Especies	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3	Total
<i>Lupinus elegans</i>	0.51	0.67	0.49	1.67
<i>Crotalaria pumila</i>	0.56	0.84	0.34	1.74
<i>Trifolium repens</i>	1.14	0.43	0.44	2.01
Total	2.21	1.94	1.27	5.42

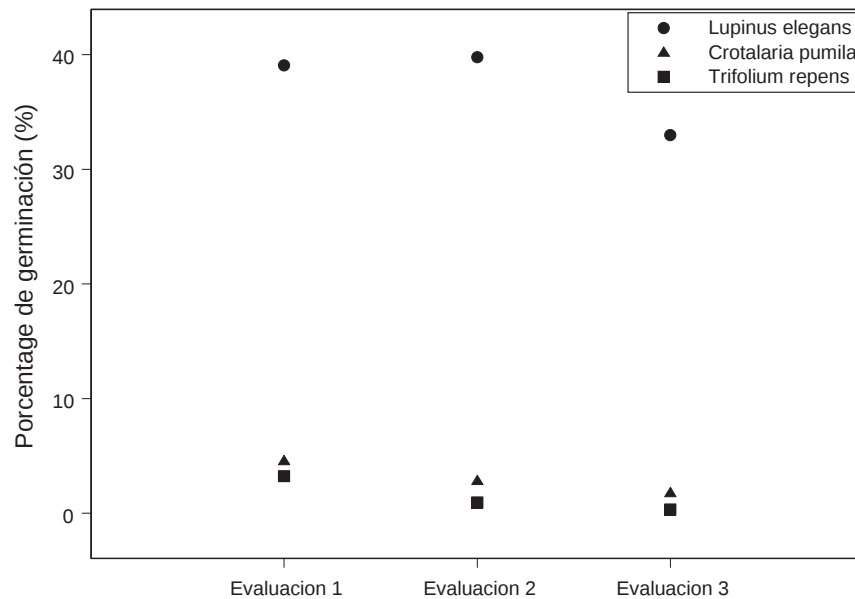


Figura 7. Se muestra el porcentaje de las tres evaluaciones de germinación en las parcelas con especies individuales.

5.3 Parcelas de control.

Se pusieron 4 parcelas de control. En estas parcelas sólo presentaban varillas graduadas para medir la erosión (Tab.2). En la primera evaluación, la primera parcela presentó la mayor pérdida de suelo con 3.12 cm., y en la segunda evaluación, la primera y la cuarta parcela fueron las que perdieron mayor cantidad de suelo con 1.62 cm. En la tercera evaluación de la pérdida de suelo, la parcela que perdió mas suelo fue la cuarta con 1.42 cm.

En promedio total del suelo perdido para las tres evaluación, tenemos que la primera parcela pedio un total de 5.8 cm., de suelo en una área de 3 x 3 m., en la

segunda parcela, tuvo una pedida de 3 cm., de suelo, y la tercera parcela perdió 3.08 cm de suelo y en la ultima parcela se obtuvo una pérdida acumulada de 4.38 cm.

Tabla 3. Se muestra las evaluaciones de perdida de suelo en las parcelas de control.

Parcelas	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3	Total
1	3.12	1.62	1.05	5.8
2	1.37	0.63	0.95	2.95
3	0.82	0.97	1.27	3.06
4	1.37	1.57	1.42	4.36
Total	6.68	4.79	4.69	16.17

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

En la primera evaluación, las especies que se plantaron en las pendientes plana, media y alta, siguen un mismo patrón de alturas, *Crotalaria pumila* fue la que tuvo mayor tamaño seguida de *Lupinus elegans*, pero las plantas de *Lupinus elegans* presentaron diferencias significativas en cuanto a las alturas en función de la pendiente en que se encontraban. En cuanto a germinación de las semillas puestas en las pendientes plana y media, *Lupinus elegans* fue la especie que presentó la mayor germinación. La erosión en las tres pendientes (plana, media y alta) fue diferente, la pendiente alta fue la que perdió más suelo (0.92 cm de suelo perdido). En la segunda evaluación, en las pendientes plana, media y alta los resultados cambian con respecto a la altura de las plantas de las dos especies plantadas, lo que refleja diferencias en la fenología de las especies. En las tres pendientes, la especie con mayor altura fue *Lupinus elegans* y después *Crotalaria pumila*, pero para esta evaluación, las plantas de *Crotalaria pumila* presentaron diferencias significativas en altura en función de las pendientes. En términos de la germinación de las semillas bajo las diferentes pendientes (plana y media) *Lupinus elegans* fue la especie de mayor germinación, seguida de *Crotalaria pumila* y por último *Trifolium repens*. Nuevamente, de las 3 pendientes, la que perdió mas suelo fue la pendiente alta (0.83 cm). Este patrón general se repitió en la tercera evaluación.

En términos generales se observó que las plantas de *Crotalaria pumila* presentaron mayor altura que las plantas de *Lupinus elegans* en las primeras etapas del experimento lo que refleja que *Crotalaria pumila* es de crecimiento más rápido en sus primeras etapas de desarrollo por ser una herbácea, pero *Lupinus elegans*

cuando ya se encuentra establecido tiene la capacidad de crecer más rápidamente hasta alcanzar la altura de un arbusto. En la germinación de las especies que se sembraron en las parcelas de pendiente plana y media, *Lupinus elegans* fue la especie de mayor germinación, después *Crotalaria pumila* y por ultimo *Trifolium repens*, de igual manera en las parcelas con especies individuales *Lupinus elegans* fue la especie de mayor germinación. Las semillas de *Lupinus elegans* son las de mayor tamaño de las tres especies, lo que les permite germinar en suelos perturbados y bajos en nutrientes. Las semillas de esta especie pueden germinar en ceniza volcánica casi estéril (Aureoles, 2004),

Las parcelas que presentaban plantas perdieron menos suelo que las que no las presentaban, señalando que el desarrollo de una cobertura vegetal, aunque incipiente, tuvo un efecto benéfico, lo que respalda las observaciones de Smith et al. (2000), quienes sostienen que los suelos protegidos por la vegetación mantienen su integridad, porque las plantas minimizan la acción del viento y dispersan las gotas de lluvia, reduciendo así la fuerza erosiva del suelo.

7. LITERATURA CITADA.

Cronquist A 1992. Introducción a la Botánica, Editorial Continental, México. pp 107-111

Lal, R. 1990. Soil erosion in the tropics: principles & anagement, R.R.. Dennell & Sons Company, USA. pp. 140.

Loumeto,J.,J y Huttel,C.1971.Understory Vegetation in fase-growing trec plantation on savanno soils in congo. Forest Ecology and management. pp 99-65-81

Medina Sánchez, E.I. 2003. Determinación de los requerimiento de la germinación de la semillas de tres especies de leguminosas del estado de Michoacán con potencia para restaurar. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México. 37-38 pp.

Pérez, S. y Torralba A. 1997. Fijación de nitrógeno para seres vivos. Seminario Fisiológico Vegetal; Facultad de Biología Ovido. pp. 13-19.

Perret S., Michelllon, R., Boyer, J. y Tassin, J. 1996. Soil rehabilitation and erosion control through angroh agro-ecological practices on Reunion Island (French overseas territory, indian ocean). Agriculture Ecosystems & Environment. 59: pp.149-157.

Porta, J., López –Acevedo, M., Roquero,C. 1993. Edafologia para la agricultura y el medio ambiente, Edic, Mundi- Prensa, Madrid, España. pp.48.

Prismack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, F. Massardo. 1998. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Editorial fondos de cultura económicas. México.pp. 88

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y Colaboradores, 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. ed; Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y el uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). México. 1406. pp.251.

Smith, R. L. y T.M. Smith. 2000. Ecología. 4° edición. Editorial Addison Wesley. España.pp. 134, 135, 137.

Vázquez- Yanes, C. A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y Sánchez Wilson, C.L. y W. E. Lomis. 1980. Botánica. Utha, S.A. de C.V. México. pp. 204, 227-230 y 233-234.

Wilson, C.L. y W. E. Loomis. 1980. Botánica. 4th edición. Editorial, Hispano-Americana. México. pp- 656.

8. CONCLUSIONES GENERALES.

Del ensayó de tiempo de saturación y escorrentía con especies de leguminosa bajo dos pendientes distintas se encontró que a ambos ángulos (9° y 18°), *Lupinus elegans* fue la especie que retuvo con mas tiempo el agua antes de escurrir fuera de la charolas. Sin embargo, las charolas con especies combinadas fueron las que perdieron menos suelo en las dos pendientes. Esto indica que son diferentes características del dosel las que influyen en la intercepción de la lluvia y en la retención del suelo. Las plantas de *L. elegans* presentan un dosel de mayor altura pero las charolas con una combinación de especies tienen una cobertura más densa. En el segundo experimento, del efecto de la profundidad de sembrado en la germinación de *Lupinus elegans* y *Crotalaria pumila*, se encontró que la profundidad optima de germinación para *Lupinus elegans* fue de 1 cm y 1.5 cm, y para *Crotalaria pumila* la profundidad optima se presentó en 1.5 y 2 cm. En ninguna de las 2 especies se presentaron diferencias significativas con respecto a las diferentes profundidades, sin embargo encontrar la profundidad óptima permite llevar a cabo el sembrado en campo de manera adecuada.

En el tercer experimento se observó en la primera evaluación de las 3 diferentes pendientes que la especie que logró una mayor altura fue *Crotalaria pumila*. Sin embargo fue *L. elegans* la especie que mejor desempeño mostró bajo todas las condiciones de este experimento, lo que la convierte en una especie con potencial para la revegetación de sitios severamente erosionados que en el pasado estaban cubiertos por bosques de pino y pino-encino.

9. LITERATURA GENERAL.

Adams L. 1971. Ruptura de la latencia en la semilla. En problema de la investigación Botánica, Limusa-wiley, México. 193-196. pp.

Ashton, P. M. S., S. J. Samarasinghe, I. A. U. N. Gunatilleke y C. V. S.

Gunatilleke.1997. Role of legumes in release of sucesionally arrested grasslands in the central hills of Sri Lanka. Restoration Ecology 5: 36-43.

Aureoles-Celso, E. 2004. Estudios de nodulación en *Lupinus elegans* (Fabaceae) una especie con potencial para ser utilizada en proyectos de restauración ecológica en la Meseta Purépecha. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 44 pp.

Baskin, Carol y Jerry M. Baskin. 1998. Seeds Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination Academic Press. San Diego California USA.

Barreto Barriga, O, 2005. Determinación de la asignación de biomasa a partes aéreas y raíces en 3 especies de leguminosas herbáceas nativas del estado de Michoacán en relación con la capacidad de retener el suelo. Tesis profesional.

Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. México. 37-38 pp.

Becker, M. and D. E. Johnson. 1998. Legumes as dry season fallow in upland rice-based systems of West Africa. *Biology and Fertility of Soils* 27 (4): 258.

Bidwell, R. G. S. 1979. *Fisiología Vegetal*. A. G. T. Editores S.A. México. pp.207-208

Bradshaw, A. D., R. H. Marrs, R. D. Roberts, and R. A. Skeffington. 1982. The creation of nitrogen cycles in derelict land. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B Biological Sciences* 296:559-563.

Cronquist A 1992. *Introducción a la Botánica*, Editorial Continental, México. pp 107-111

Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte Técnico del Proyecto J084. CONABIO Instituto de Ecología, UNAM. pp. 6 - 8.

Edeso, J. M. Y Merino. 1999. Soil erosion under different harvesting managements in sepi forestlands from northern Spain. *Land Degradation & Development*. 10 (1): 79-88.

Echegaray – Alemán, R. 1995. Ciclo de nitrógeno, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de posgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. México pp 15 - 19.

Farías Rodríguez, R. 1989. Las Poblaciones Bacterianas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum* L.) Tesis de Maestría. CINVESTAV Unidad Irapuato, México pp 7-12.

Gonzalez-Zertuch, L., A. Orozco-Segovia y C. Vazquez-Yanes. (2000). El ambiente de las semillas en el suelo; su efecto en la germinación y en la sobrevivencia de la plántula. Biol. Sor. Bot. Mexico. 65:73-81.

Giménez, J. E. y M. I. Saalerno. 2002. Rehabilitation of desurfaced soils by afforestation in La Plata County, Argentina. Land Degradation & Development. 13 (1): 69-77.

Greenberg, R., P. Bichier and J. Sterling. 1997. Acacia, cattle and migratory birds in southeastern Mexico. Biological Conservation 80:235-247.

Hanley, M. E., J. E. Unna, J.B. Darvill. (2003). Seed size and germination response: a relationship for fire following plant species exposed to thermal shock. Oecologia 134:18-22.

Huyghe, c. 1997. White lupin (*Lupinus albus*). Field Crops Research 53:147-160.

Kimoto, A. y T. Mizuyama. 2002. Spatial and temporal changes of vegetation cover in granite mountains in central Japan: A GIS-based approach. *Land Degradation & Development* 13 (4): 345-357.

Lal, R. 1990. *Soil erosion in the tropics: principles & management*, R.R. Drenth & Sons Company, USA. pp. 140.

Lu, D. y E. Moran, et al. 2002. Linking Amazonian secondary forest growth to soil properties. *Land Degradation & Development* 13(4): 331-343.

Loumeto, J.J. y Huttel, C. 1971. Understory Vegetation in fast-growing tree plantation on savanna soils in Congo. *Forest Ecology and management*. pp 65-81

MacArthur, R.H., y E. Wilson (1967), *The Theory of island Biogeography*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey. Texto clásico sobre el modelo de biogeografía de islas que ha influido enormemente la biología de la conservación.

Marchiol, L. and S. Cesco. 2000. Germination and initial root growth of four legumes as affected by landfill biogas atmosphere. *Restoration Ecology*. 8(1): 93-98.

Misak, R. F. Y J.M. Al-Awadhi. 2002. Soil degradation in Kabd area, southwestern Kuwait City. *Land Degradation & Development*. 13 (5): 403-415.

Mislevy, P., W. G. Blue, y C. E. Roessler. 1990. Productivity of clay tailings from phosphate mining: Forage crops. *Journal Of Environmental Quality*. pp. 19:694-700.

Nebel, B. J. y R. T. Wright. 1999. Ciencias ambientales. 6° edición. Editorial Pearson Educación Prentice Hill. México. pp. 221-222.

Otto, J, H., A. Towley y M. E. Madrick. 1982. Biología Moderna. Editorial Interamericana. México. pp., 618.

Perret S., Michellon, R., Boyer, J. y Tassin, J. 1996. Soil rehabilitation and erosion control through agro-ecological practices on Reunion Island (French overseas territory, indian ocean). Agriculture Ecosystems & Environment. 59: pp.149-157.

Pérez, S. y Torralba A. 1997. Fijación de nitrógeno para seres vivos. Seminario Fisiológico Vegetal; Facultad de Biología Ovido. pp. 13-19.

Porta, J., López –Acevedo, M., Roquero, C. 1993. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Edic, Mundi- Prensa, Madrid, España. pp.48.

Prismack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo, F. Massardo. 1998. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas. Editorial fondos de cultura económicas. México. pp. 88

Renato, C 2002 Reforestacion mas que plantar arbolitos, revista ¿Cómo vez? Mexico 40: 30.

Rickert B. F. 1971. “Efecto de la luz y otros factores en la germinación de la semillas.” En problema de investigación en Botánica. Limusa-Wiley. México. 281-284 pp.

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y Colaboradores, 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. ed; Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y el uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). México. 1406. pp.251.

Tyler, G. 1994. Ecología y Medio Ambiente. Séptima edición. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México. pp.347

Salisbury F. B.- Clean W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal, Iberoamericana, México. pp.540 – 612.

SEMARNAT. 1997. Estadísticas del Medio Ambiente: informes de la situación en general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1995- 1996. México.

Smith, R. L. y T.M. Smith. 2000. Ecología. 4° edición. Editorial Addison Wesley. España. pp. 134, 135, 137.

Vázquez- Yanes, C. A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y Sánchez Wilson, C.L. y W. E. Lomis. 1980. Botánica. Utha, S.A. de C.V. México. pp. 204, 227-230 y 233-234.

Varela, M. E. y E. De Blas. 2001. Physical soil degradation induced by deforestation and slope modification in a temperate-humid environment. Land Degradation & Development 12 (5): 477-484.

Vázquez- Yanes, C. A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte Técnico del Proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM. pp. 6 - 8.

Wilson, C.L. y W. E. Loomis. 1980. Botánica. 4th edición. Editorial, Hispano-Americana. México. pp- 656.