

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS
DE RESTAURACION ECOLOGICA EN AREAS
DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSI, GALEANA,
NUEVO LEON, MEXICO

TESIS DE MAESTRIA

PRESENTA

ING. ARTEMIO CARRILLO PARRA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES

LINARES, NUEVO LEON

OCTUBRE, 2003

TM

Z59

FCF

200

.C3



1020149226

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL
CERRO EL POTOSÍ, GALEANA,
NUEVO LEÓN, MÉXICO**

TÉSIS DE MAESTRÍA

REALIZADO POR:

ING. ARTEMIO CARRILLO PARRA

**requisito para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN

OCTUBRE, 2003

997-50

TH
25991
TCF
2003
.C37



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

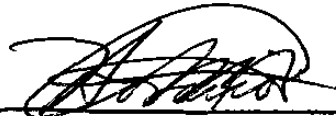
**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL
CERRO EL POTOSÍ, GALEANA,
NUEVO LEÓN, MÉXICO**

TÉSIS DE MAESTRÍA

REALIZADO POR:

ING. ARTEMIO CARRILLO PARRA

COMITÉ DE TESIS



**Dr. Horacio Villalón Mendoza
PRESIDENTE**



**Dr. Javier Jiménez Pérez
VOCAL**

LINARES, NUEVO LEÓN



**Dr. Ricardo López Aguillón
VOCAL**

OCTUBRE, 2003

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mi agradecimiento a las personas e instituciones que contribuyeron para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico con una Beca-Credito

A la Fundación TELMEX por haberme distinguido en aceptarme como un becario TELEMEX.

Al Arq. Arnoldo Rangel y el Ing. Rodolfo Siller Serna jefes de Área del departamento de Planta Exterior de Teléfonos de México y al Sindicato Nacional de Telefonistas por brindarme en todo momento las facilidades necesarias para culminar con esta etapa de mi formación.

Al Dr. Horacio Villalón Mendoza por su amistad, apoyo y orientación para la realización de la presente investigación y mi vida futura.

Al Dr. Ricardo López Aguilón quien por sus conocimientos en el tema siempre hizo aportaciones valiosas, pero sobre todo por su amistad.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez por su amistad y por las observaciones realizadas al presente.

A todos los *catedráticos* de la Facultad de Ciencias Forestales UANL y en especial al Dr. Enrique Jurado, Dra. Maricela Pando, Dr. Eduardo Estrada, Dr. Antonio Domínguez, M.C. Rolando Guerra, y Dr. Eduardo Treviño a quienes admiro y son mi modelo a seguir.

A todo el personal de la Facultad de Ciencia Forestales, UANL por brindarme su amistad y haberme permitido convivir con ustedes.

A los compañeros de maestría con quienes pude convivir en este breve tiempo, en especial a los Compadres José Juan y Maribel, Genaro, Dora, Luis, Nelly, Regina y Pedro, Tamara, Arturo, Jesús, Pilar, Salvador, Tala, Javier y Lalo

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

ROSA ICELA

Y

A MIS HIJOS:

KARLA GISELA Y JOSÉ ARTEMIO

**Por llenar mi vida de alegría y ser mi motor y el
más grande motivo para superarme.**

A MIS PADRES:

ROSA MARÍA PARRA ALMARAZ Y ARTEMIO CARRILLO GARZA

**Por la confianza que han depositado en mí y
su comprensión en la búsqueda
de nuevos horizontes**

Y CON ESPECIAL CARIÑO

A MIS HERMANOS: SONIA LUZ

JUAN CARLOS

Y LUIS ANTONIO.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. HIPÓTESIS	14
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	16
6. METODOLOGÍA	17
6.1 Selección del Sitio	17
6.2 Diagnóstico General	17
6.2.1 Características físicas	17
6.2.1.1 Situación geográfica	17
6.2.1.2 Fisiografía	18
6.2.1.3 Geología	19
6.2.1.4 Suelos	20
6.2.1.5 Clima	21
6.2.2 Características Biológicas	22
6.2.2.1 Tipos de vegetación	22
6.3 Instalación del ensayo	23
6.4 Monitoreo	24
6.4.1 Pérdida de suelo	24
6.4.2 Cobertura a nivel suelo	26
6.4.3 Medición de sobrevivencia de las plantas de <i>Pinus culminicola</i> Andresen & Beaman	28

7. RESULTADOS	29
7.1 Análisis de la pérdida de suelo	29
7.2 Cobertura del suelo	33
7.2.1 Suelo desnudo	35
7.2.2 Pedregosidad	38
7.2.3 Roca madre	40
7.2.4 Materia orgánica	43
7.2.5 Material vegetativo	45
7.3 Reforestación	47
8. DISCUSIÓN	49
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
10. RESUMEN	54
11. ABSTRACT	56
12. LITERATURA CITADA	57

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>		<i>Página</i>
1	Localización del Cerro Potosí, Galeana, Nuevo León	17
2	Ubicación del área de estudio	18
3	Geología del área de estudio	19
4	Tipos de suelo encontrado en el área de estudio	20
5	Diagrama ombrotérmico del área de estudio	21
6.	Forma en que se colocaron los clavos con rondana en cada una de las parcelas	25
7	Esquema que muestra la manera en la que se trazaron los transectos en cada parcela muestreada para determinar la cobertura del suelo.	27
8	Muestra la manera en que se registró cada punto en los transectos	28
9	Valor medio de la pérdida de suelo por bloque.	29
10	Comparación de los tratamientos ensayados	31
11	Valor medio de la pérdida de suelo en cada tratamiento y altitud.	32
12	Cobertura media encontrada en el ensayo a diferentes fechas.	33
13	Cobertura media a la altitud de 3,691 m	34
14	Cobertura media a la altitud de 3,459 m	35
15	Porcentaje medio de la cobertura de suelo desnudo del año 2001 con respecto al año 2000	36
16	Porcentaje medio de la cobertura de suelo desnudo en las dos altitudes ensayadas.	37
17	Porcentaje medio de la cobertura de suelo desnudo en los cuatro tratamientos ensayados	37

18	Porcentaje medio de la cobertura de piedras	39
19	Porcentaje medio de la cobertura de piedras en las dos altitudes ensayadas	39
20	Porcentaje medio de la cobertura de piedras en los cuatro tratamientos ensayados	40
21	Porcentaje medio de la cobertura compuesta por roca madre de un año con respecto a otro	41
22	Porcentaje medio de la cobertura de roca madre en las dos altitudes ensayadas	42
23	Porcentaje medio de la cobertura de roca madre en los cuatro tratamientos ensayados	42
24	Porcentaje medio de la cobertura compuesta por roca madre de un año con respecto a otro	44
25	Porcentaje medio de la cobertura de materia orgánica	44
26	Porcentaje medio de la cobertura de materia orgánica en los cuatro tratamientos ensayados	45
27	Porcentaje medio de la cobertura compuesta por material vegetativo	46
28	Porcentaje medio de la cobertura de material vegetativo	46
29	Porcentaje medio de la cobertura de material vegetativo en los cuatro tratamientos ensayados	47
30	Porcentaje de sobrevivencia de la especie <i>Pinus culminicola</i>	48
31	Porcentaje medio de la sobrevivencia a dos diferentes alturas	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Localización de los bloques	23
2	Pérdida de suelo en cada uno de los tratamientos	30
3	Valores resultantes del análisis de varianza realizado para el suelo desnudo	36
4	Análisis de varianza de la pedregosidad	38
5	Análisis de varianza de roca madre	41
6	Resultado del análisis de varianza para Materia Orgánica	43
7	Resultado del análisis de varianza de material vegetativo	45

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

1. INTRODUCCIÓN

México posee 141.7 millones de hectáreas que están cubiertas por terrenos forestales, SEMARNAT (2000) de las cuales 56.8 millones de hectáreas están constituidas por bosques y selvas lo que corresponde al 39 %, se estima que 20 millones de hectáreas arboladas (14 %) tienen potencial para la producción maderable sustentable. En la actualidad se aprovechan 9 millones de hectáreas con programas de manejo.

El Inventario Forestal Nacional de 1994 mostró que la superficie con potencial de producción forestal maderable y no maderable es de 109.2 millones de hectáreas (73.4%), 30.6 millones de hectáreas (20.6%) requieren de algún tipo de trabajo de restauración y 9.0 millones de hectáreas (6.0%) se clasifican como zonas de conservación.

Las cifras de deforestación del país Según SEMARNAT, (2001) Tomado de WRM, (2002) establece que durante los últimos siete años, la tasa anual de deforestación creció a 1,1 millones de hectáreas.

Los ecosistemas forestales son afectados por diversos factores, que inciden en su degradación y deforestación: los principales son: desmontes con un 94%, incendios forestales con 2.1%, cambio de uso del suelo con autorización con 1.3 %), las talas clandestinas con 1.0%, plagas y enfermedades forestales con un 0.5% y otros con 1.0%, SEMARNAT (2000).

A lo anterior hay que señalar que la acción del hombre ha incrementado los riesgos de degradación debido a los efectos de las perturbaciones asociadas con el manejo intensivo que se hacen en los suelos sin un conocimiento adecuado de su dinámica, llevando consigo un deterioro acelerado del ecosistema (Pritchett, 1986 citado por González *et al.* 1990).

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

El fuego es un fenómeno natural recurrente que regula y promueve diversos procesos de intercambio de energía de los ecosistemas. Estos eventos han ocurrido con mayor o menor intensidad a través de los tiempos, sin embargo actualmente su presencia despierta una fuerte inquietud en la población por el peligro que representan directamente sobre los asentamientos humanos, que han invadido paulatinamente las áreas silvestres e indirectamente, considerando sus efectos directos sobre el clima global al incrementar la producción de bióxido de carbono, como producto de la combustión y por la destrucción de grandes masas de vegetación que contribuyen a la captación del mismo y a la producción de oxígeno (Treviño *et al.*, 2000).

Con base en estadísticas y reportes de la Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y de Suelo para el año 1999 se registraron en el país 7,954 incendios, ocasionando daños en 230,078 hectáreas; para el año 2000, el número de eventos ascendió a 8,544, afectando 224,065 hectáreas, y en el 2001, los incendios forestales registrados fueron 6,304, afectando a 135,084 hectáreas; finalmente para el año 2002 el reporte final fue de 8,134 incendios, con una superficie total afectada superior a las 197 mil hectáreas.

Aunado a lo anteriormente mencionado, según la SEMARNAT (2001) la erosión continúa siendo uno de los principales problemas que afecta nuestro territorio, ya que cada año las superficies erosionadas aumentan y las superficies de los bosques se ven disminuidas considerablemente.

Es por ello, que el tema de restauración adquiere importancia cuando por diversas circunstancias se destruye de forma parcial o totalmente un área. Es cuando requerimos de todo el cúmulo de conocimientos para estar en condiciones de revertir el proceso que originó la afectación en el sitio.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

El término de restauración ecológica se refiere a un programa coordinado de actuaciones a mediano y largo plazo donde se intenta restablecer la organización y funcionamiento de un ecosistema degradado o dañado (SER, 2001).

La restauración puede ser orientada a realizarse en dos sentidos: a) en el sentido estricto, la cual busca realmente la alteración intencional de un sitio para establecer un ecosistema indígena histórico y b) la restauración en un sentido laxo que busca sólo detener la degradación y redirigir el ecosistema con disturbio en una trayectoria semejante a la que presumiblemente prevalecía en él antes del disturbio.

Así mismo, la rehabilitación es definida como los sistemas de restauración que no pretenden recuperar las funciones del sistema ecológico, sino a uno o varios elementos particulares de su estructura que por lo general, coinciden con especies incluidas en leyes y convenios nacionales e internacionales de conservación.

2. ANTECEDENTES

Deterioro del ecosistema

Vázquez (1987) citado por Chávez (1990), establece que los dos más graves factores de deterioro de los ecosistemas son incendios y la erosión.

Richard (2001) establece que la dominancia de los pinos en comunidades forestales depende en gran medida de la presencia del fuego. Este mismo autor establece que las áreas con pino en el continente americano responden en dos distintas maneras a la presencia de fuego. Áreas que sus componentes toleran períodos de incendios y mantienen su estructura y áreas que sus componentes no toleran períodos de fuego, pero eventualmente pueden reestablecerse cuando se presenta un incendio.

Restauración ecológica

Aronson *et al.* (1993) mencionan que la **Restauración Ecológica** es entendida por la Sociedad de Restauración Ecológica como “la alteración intencional de un sitio para establecer un ecosistema indígena histórico”. La meta de este proceso busca emular la estructura, funcionamiento, diversidad y dinámicas del ecosistema especificado.

Society for Ecological Restoration (SER) ó La Sociedad para la Restauración Ecológica tomado de Jiménez *et al.* 2002 define a la **Restauración ecológica** como el procedimiento de reparación de daños a la diversidad biológica y los procesos dinámicos de los ecosistemas, causados por perturbaciones naturales o acciones antropogénicas y subraya que no se trata sólo de rescatar especies, sino recuperar las interacciones y procesos ecológicos, donde las especies están relacionadas entre sí y con el medio abiótico, además se trata de generar sistemas

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

que funcionen de acuerdo con los principios ecológicos, que logren una sustentabilidad y que se integren a su contexto.

La restauración ecológica, para Mclever y Starr (2001), es definida como “el proceso que ayuda a la recuperación y el mantenimiento de la integridad ecológica.” Incluyendo un “rango crítico de variabilidad en la biodiversidad, procesos ecológicos y estructuras regionales en un contexto histórico y prácticas culturales sustentables”.

Una de las técnicas de rehabilitación más común y quizá la más utilizada por los restauradores de los ecosistemas es la revegetación de áreas mediante la dispersión de semillas, plántulas, regeneración natural o exclusión de áreas, mismas que promueven la recuperación de la vegetación.

En una plantación efectuada en 1992 con la especie *de Encelia californica*, en un sitio degradado, Bowler (2002) reporta sólo un 4 % de mortalidad.

En sus estudios sobre la regeneración natural del bosque mesófilo de montaña (BMM) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán Ortiz *et al* (2001). indica que las especies arbóreas típicas del BMM pueden colonizar el sotobosque de los pinares, en sitios con suelos húmedos y relativamente fértiles. Esto fue el resultado que se obtuvo de la investigación en la que examinaron el potencial de establecimiento de tres especies arbóreas del BMM: *Fraxinus uhdei*, *Magnolia iltisiana* y *Quercus salicifolia* bajo el dosel de *Pinus douglasiana*.

Beyers *et al.* (1998), encontraron que la siembra de semillas del pasto “ryegrass” (*Lolium multiflorum*) en California, es adecuada para incrementar la cobertura a nivel del suelo e importante para reducir la erosión en las pendientes después de aplicar quemas prescritas, sin embargo reduce la regeneración de especies nativas en el primer y segundo año después del fuego, además de incrementar el riesgo de un incendio temprano.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Wohlgemuth (1998) por su parte en una investigación encontró al sur de California que la siembra de pasto "ryegrass" (*Lolium multiflorum*) después de la presencia de incendios es sólo una solución parcial para reducir la erosión.

En comunidades de bosque en Nuevo León, Jiménez *et al.* (2002) encontró que después de haber estado sometidas estas a la acción del fuego, tienen gran capacidad de responder en forma natural mediante un proceso de sucesión ecológica, y donde las plantas herbáceas tienen un papel fundamental dentro de la restauración ecológica, la dinámica de los tipos de floras presentan variaciones de las especies, formas biológicas, mecanismos de dispersión, tanto en tiempo, como en espacio, que se reflejan en la presencia de diferentes especies de plantas que van brotando dentro del proceso de restauración ecológica natural del ecosistema bosque. Además establece que después del siniestro, en las áreas incendiadas, por la acción de la humedad, temperatura, condiciones ambientales favorables y la actividad en los bancos biológicos (semillas, frutos y estructuras vegetativas de las especies que ahí habitan) se inicia la aparición de diversas especies de plantas herbáceas y arbustivas, resultante de la germinación de frutos, semillas o rebrotes de raíces tallos subterráneos tipo bulbos o rizomas.

En este mismo trabajo se logró determinar en áreas incendiadas del Parque Chipinque en Monterrey, Nuevo León, México en 1998, la función que realizan 49 especies, entre herbáceas típicas, herbáceas postradas, bulbosas y trepadoras, arbustivas, arbustivas rizomatosas y arbustivas trepadoras, las cuales pueden ser consolidadoras y estabilizadoras del suelo.

En una área incendiada en EL Cerro el Potosí en Galeana, Nuevo León, Jiménez *et al.* (1999) encontraron que existe dificultad para establecerse la regeneración natural; lo anterior a consecuencia de diversas actividades antropogénicas como el pastoreo y la modificación al ambiente ocasionado por las instalaciones de estructuras de navegación aérea y los visitantes.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Anderson *et al.* (2001) en su estudio para determinar los cambios de vegetación durante 25 años en un área que fue periódicamente quemada de manera intencional, encontraron que después de una quema, normalmente se presentan las herbáceas y posteriormente las especies leñosas, concluyen finalmente que en los sitios donde los pastos son una importante barrera para la regeneración, el pastoreo puede facilitar el establecimiento de arbustos al crear un microclima más adecuado para el establecimiento de especies de árboles de bosque montañoso.

Con la finalidad de determinar los efectos iniciales de quemas controladas en bosques de encino, Blake (2000) encontró que el número de árboles pequeños, arbustos y follaje fue menor en las parcelas donde no se realizó quema.

Para realizar monitoreos de los cambios ecológicos y determinar modelos de sucesión vegetal Vance y Entry (2000) usaron las propiedades químicas y biológicas del suelo examinando la cantidad de C, N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, B, Zn, Mo, y Al, biomasa microbiana y concluyen que el uso de estos son de gran utilidad.

Erosión

La erosión es definida por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España MOPT (1992) como el resultado del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, que produce disgregación de los agregados del suelo, es por ello que las partículas de menor tamaño (arcilla, limo) quedan "libres" (desagregadas, sin cohesión entre sí a través de los coloides de arcilla y de materia orgánica), pudiendo ser trasladadas por el agua de lluvia que no consigue infiltrarse en el suelo (agua de escorrentía). De forma similar a la erosión hídrica antes descrita; la acción del viento sobre la superficie del suelo puede tener una acción muy negativa en determinadas áreas, destruyendo los agregados naturales y desplazando las partículas de menor tamaño (erosión eólica). Además esta misma fuente revela que las tasas de pérdida de suelo debidas a la erosión son muy

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

variables, desde unas pocas toneladas de suelo por año (que pueden no tener mayor importancia por coincidir "grosso modo" con la capacidad de regeneración o formación del suelo) a decenas o incluso centenas de toneladas de suelo por año, lo que originaría que en unas décadas el suelo fuera mucho menos productivo o incluso dejara de ser apto para usos agrícolas.

Las causas de la erosión pueden ser abióticas y bióticas. De las causas abióticas, el agua y el viento son los principales agentes. La actividad humana se ha convertido en la principal causa biótica, inclusive puede dominar todas las causas de la erosión de suelos. Algunos se refieren a la erosión causada por el hombre como erosión antropogénica, otros como erosión secundaria que sería lo opuesto a erosión natural o primaria, como por ejemplo, terremotos, grandes tormentas y sequías severas FAO (1991).

La erosión que sufre un suelo esta en función de la:

1. Erosividad - capacidad potencial de la precipitación de causar erosión en un período determinado. La erosividad de la lluvia está en función de la intensidad, duración y época de la precipitación.
2. Erodabilidad - susceptibilidad del suelo a la erosión, debido a la facilidad de desprendimiento de sus partículas por acción del agua o el viento, la pendiente y clase textural. La erodabilidad es dinámica, y cambia durante una tormenta, durante el año o de año con respecto a otro. Los suelos pueden variar en su contenido de humedad y con ello en su resistencia a la erosión.
3. Cobertura - vegetación natural, los cultivos o cualquier otro tipo de cobertura que protege el suelo. La infiltración puede alterarse si la cubierta vegetal se remueve. La relación entre la erosión y la cobertura vegetal es compleja.
4. Manejo - uso de la tierra, manejo del suelo, cultivo, método de cultivo, patrón de cultivo, método de labranza, uso de cobertura muerta.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Oropeza *et al.* (1990) encontraron en su estudio para determinar la cantidad de material erosionado en Quechultenango, Guerrero, México, que la erosión fuerte se presenta en los sitios donde la actividad del hombre se lleva a cabo en pendientes pronunciadas, estando estrechamente relacionadas con la agricultura y en menor grado con la ganadería. Estos autores encontraron que los valores más altos de erosión están dentro del orden de 227 t/ha/año.

La compactación del suelo da lugar a una reducción en la velocidad de infiltración del agua, incrementando los escurrimientos y, con ello, el arrastre de materiales minerales y orgánicos. Lo que impide o dificulta el establecimiento de nuevas plantas quedando el suelo cada vez más expuesto a la erosión (Pando, 2002).

Para la estimación de la pérdida de suelo se pueden utilizar métodos directos e indirectos (Gutiérrez, 2002), de los métodos directos se pueden citar el denominado método de clavos y rondanas, propuesto por el Colegio de Postgraduados (1991), método de varillas; método de las cajas de Gerlach y método de las Parcelas de escurrimiento (Rey, 1996). De los métodos indirectos más utilizados se puede mencionar la ecuación universal de la Pérdida de Suelo Universal Soil Loss Equation (USLE) y la ecuación universal revisada para la estimación de la Pérdida de suelo (RUSLE); Proyecto para la Predicción de la Erosión Hídrica (Gutiérrez, 2002).

En un trabajo realizado por Díaz *et al.* (2001) en el estado de Michoacán se evaluó la influencia de especies arvenses en el control de la erosión hídrica en sitios con diferente tipo de siembra y afectados por quemas, ahí se encontró que la erosión de suelo va de 179.8 kg/ha a 12,768.8 kg/ha y que la escorrentía y pérdida de suelo tienen correlación directa positiva además de que las correlaciones entre cobertura vegetal, escorrentía y sedimentos son negativas.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Cobertura vegetal

El uso de la cobertura vegetal como indicador de la desertificación es un factor muy utilizado, (Pando, 2002) se asume que a menor cobertura corresponde un mayor grado de desertificación, lo cual puede ser erróneo. Por ejemplo, bajo alguna perturbación, un área puede perder su vegetación natural y verse invadida por una especie más agresiva, aumentando la cobertura total del área sin que esto signifique que la condición del sitio haya sido mejorado, mucho más fácil resulta el uso de la cobertura vegetal como indicador cuando se pretende evaluar la condición de un sitio que cambia su uso de suelo.

La desertificación puede medirse por la reducción en la productividad de las plantas "deseables" o bien, por la reducción, a largo plazo, de la productividad y diversidad de las plantas y animales "útiles" para el ser humano (Milton *et al.*, 1994), citado por Pando, (2002).

Con las variables dominancia y cobertura vegetal, Jiménez *et al.* (1999) establecen que el número de individuos presentes de la especie *P. culminicola* en El Cerro el Potosí, Galeana Nuevo León se incrementa en forma proporcional al gradiente altitudinal.

Área Natural Protegida Cerro el Potosí, Galeana, N.L. México

El Cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León, México esta catalogado como Área Natural Protegida (ANP) número 85 (El Potosí – Cumbres de Monterrey) por CONABIO (2002). Esta ANP presenta una superficie de 4,200 km². la cual es caracterizada por una variedad de tipos de vegetación, de los que sobresalen los bosques de pinos con predominancia de *Picea sp.*, *Pseudotsuga sp.* y *Abies sp.*, con áreas de chaparral, matorral submontano, matorral desértico, rosetófilo y otros. Con una gran diversidad de tipos de vegetación y de especies de

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

importancia fitogeográfica tales como *Pinus greggii*, especies de *Abies sp.*, *Pseudotsuga sp.*, *Juniperus sp* y endemismos como *Pinus culminicola* y los géneros *Astragalus sp.* y *Lupinus sp.*; además considera esta ANP como una isla biogeográfica CONABIO (2002).

El relieve, el contraste altitudinal debido a la topografía de la Sierra Madre Oriental, la exposición, los tipos de suelos y su capacidad de retener la humedad y los regímenes de precipitación, influenciados por la penetración de las masas de aire húmedo provenientes del Golfo de México, constituyen un intrincado sistema de factores ecológicos que regulan la vegetación de la Sierra Madre Oriental, compuesta principalmente por Bosques.

En una pequeña área en la cima del cerro El Potosí se encuentra un tipo de vegetación denominado Prado Alpino (Alanis, 1998). A la altura de los 3000 msnm hasta la cima del cerro El Potosí se localiza un tipo especial de vegetación en forma de matorral compuesta por individuos ramificados desde la base del tallo, de baja altura menos de 2 m., de pinos enanos *Pinus culminicola* (Alanis, 1998) colindando con el prado de montaña, forma una franja continua en el declive oriental y sur, presentándose además en dos manchones aislados al suroeste y oeste de la cima. Se presenta como una comunidad densa y baja en la que el pino enano es dominante, otras especies de arbustos que se presentan dentro de éste matorral son: *Holodiscus dumosus*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Ribes ciliatum* y en menor proporción *Rubus aff. macvaughianus*, *Garrya ovata* y *Juniperus sabinooides*. En la cima del cerro sobre los 3,450 msnm, localizamos un prado de montaña cuyos componentes son principalmente dicotiledóneas: *Potentilla leonina*, *Arenaria cf. oresbia*, *Astragalus purpusii*, *Linum lewisii* y *Astranthium beamanii*, estas plantas son arrosetadas. En algunas áreas de suelos someros y pedregosos encontramos *Bidens muelleri*, *Trifolium schneideri* y *Viola galeanensis*. Esta comunidad de plantas se encuentra en la región ecotónica del matorral del pino enano *Pinus culminicola* especie vulnerable de El Potosí, acompañado de las siguientes especies: *Helenium integrifolium*, *Senecio loratifolius*, *Lupinus*

**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS
DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO**

cacuminis, *Penstemon leonensis*, *Delphinium valens* y *Euphorbia beamanii* (Alanis, 1998).

Descripción de *Pinus culminicola* Andresen & Beaman

Esta especie se localiza en la comunidad vegetal de Matorral de Pinus (Rzedowski, 1986), y esta definida por un estrecho cinturón altitudinal entre 3,450 y 3,650 msnm intercalándose con bosque de *P. hartwegii* y paradera alpina.

Árbol de talla pequeña a arbusto de 1-5 m de altura. En árboles adultos el diámetro puede ser de 16 – 25 cm, torcido y a menudo postrado; numerosas ramas, largas, torcidas y a menudo extendidas en el suelo, copa baja, muy densa y redondeada. En árboles maduros la corteza es delgada, color café claro, no presenta fisuras longitudinalmente ni transversales, pero está formada por placas pequeñas, delgadas de forma irregular, en los árboles jóvenes la corteza es delgada y gris. Hojas en fascículos de 5, la parte dorsal es de color verde azulado, la parte ventral glauco, los márgenes enteros, grueso, duro, curvado hacia el interior, 3-5 cm de longitud, 1.0 – 1.3 mm de grueso; estomas solamente en la parte ventral, un solo canal resinífero, dorsal, la vaina del fascículo 6-8 mm de longitud, café claro y curvado hacia las rosetas pero no completamente desiduo.

Distribución.

P. culminicola fue colectado por primera vez en el Cerro Potosí a los 3,500 msnm cerca de Galeana, N.L. y por muchos años se pensó que sólo se presentaba en esta localidad, Más recientemente Riskind & Patterson (1975) reportaron colectas de esta especie en la sierra Santa Marta, en Arteaga al este de Saltillo, Coahuila, y en las montañas al noreste de San Antonio de las Alazanas, este sitio se encuentra a 60 km (en línea recta) al noreste, norte y noreste del Cerro del Potosí. La población del Cerro el Potosí ahora es la que se presenta en el límite sur de esta especie

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Hábitat

Este piñón enano crece a la mayor altitud que cualquier pino del grupo de los Cembroides. Este rango altitudinal es de 3,000 a 3,500 msnm cerca de la cúspide de las montañas en las que ha sido colectado. El suelo es poco profundo, rocoso, con grava, piedra caliza, lluvia abundante, nevadas frecuente a través del año. Desafortunadamente por su altitud aíslan la localidad donde se desarrolla esta comunidad.

3. HIPÓTESIS

Existen diversas técnicas que se pueden emplear para favorecer la restauración ecológica. En el presente trabajo de investigación se plantean las siguientes hipótesis:

- La exclusión de la acción antropogénica de un área incendiada favorece la restauración ecológica.
- Es similar la respuesta del sitio a la restauración ecológica en un área excluida con plantación y otra área igualmente excluida sin plantación, después de un año de instalado el ensayo.
- La cobertura vegetal en un sitio afectado por un incendio y con pendiente, se ve favorecida al ser excluido.

4 JUSTIFICACIÓN

En México, resulta complicado contar con recursos económicos para afrontar deterioros ecológicos, más si estos se presentan en sitios con alta diversidad de comunidades vegetales. El Cerro el Potosí en Galeana, Nuevo León, México no es la excepción, pese a que en él se desarrollan especies de plantas enlistadas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-ECOL-059-94), sin mencionar el valor económico, ecológico y social que el cerro El Potosí proporciona, no se está preparado para actuar inmediatamente después de la presencia de los incendios forestales. Como sería la integración inmediata de un grupo interdisciplinario para analizar la magnitud del deterioro ecológico, para que los expertos en restauración ecológica señalen las acciones a seguir, así mismo no se cuenta con viveros especializados que puedan suministrar las plantas de las especies requeridas para hacer frente a determinada contingencia en particular. En el mejor de los casos se cuenta con algunos cuantos gramos de semillas de la especie a propagar.

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación busca evaluar el efecto de esperar uno o dos años para iniciar las labores de restauración; excluyendo en primer término el área afectada de la acción antropogénica con cercado de alambre de púas, a fin de contar con tiempo para poder recabar la información necesaria del sitio a restaurar y dar facilidades para la colecta de material germoplásmico, producción de plantas de las especies idóneas, preparación del sitio, así como su plantación.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

5. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Ensayar diferentes técnicas para restaurar áreas incendiadas en el Cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León, México.
- Comparar varios tratamientos de restauración ecológica para observar su efecto en la reducción de la pérdida de suelo en áreas afectadas por incendios forestales.
- Generar información básica sobre los beneficios de los tratamientos aplicados a áreas degradadas del Cerro el Potosí que expliquen el funcionamiento y algunos efectos ecológicos de los mismos.
- *Determinar el efecto de la exclusión de un área degradada por un incendio en el Cerro del Potosí en la cubierta vegetal de la misma.*

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

6. METODOLOGÍA

6.1. SELECCIÓN DEL SITIO

En el estado de Nuevo León, México existen alrededor de 128 mil hectáreas perturbadas según SEMARNAT (2000) con deterioro ecológico en matorrales, pastizales y bosque templados. De los sitios perturbados se seleccionó el Cerro El Potosí ubicado en el municipio de Galeana, Nuevo León, México por ser un sitio de gran necesidad e importancia ecológica y social para iniciar trabajos orientados a la restauración. Fig. 1

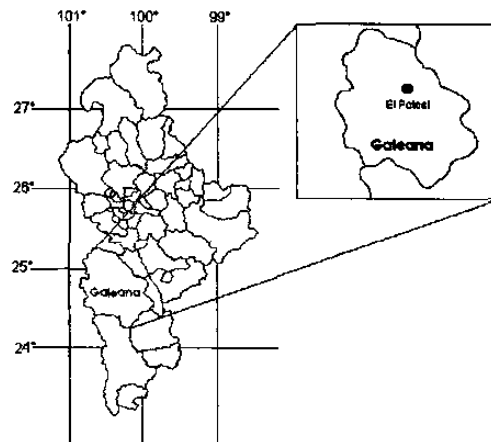


Fig. 1 Localización del Cerro Potosí, Galeana, Nuevo León (García, *et al.*, 1999).

6.2. DIAGNÓSTICO GENERAL

6.2.1 Características físicas.

6.2.1.1 Situación geográfica.

El Cerro El Potosí se encuentra dentro del municipio de Galeana al sur del estado de Nuevo León, México, ubicado entre los 24° 50' 35" y 24° 53' 16" de latitud norte y los 100° 13' 12" a 100° 15' 12" de longitud oeste. Fig. 2.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

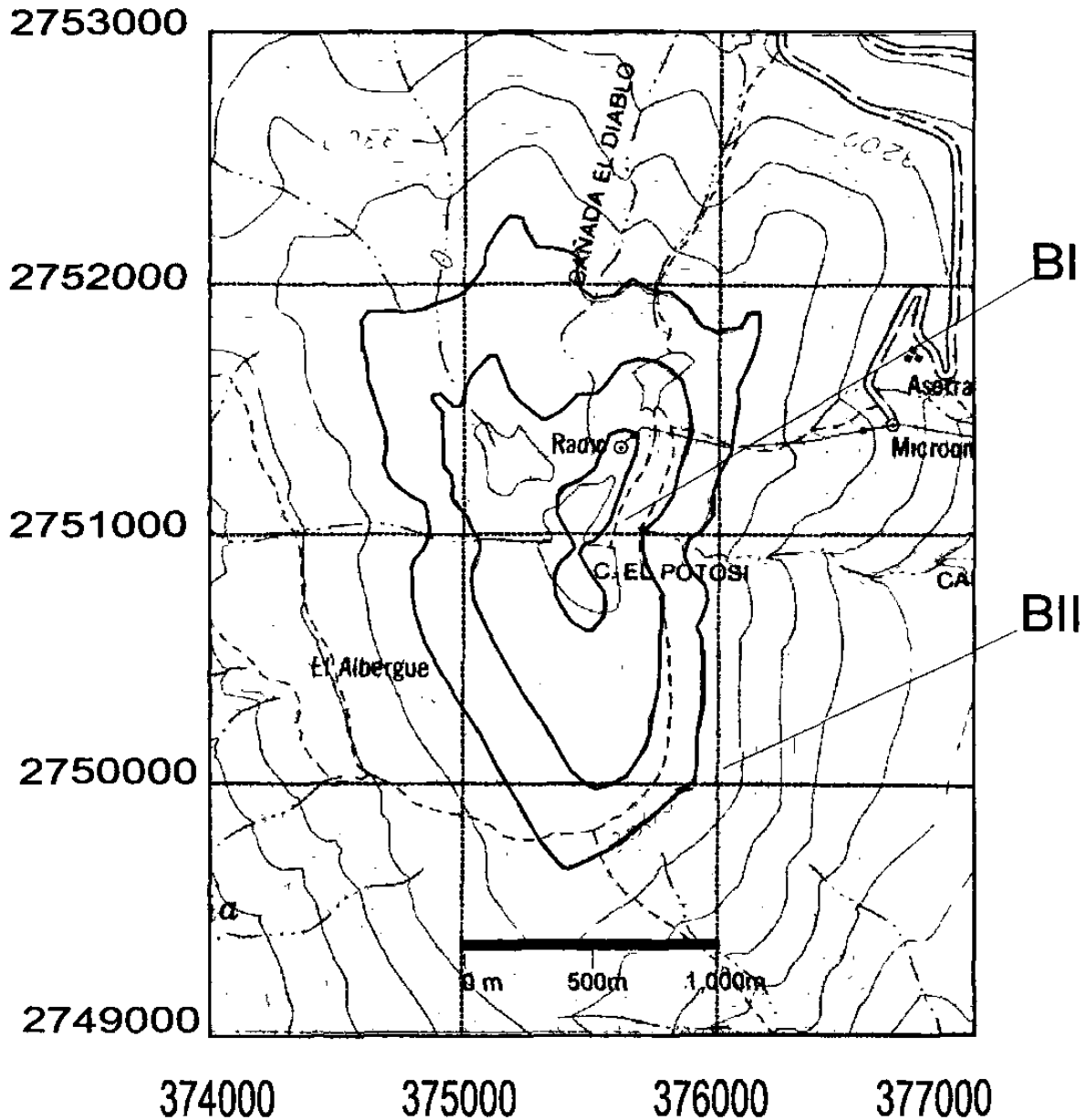


Fig. 2 Ubicación del área de estudio INEGI (1977).

6.2.1.2. Fisiografía.

El área donde se realizó el estudio pertenece a la región fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, Subprovincia de la Gran Sierra Plegada, con sistema de topomorfias de la Sierra Pliegue Flexionada, presentando una altitud entre los 2,000 metros sobre el nivel del mar (msnm) a los 3,700 msnm, INEGI (1977).

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

6.2.1.3. Geología.

El material geológico que compone al cerro El Potosí es la roca caliza de origen sedimentario marino, con yeso y lutita pertenecientes a la era del Mesozoico, con relieve de montaña, el espesor de las capas es grueso, fracturamiento intenso, interperismo somero y permeabilidad baja. INEGI (1977) Fig. 3.

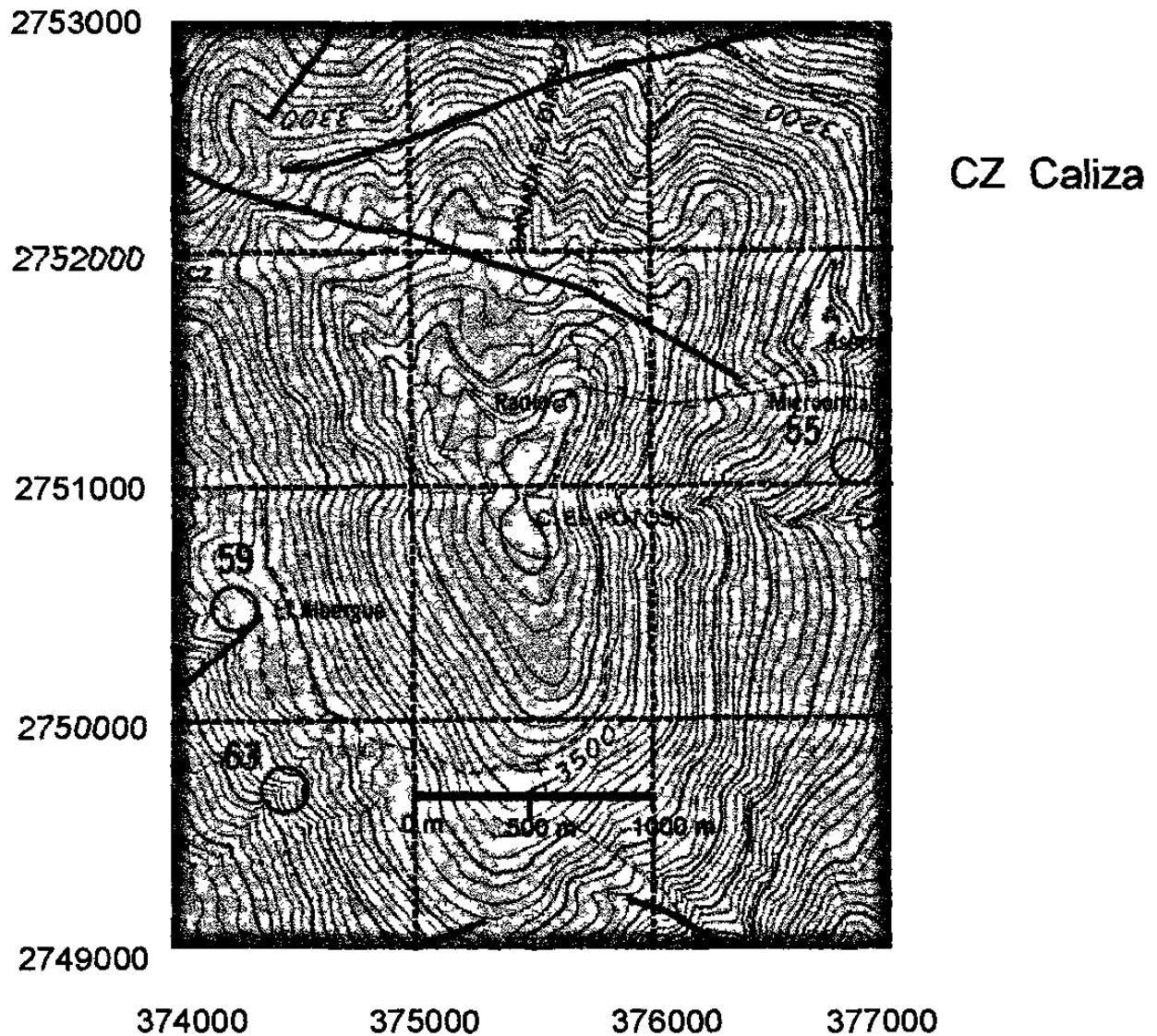


Fig. 3 Geología del área de estudio.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

6.2.1.4. Suelos.

El suelo predominante es el litosol combinado con rendzina, con menores proporciones de litosol y rendzina, además castañozem, regosol y ferozem en las laderas del oeste y suelos delgados, oscuros con alto contenido de materia orgánica, (DETENAL, 1977 y 1978) Fig. 4.

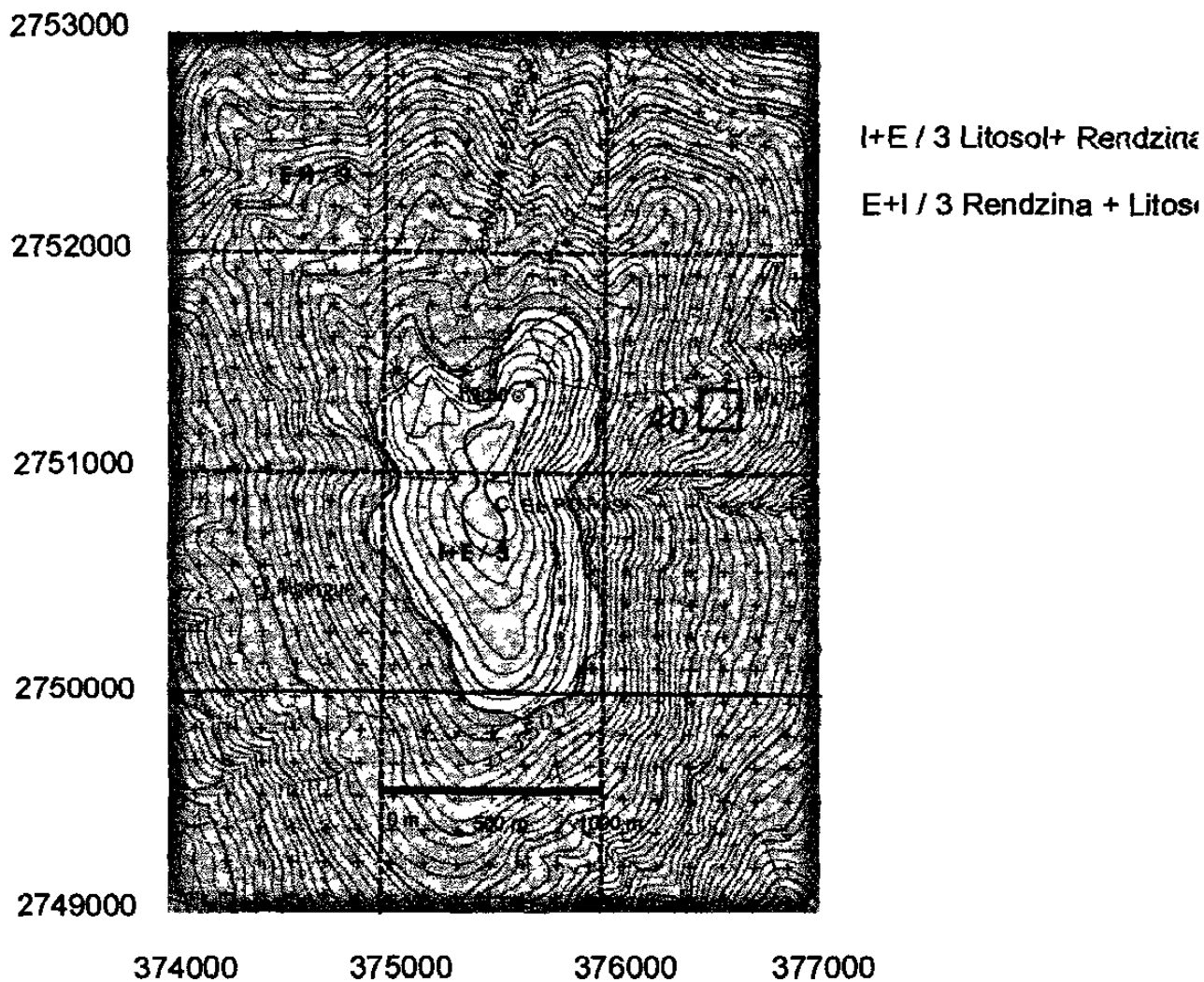


Fig. 4 Tipos de suelo encontrado en el área de estudio.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

6.2.1.5. Clima.

El clima predominante en la zona es del tipo Bshw(e)w", semiseco templado registrando lluvias escasas todo el año y más del 18% de precipitación invernal. La precipitación total anual oscila entre los 400 y 600 mm; el rango de temperatura media anual fluctúa entre los 12 y 18° C. La mayor incidencia de lluvias se presenta en mayo y agosto, con 350 a 400 mm y la mínima en marzo con menos de 100 mm (INEGI, 1986), citado por GARCÍA (1996).

Los meses más cálidos son junio y agosto con temperatura media entre 18 y 20° C (INEGI, 1986).

La figura 5 muestra los valores medios observados de temperatura y precipitación en la estación Galeana (19-015) ubicada al este del Cerro el Potosí y la estación El Potosí 19-076 ubicada al oeste del mismo cerro. (Tomado de García 1996).

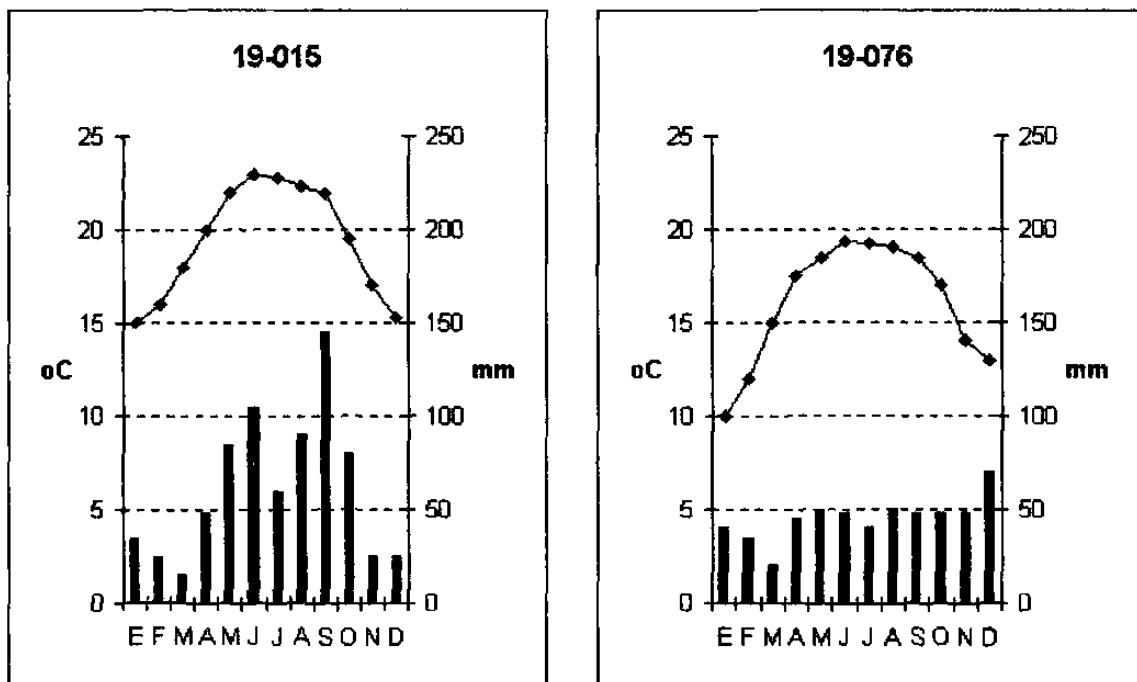


Fig. 5 Diagrama ombrotérmico de la estación Galeana (19-015) y la estación El Potosí 19-076. Tomado de (García, 1996).

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

6.2.2. Características Biológicas

6.2.2.1. Tipos de vegetación.

Se puede encontrar en el área del cerro El Potosí una diversidad de especies y diferentes asociaciones de vegetación, García (1996) siendo las siguientes:

Bosque de coníferas; el cual presenta en su estrato arbóreo las especies de *Pinus ayacahuite*, *Pseudotsuga menziessi*, *Pinus hartwegii*, y *Abies vejari*; en el estrato arbustivo *Salix aff. Pardoza*; y en el estrato inferior *Lupinus sp.* y *Senecio coahuilensis*.

Bosque de encino; representado por *Quercus intricata*, *Q. gregii*, *Q. emory*, en el estrato medio *Arbutus xalapensis*.

Bosque de pino-encino; con un estrato superior compuesto por *Pinus cembroides*, *P. arizonica*, *Quercus grisea*; y en el estrato medio *Arctostaphylos pungens*.

Chaparral con bosque de pino; tiene en su estrato superior *Quercus aff. Intricata*, *Q. gregii*, *Q. emory*, *Yucca carnerosana*; en el estrato medio *Garrya ovata*, *Ceanothus sp.*, *Dalea aff. frutescens*, *Rhus trilobata*, *Cercocarpus mojadenis*; y en el estrato inferior *Salvia gregii*, y *Loeselia coerulea*.

Matorral de coníferas; asociación que presenta a *Pinus culminicola*, *Grindelia inuloides*, *Lupinus aff. elegans*, *Senecio coahuilensis*.

Pradera alpina; representada por *Euphorbia campestris*, *Potentilla breweri*, *Castilleja latebractea*, *Linum pratense*, *Stachys orenata*, *Trisetum sp.* y *Erysimum capitatum*.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

6.3. INSTALACIÓN DEL ENSAYO

Se decidió realizar pruebas de diferentes tratamientos orientados a la restauración ecológica en áreas incendiadas del matorral de coníferas y en el bosque de coníferas en el Cerro el Potosí, practicando exclusiones de los sitios incendiados y reforestaciones.

Los trabajos de exclusión se realizaron en diciembre del 2000 y consistieron en cercar con alambre de púas y estantes una superficie de una hectárea (100 m x 100 m), mientras que la reforestación consistió en plantar pinos de la especie *Pinus cluminicola* en cepa común a una distancia de 3 m entre hileras y 3 m entre filas.

Para efectuar los trabajos señalados anteriormente se localizó en el Cerro El Potosí las áreas afectadas por el incendio forestal de 1998, en estos sitios incendiados se establecieron a dos diferentes altitudes sobre el nivel del mar, el denominado bloque I se encuentra a la altura de 3,691 msnm, mientras que el bloque II se localiza a 3,459 msnm. En la Tabla 1 se muestran datos generales de cada bloque.

Tabla 1. LOCALIZACIÓN DE LOS BLOQUES

	Exposición	Altitud msnm	E	N	Pendiente
Bloque 1	SE	3,691	375663	2751121	31°
Bloque 2	NE	3,459	376023	2750350	29°

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

En cada bloque se ensayaron cuatros tratamientos:

Tratamiento 1 =	(CiCeCr)	área incendiada con exclusión y reforestación con <i>Pinus culminicola</i> .
Tratamiento 2 =	(CiCeSr)	área incendiada con exclusión y sin reforestación.
Tratamiento 3 =	(CiSeSr)	área incendiada sin exclusión y sin reforestación.
Tratamiento 4 =	(SiSeSr)	Área sin incendiar sin exclusión y sin reforestación

Para cada tratamiento se instalaron al azar tres parcelas de 10 m X 10 m las variables a medir fueron:

- Pérdida de suelo
- Cobertura
- Sobrevivencia de plantas

6.4. MONITOREO

6.4.1. Pérdida de suelo.

Para determinar la pérdida de suelo, se utilizó el método de los clavos con rondanas propuesto por el Colegio de Postgraduados (1991) citado por Maldonado (2001).

En diciembre del 2000 se colocaron 3 clavos de 5 pulgadas de largo en cada una de las 18 parcelas con rondanas holgadas, a manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. Lo anterior con el propósito de marcar en el terreno cortes ocasionados por la erosión, y de esta manera medir el espesor de la capa de suelo perdida en un determinado período. (Ver Figura 6).

**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS
DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO**

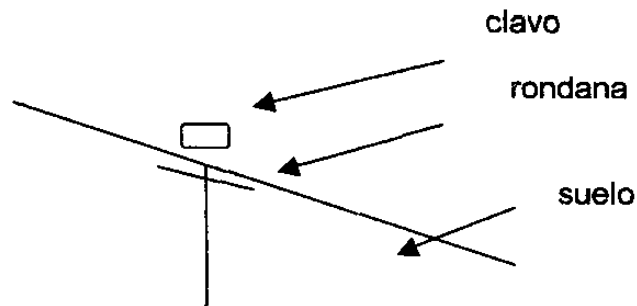


Fig. 6. Muestra la forma en que se colocaron los clavos con rondana en cada una de las parcelas.

Doce meses después se midió con una regla en cada clavo la cantidad de material que fue desplazado durante ese período, la cual es obtenida por la distancia en mm que existe entre la cabeza del clavo y la rondana.

Se determinó la densidad aparente del suelo en el área de estudio mediante el método de la parafina utilizado por Aguirre, J (sin fecha), que consiste en cuantificar el volumen de agua desplazada por un terrón de suelo, que ha sido previamente cubierto con parafina. Con la diferencia de peso del terrón con parafina y sin parafina se determina la masa del suelo y el volumen desplazado se determina la densidad del suelo mediante la ecuación siguiente:

$$D= M / V$$

Donde:

D= Densidad

M= Masa del terrón

V= Volumen de agua desplazado

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Con el valor de la densidad aparente del suelo del área de estudio y con la cantidad de suelo perdido se pudo determinar las toneladas por hectárea perdidas en cada uno de los tratamientos.

Para lo anterior se empleó la siguiente ecuación:

$$PS(m^3/ha) = D \times S$$

Donde:

PS= Pérdida de suelo

D= Densidad aparente

S= Cantidad de suelo movilizado

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza en la que se tiene un arreglo de bloques al azar con cuatro tratamientos cada uno y tres repeticiones.

6.4.2. Cobertura a nivel suelo

Para determinar la cobertura y contar con un indicador de la condición en que se encuentra al inicio del ensayo cada bloque y comparar la manera en que evoluciona el sitio después de aplicar cada tratamiento, se utilizó en este ensayo el método de puntos modificado (Villalón *et al.* 1991). Este método consiste en trazar al azar en el área de interés líneas de muestreo de 15 m de longitud, a intervalos regulares de 0.5 m y con la ayuda de una varilla colocada verticalmente se registran los puntos de contacto con la varilla a nivel de suelo, pudiendo ser para este caso: a) suelo desnudo, b) piedra suelta, c) afloramiento de roca madre, d) materia orgánica ó e) material vegetativo. El resultado se expresa en porcentaje de ocurrencia de cada situación.

**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS
DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO**

Particularmente en este ensayo se trazaron al azar 5 líneas de 15 m en cada parcela. (Ver figura 7).

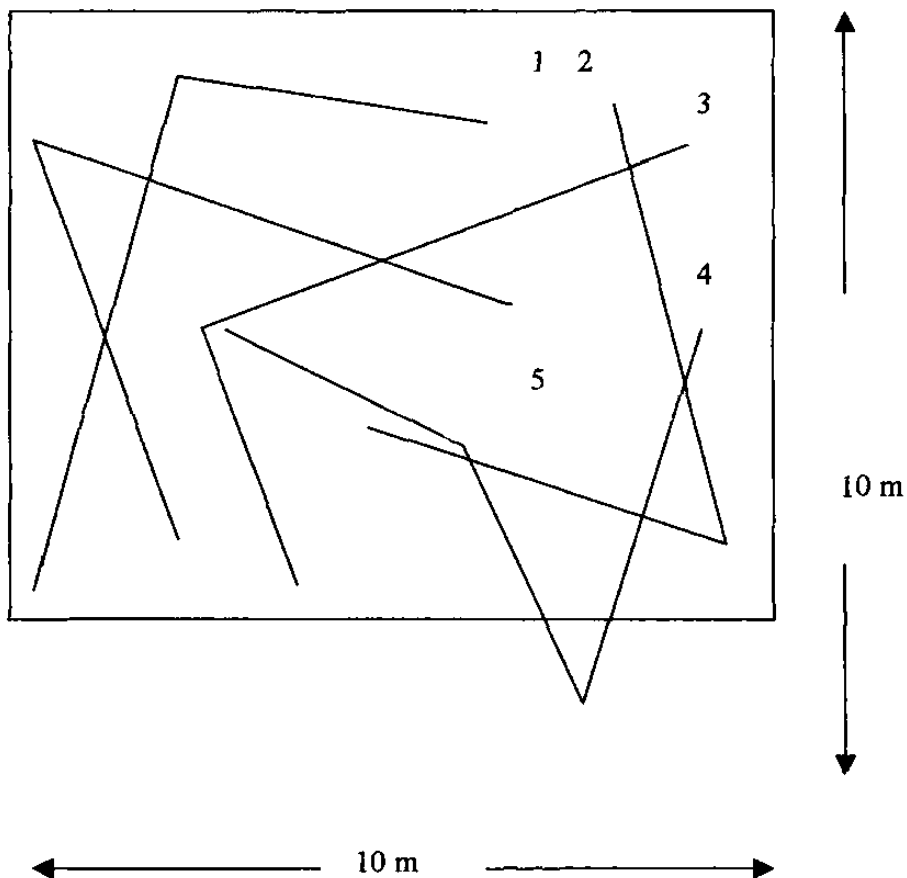


Figura 7. Esquema que muestra la manera en la que se trazaron los transectos en cada parcela muestreada para determinar la cobertura del suelo.

La figura 8 muestra como se determinó la característica encontrada en cada punto a cada 0.5 m según el método de puntos modificado.

**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS
DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO**

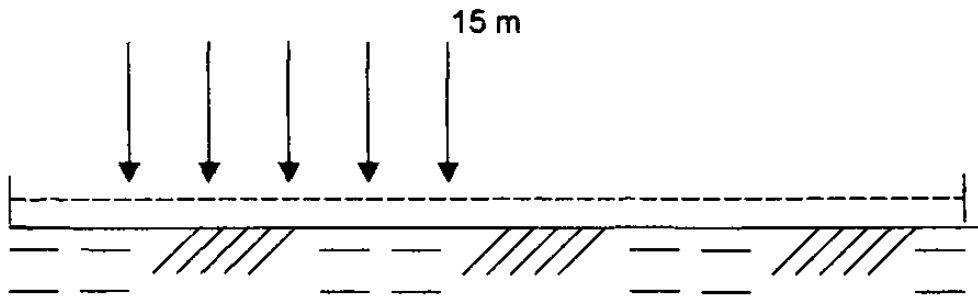


Fig. 8. Muestra la manera en que se registró cada punto en los transectos.

Los resultados obtenidos se expresan en porcentaje de la condición presente en cada parcela y en cada bloque. Los resultados procesaron mediante un análisis de varianza en la que se tienen dos bloques, cuatro tratamientos y tres repeticiones.

6.4.3. Medición de sobrevivencia de las plantas de *Pinus culminicola*

Cabe mencionar que el ensayo que aquí se describe es parte de un gran experimento de carácter multidisciplinario. En el presente trabajo se evaluó la sobrevivencia (porcentaje) de la plantación de *Pinus culminicola* en el transcurso de un año (diciembre 2000 – diciembre 2001). Los resultados obtenidos se procesaron mediante un análisis de varianza donde se tiene dos bloques que corresponden a las altitudes de 3,691 msnm y 3,459 msnm y tres parcelas por bloque, con nueve plantas por parcela.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

7. RESULTADOS

7.1. Análisis de la pérdida de suelo

Con la metodología descrita se determinó que la densidad del suelo es de 1.19 g/ml

En el análisis de la pérdida de suelo se encontró que el bloque II que esta a mayor altitud fue de 124 ton/ha/año y desviación estandar de 59.69, en la altitud de 3,691 msnm la pérdida resulto de 89 ton/ha/año con una desviación estandar de 41.07. El análisis estadístico realizado mostró que existe diferencia altamente significativa en la pérdida de suelo entre ambas altitudes, el valor de F calculada es de 8.25 y una probabilidad de error de 0.005. La figura 9 ilustra lo descrito con anterioridad. Este resultado obedece a que en los sitios de mayor altitud presentan en menor proporción suelo erosionable en comparación con los sitios de menor altitud y por consecuencia se escurre menor cantidad de suelo.

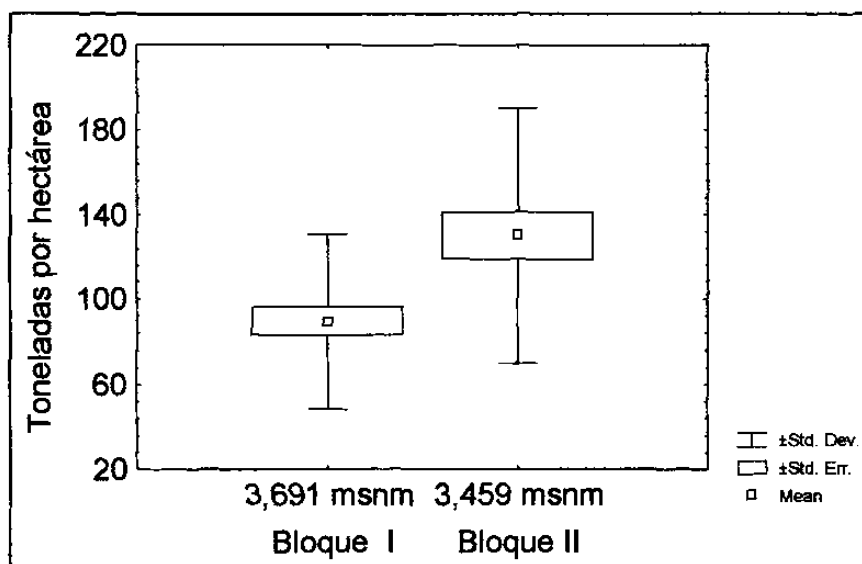


Figura 9. Valor medio de la pérdida de suelo.

**PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS
DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO**

Se determinó la pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año para cada tratamiento, los resultados se encuentran contenidos en la tabla 2.

TRATAMIENTO	3,691 msnm	Desviación Estandar	6,459 msnm	Desviación Estandar
1 CiCeCr	85.94	41.12	111.06	60.97
2 CiCeSr	81.97	40.54	109.74	49.34
3 CiSeSr	100.48	55.53	169.24	55.10
4 SiSeSr	89.91	27.33	107.10	58.29

Tabla 2. Pérdida de suelo en cada uno de los tratamientos

En esta evaluación se encontró que el tratamiento 3 (CiSeSr), el cual se ubicó en áreas incendiadas sin exclusión de las actividades antropogénicas y sin reforestación, presentó mayor pérdida de suelo en las dos altitudes, a 3,691 msnm se perdieron 100.48 ton/ha/año y a 3,459 msnm el valor encontrado fue de 169.24 ton/ha/año en comparación con los otros tratamientos cuyos valores van de 81.97 ton/ha/año a 89.91 ton/ha/año a la altitud de 3,691 msnm y de 107.10 ton/ha/año a 111.06 ton/ha/año en la altitud de 6,459 msnm. Aunque el análisis de varianza realizado mostró que no existe diferencia significativa entre tratamientos por encontrar una F calculada de 2.79 y el porcentaje de error de 0.63 (Ver figura 10) se puede decir que existe cierta tendencia a mostrar mayor pérdida de suelo en el tratamiento donde no hay exclusión ni reforestación.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

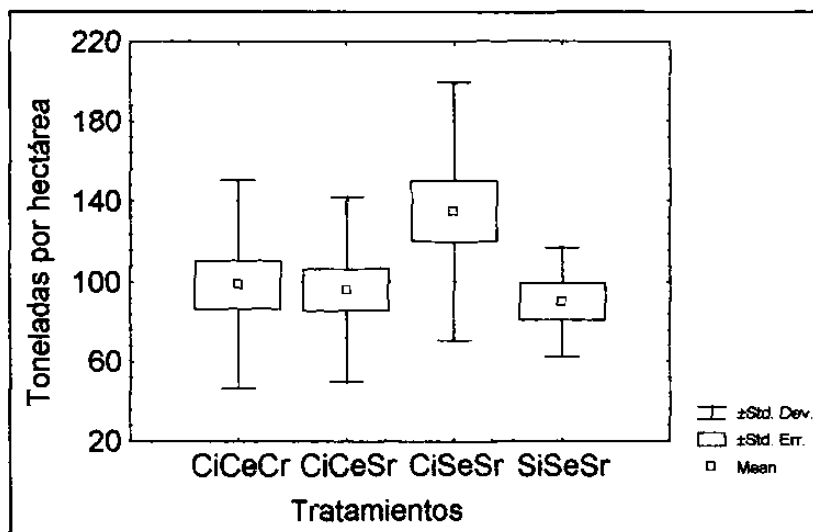


Figura 10. Comparación de los tratamientos ensayados

Si bien, se esperaba un resultado como el presentado. Lo anterior confirma que es importante en actividades de restauración ecológica y en especial en aquellos sitios afectados por incendios forestales la exclusión de las áreas de interés, esto para reducir al mínimo posible la pérdida de suelo ocasionado por el pisoteo del ganado, extracción de madera, y otras actividades antropogénicas que se puedan presentar y afectar el sitio.

La figura 11 presenta la pérdida de suelo en cada uno de los tratamientos y en las dos altitudes, como se puede apreciar se encontró más pérdida de suelo en el tratamiento 3 (CiSeSr) a la altitud de 3,459 msnm a razón de 169.24 ton/ha/año, mientras que los restantes tres tratamientos presentaron pérdidas similares entre ellos. De igual manera se observa que a la altitud de 3,691 msnm el tratamiento donde no se realizó exclusión del sitio y no se efectuaron reforestaciones (CiSeSr) mostró valores mayores en la pérdida de suelo con 100.48 ton/ha/año. El análisis de varianza practicado individualmente para cada altitud (3,691 msnm y 3,459 msnm) no encontró diferencia estadística significativa entre ellos, sin embargo estos resultados están mostrando una clara tendencia, se puede creer que si se

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

ampliara el período en la toma de datos de campo podríamos estar habando de diferencias estadísticas significativas.

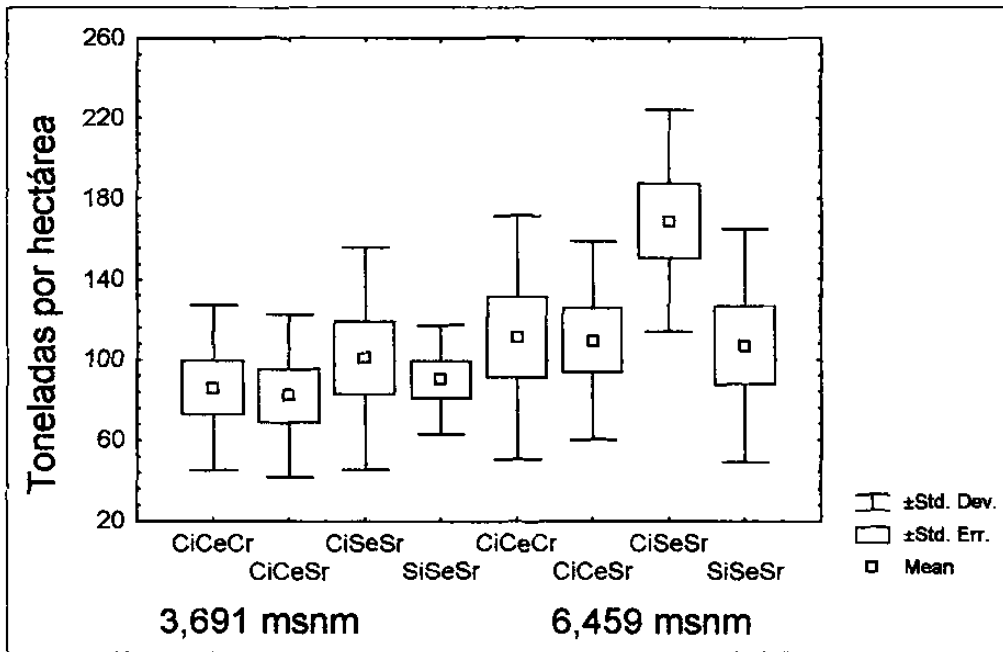


Figura 11. Valor medio de la pérdida de suelo en cada tratamiento y altitud.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

7.2. Cobertura del suelo

La cobertura del suelo registrada en el Cerro del Potosí en diciembre del 2000 y diciembre del 2001, se encontró que la presencia de roca madre no mostró cambio (18 %), aún en las dos altitudes ensayadas, también se encontró que la materia orgánica y material vegetativo aumentaron el porcentaje de su cobertura ver figura 12.

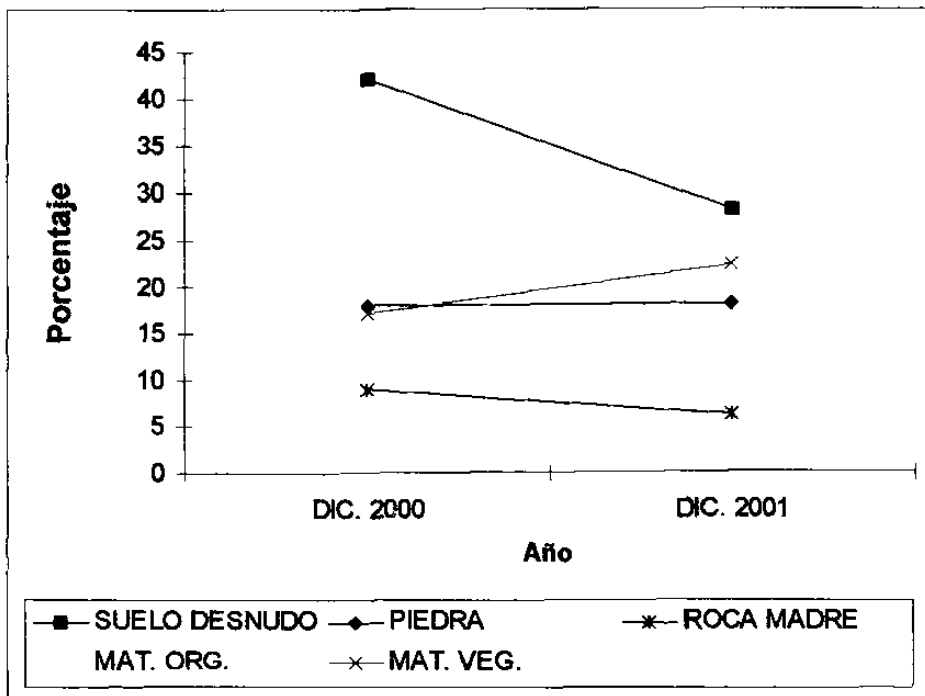


Figura 12. Cobertura media encontrada en el ensayo a diferentes fechas.

A una altitud de 3,691 msnm, el porcentaje de la cobertura de suelo donde se presentó piedra suelta el valor se mantiene estable con un con un 18 %, por su parte el porcentaje de suelo desnudo se redujo a 28.68 %, mientras que el porcentaje de materia orgánica se incrementó en 22.06 %. Esto indica que para la altitud de 3,691 msnm existieron factores que favorecieron más la formación y preservación del sitio, al incrementarse la materia orgánica y material vegetativo y disminuir la cantidad de suelo desnudo. (ver figura 13).

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

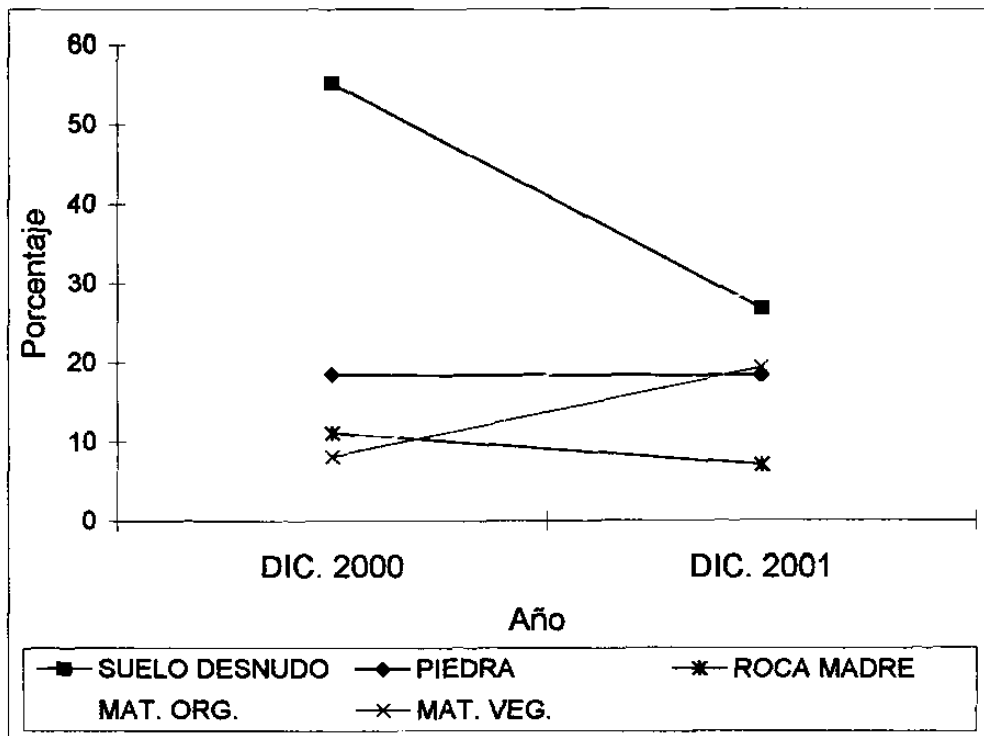


Figura 13 Cobertura media a la altitud de 3,691 m

Por otro lado, la cobertura a la altitud de 3,459 m, se mostró estable para cada una de las variables. Con esto se establece que a la altitud de 3,459 msnm existen menores cambios en la estabilidad en el suelo o si se presentan no fueron detectados por las variables utilizadas.(ver Figura 14).

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

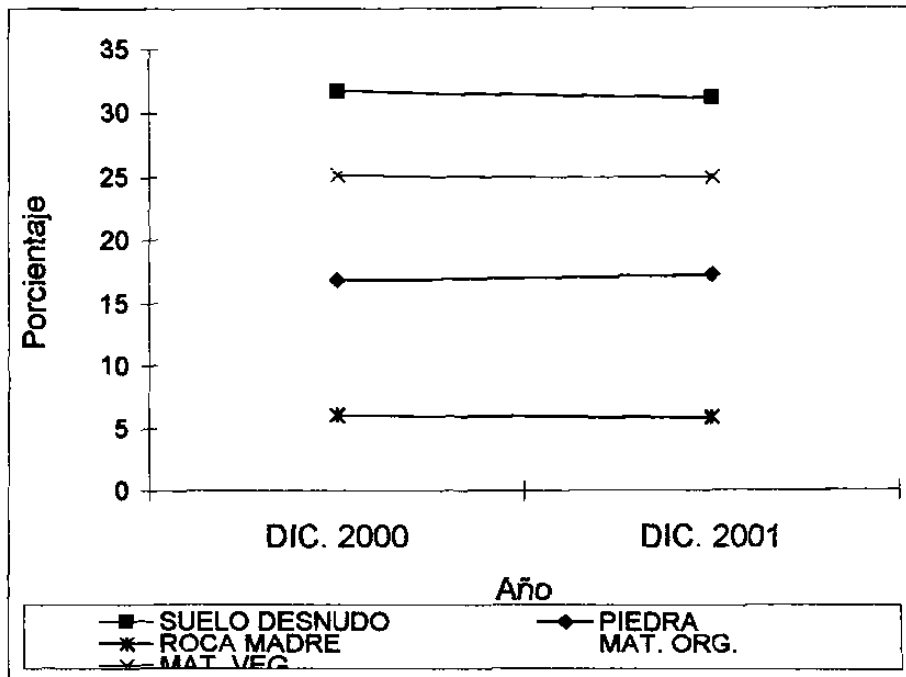


Figura 14 Cobertura media a la altitud de 3,459 m

7.2.1 Suelo desnudo

La cobertura del suelo, en el Cerro del Potosí en Galeana Nuevo León, reflejó que el porcentaje de suelo desnudo encontrado en diciembre del 2000 fue diferente al de diciembre del 2001, (43.42 % y 28.71 % respectivamente), mostrando una reducción del valor de este parámetro de un año con respecto a otro, el análisis estadístico mostró la existencia de diferencia significativa en los valores encontrados en las dos altitudes ensayadas.

Sin embargo en este parámetro en la altitud de 3,691 msnm se encontró una media de 40.86 % y para 3,459 msnm fue de 31.27 %. el análisis de varianza practicado para los tratamientos, no mostró diferencia estadísticamente valida. (ver tabla 3 y Figuras 15, 16 y 17)

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. Calculada	Prob. Error
Año	1	12988.7344	100.351746	9.35076E-20
Altitud	1	5515.9126	42.616272	4.3993E-10
Tratamiento	3	63.9618454	0.49417308	0.686679721

Tabla 3 Valores resultantes del análisis de varianza realizado para el suelo desnudo.

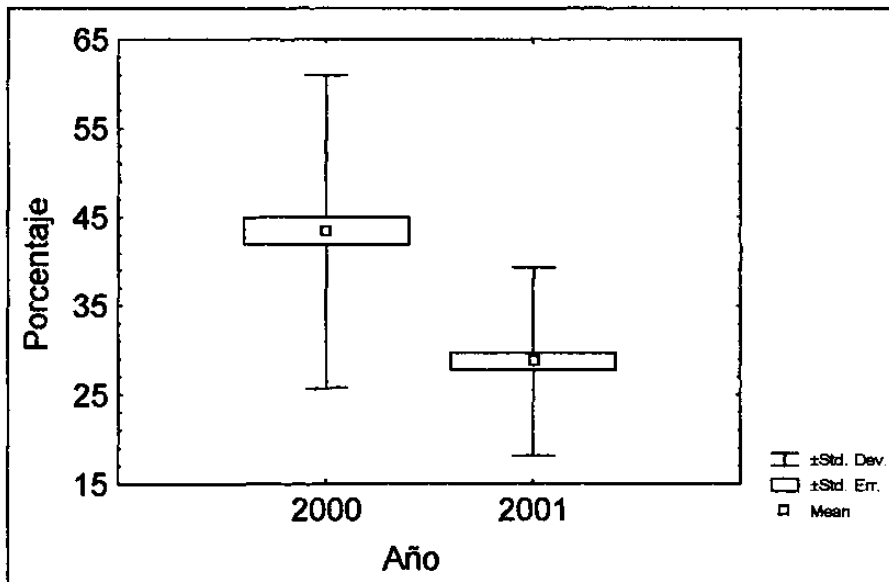


Figura 15. Porcentaje medio de la cobertura de suelo desnudo del año 2001 con respecto al año 2000

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

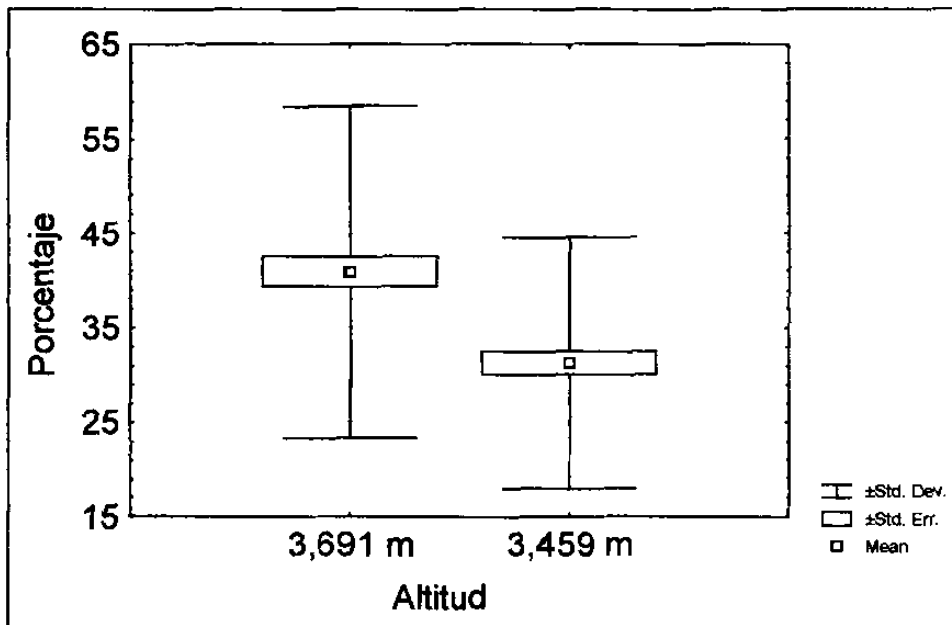


Figura 16. Porcentaje medio de la cobertura de suelo desnudo en las dos altitudes ensayadas.

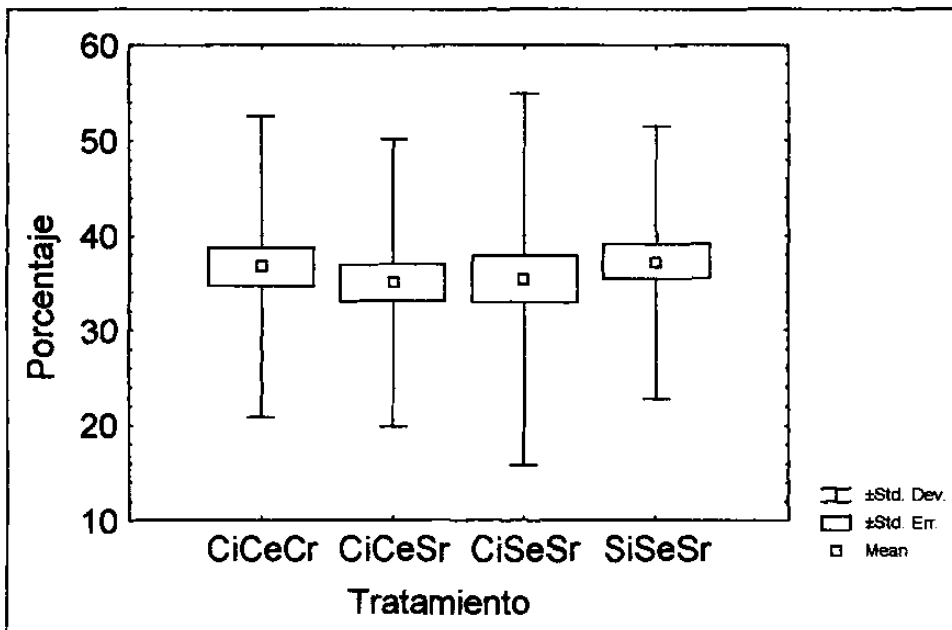


Figura 17. Porcentaje medio de la cobertura de suelo desnudo en los cuatro tratamientos ensayados

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

7.2.2 Pedregosidad

El monitoreo de las piedras sueltas demuestra que éstas no son fácilmente removidas del suelo ya que al realizar la comparación del porcentaje de piedras se encontró que no existe diferencia ente los dos años, siendo el valor de 17.8% para el año 2000 y de 17.6 % para el año 2001, al comparar este factor (piedras sueltas) en las dos altitudes se encontró que no existe diferencia significativa en los porcentajes, para 3,691 msnm fue de 18.1% de 17.2 % para 3,459 msnm. de igual manera no se encuentra diferencia significativa al realizar la comparación entre los cuatro tratamientos.(ver tabla 4 figuras 18, 19 y 20).

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. Calculada.	Prob. error
Año	1	0.42560297	0.00599695	0.93834269
Altitud	1	122.332001	1.72371638	0.190558836
Tratamiento	3	144.622726	2.03780341	0.10944692

Tabla 4 Análisis de varianza de la pedregosidad

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

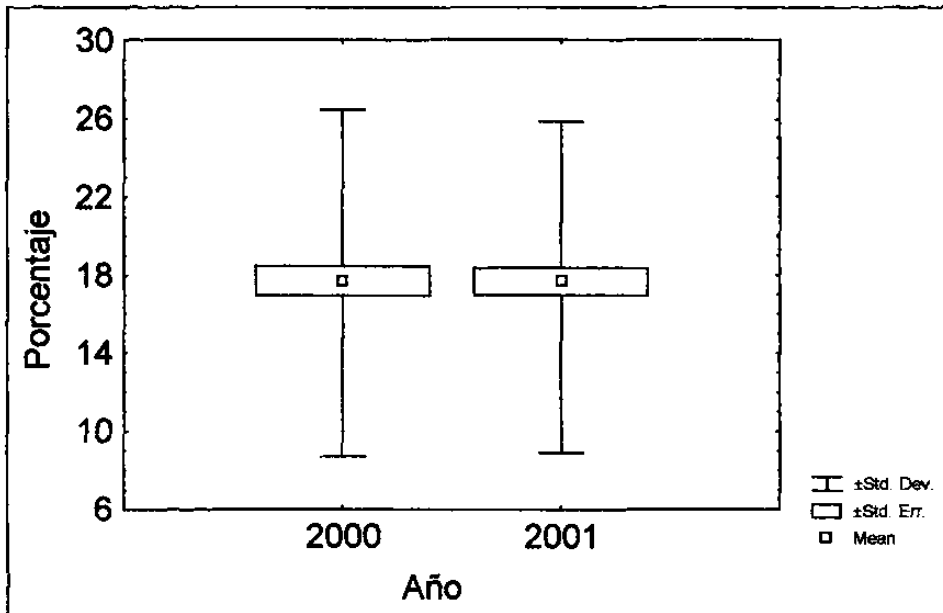


Figura 18. Porcentaje medio de la cobertura de piedras

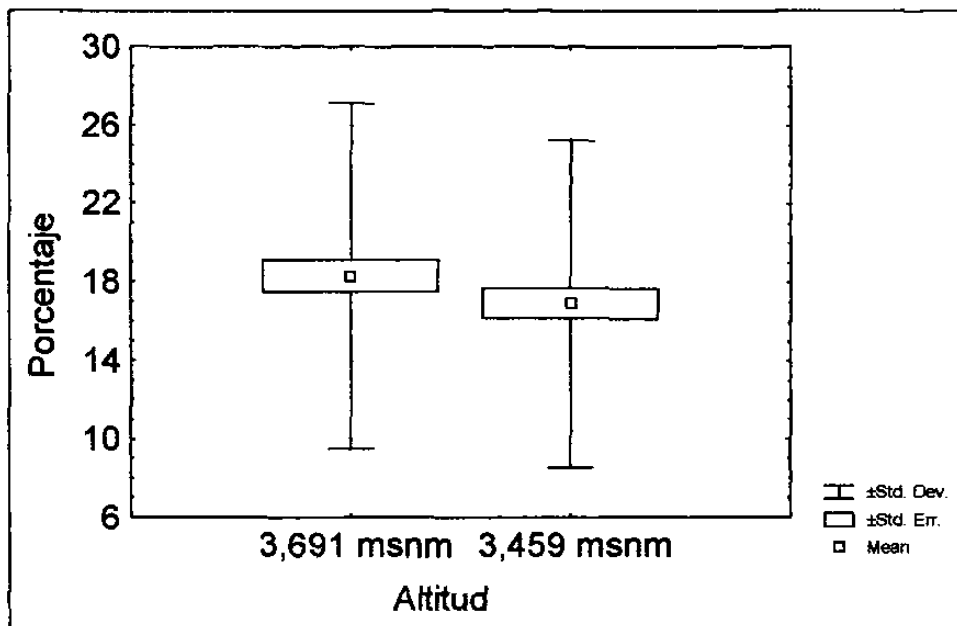


Figura 19. Porcentaje medio de la cobertura de piedras en las dos altitudes ensayadas

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

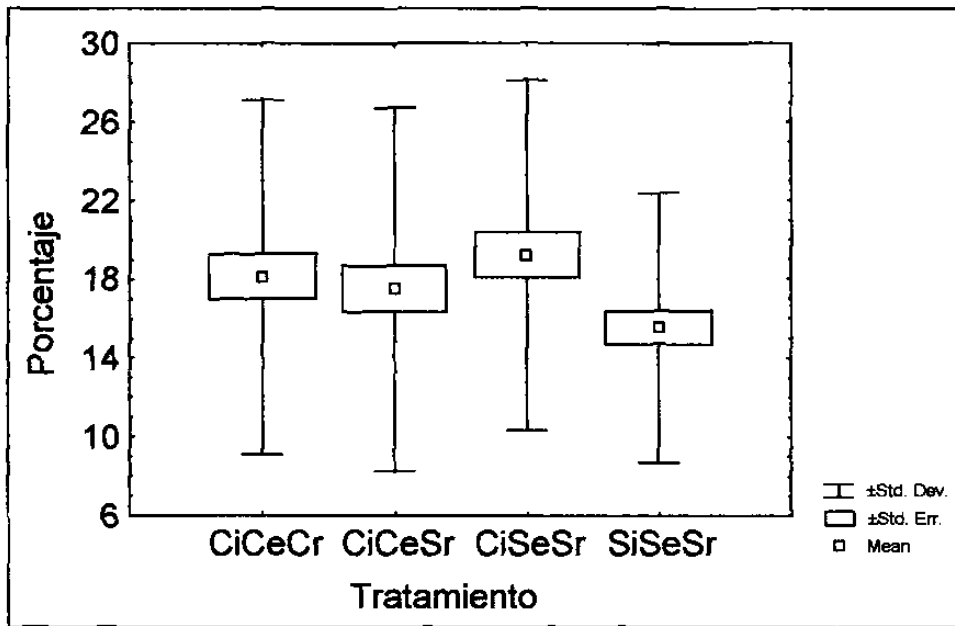


Figura 20. Porcentaje medio de la cobertura de piedras en los cuatro tratamientos ensayados

7.2.3 Roca madre

La presencia de roca madre en el área de estudio se mostró diferente estadísticamente de un año con respecto a otro, para diciembre del 2000 se tuvo un porcentaje de 8.8 mientras que para diciembre del 2001 su valor se redujo a 6.5 %. Así mismo la presencia de roca madre se mostró diferente en las dos altitudes, se encontró para los 3,691 msnm un 9 % y para los 3,459 msnm fue de 5.9 %, esto demuestra que a mayor altitud existe mayor exposición de roca madre.

Contrario a lo encontrado con el suelo desnudo y piedras sueltas, para la roca madre, en la comparación entre los tratamientos se encontró una diferencia altamente significativa entre ellos, siendo el tratamiento CiSeSr el que presentó mayor porcentaje de roca madre con 12.7, y los tratamientos CiCeCr y CiCeSr mostraron los valores de 2.3 % y 3.4 % respectivamente, esto demuestra que cuando existe exclusión el porcentaje de roca madre se muestra menor. (ver tabla

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

5 y las figuras 21, 22 y 23 muestran la comparación de los porcentajes de roca madre entre años, altitud y tratamientos)

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. calculada	Prob. error
Año	1	296.918854	6.46346903	0.011686632
Altitud	1	586.375061	12.7644882	0.000432449
Tratamiento	3	676.460876	14.7255192	8.72938E-09

Tabla 5 Análisis de varianza de roca madre

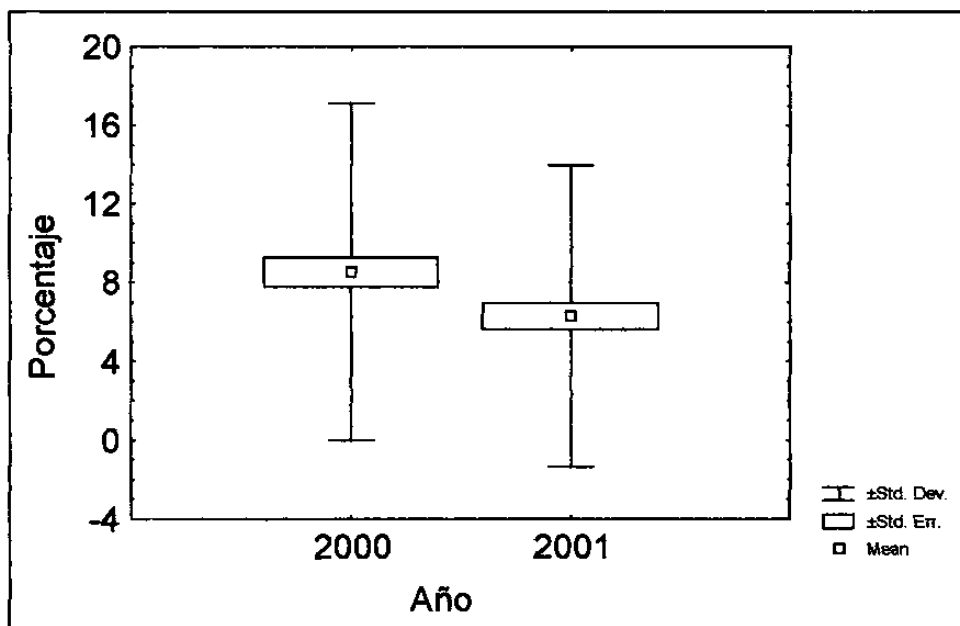


Figura 21. Porcentaje medio de la cobertura compuesta por roca madre de un año con respecto a otro

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

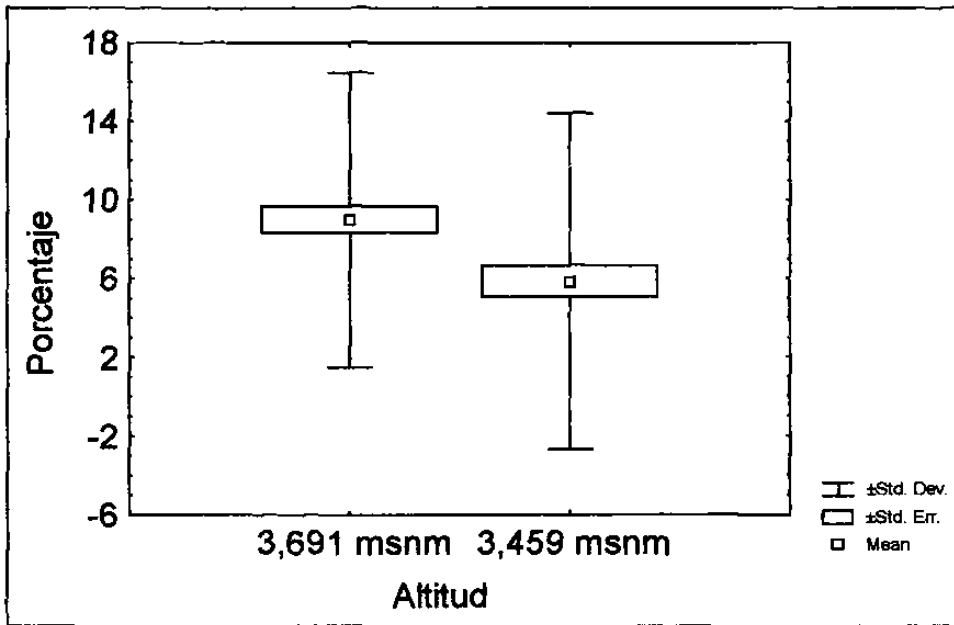


Figura 22. Porcentaje medio de la cobertura de roca madre en las dos altitudes ensayadas

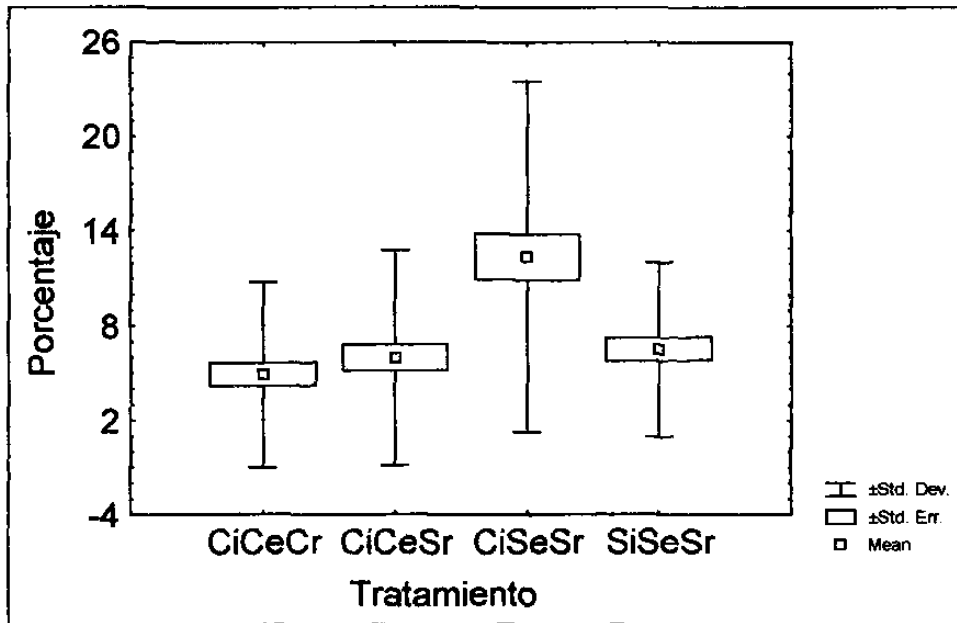


Figura 23. Porcentaje medio de la cobertura de roca madre en los cuatro tratamientos ensayados

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

7.2.4 Materia orgánica

Esta variable en el transcurso del tiempo que duró el ensayo mostró diferencias significativas, para diciembre del 2000 se registró un porcentaje de 14.6 % y en diciembre del 2001 un valor de 25.1 %. También se observó diferencia estadísticamente significativa en las dos altitudes, siendo para la altitud de 3,691 msnm de 18.8 % y para los 3,459 msnm de 21.2. En cuanto a los cuatro tratamientos ensayados el análisis mostró que existen diferencias entre ellos. (ver tabla 6)

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. calculada	Prob. error
Año	1	8376.16504	58.9187775	5.03119E-13
Altitud	1	566.364197	3.98386145	0.047149155
Tratamiento	3	1062.26147	7.4720521	8.64691E-05

Tabla 6 Resultado del análisis de varianza para Materia Orgánica

El porcentaje de materia orgánica se mostró con mayor valor en la altitud de 3,459 msnm, pudiendo ser resultado de la presencia un mayor contenido de vegetación al inicio del ensayo. En cuanto a los tratamientos se observa que el tratamiento donde no se realizó exclusión ni reforestación de un área incendiada, mostró menor porcentaje de materia orgánica, mientras que los dos tratamientos donde se realizó alguna exclusión obtuvieron los valores más altos, indicativo de que la exclusión de las actividades antropogénicas de áreas incendiadas favorece la presencia de materia orgánica.

Las figuras 24, 25 y 26 muestran la comparación del porcentaje de roca madre entre años, altitud y tratamientos.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

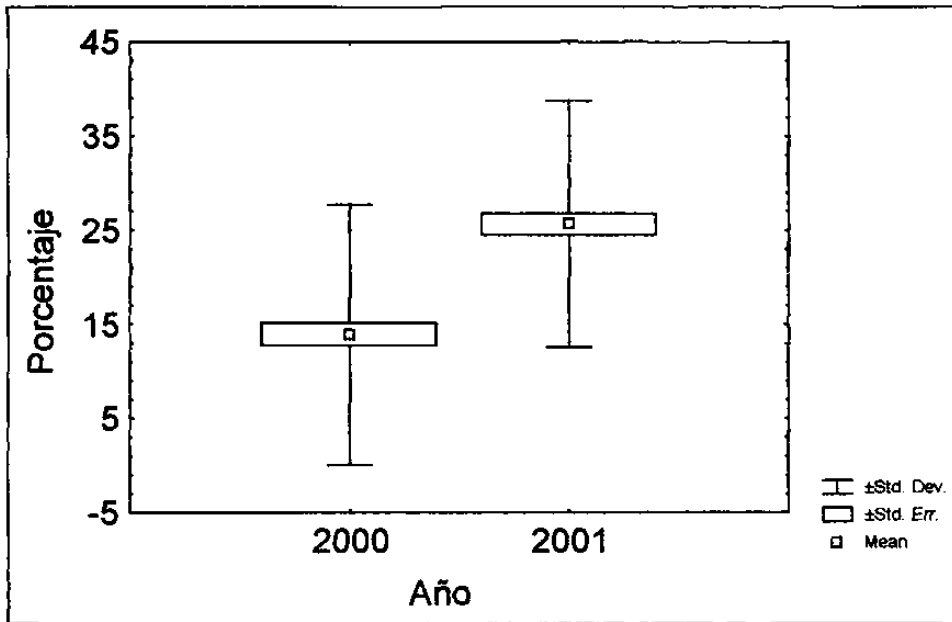


Figura 24. Porcentaje medio de la cobertura compuesta por roca madre de un año con respecto a otro

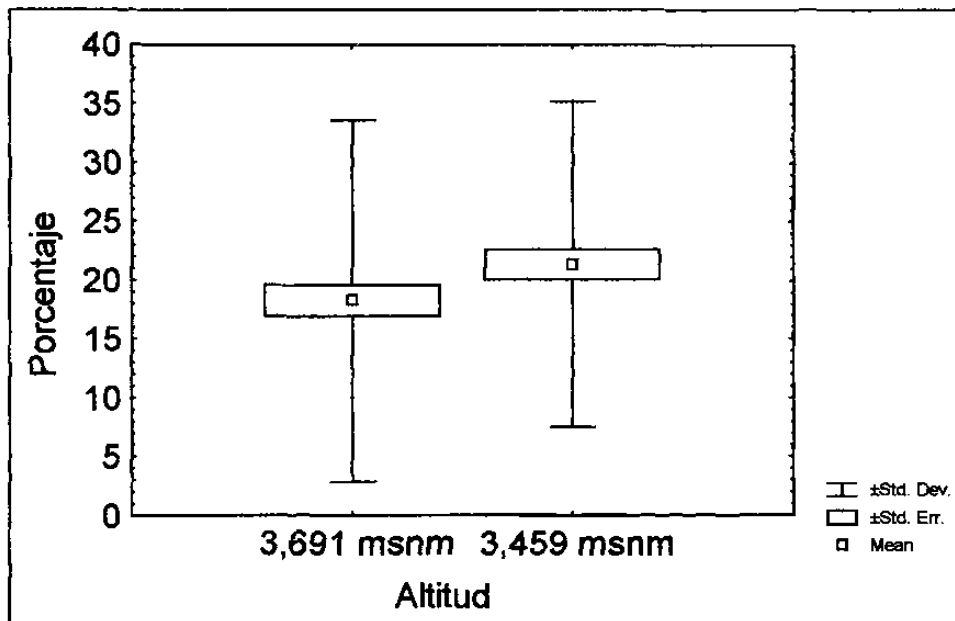


Figura 25. Porcentaje medio de la cobertura de materia orgánica

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

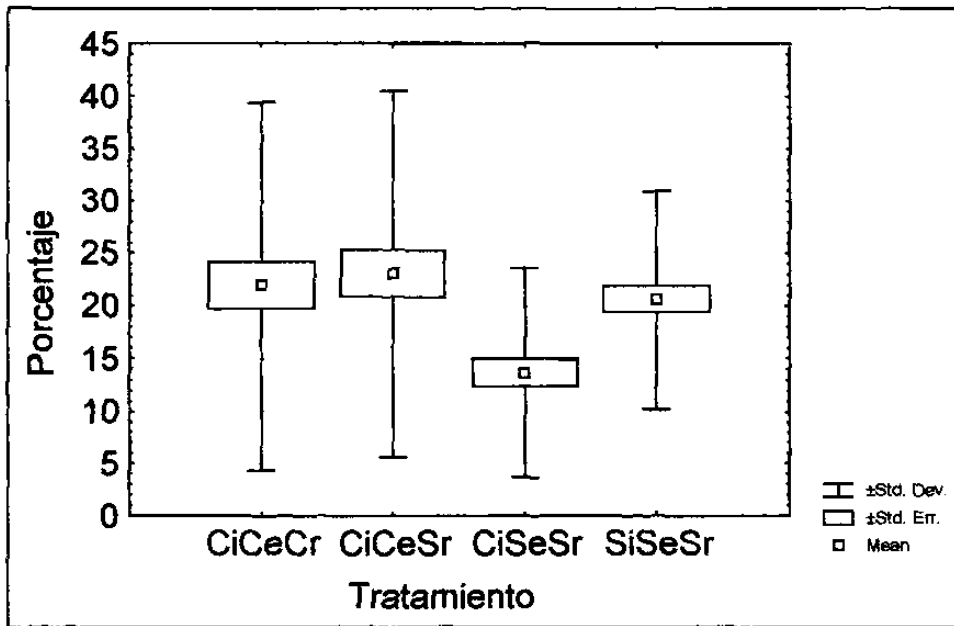


Figura 26. Porcentaje medio de la cobertura de materia orgánica en los cuatro tratamientos ensayados

7.2.5 Material vegetativo

El porcentaje de material vegetativo encontrado en un año con respecto a otro fue estadísticamente diferente (16 % para el 2000 y de 22.5 % para el 2001), así mismo el porcentaje en las dos altitudes resulto diferente, siendo para los 3,691 msnm de 14.5 % y para los 3,491 msnm de 25%. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos. (Ver tabla 7)

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F. calculada.	Prob. error
Año	1	1732.41638	12.621665	0.000464851
Altitud	1	7575.42334	55.1913834	2.27835E-12
Tratamiento	3	56.2065735	0.40949771	0.746329188

Tabla 7 Resultado del análisis de varianza de material vegetativo

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Las figuras 27, 28 y 29 muestran que existe diferencias significativas entre años, altitudes pero no así entre tratamientos.

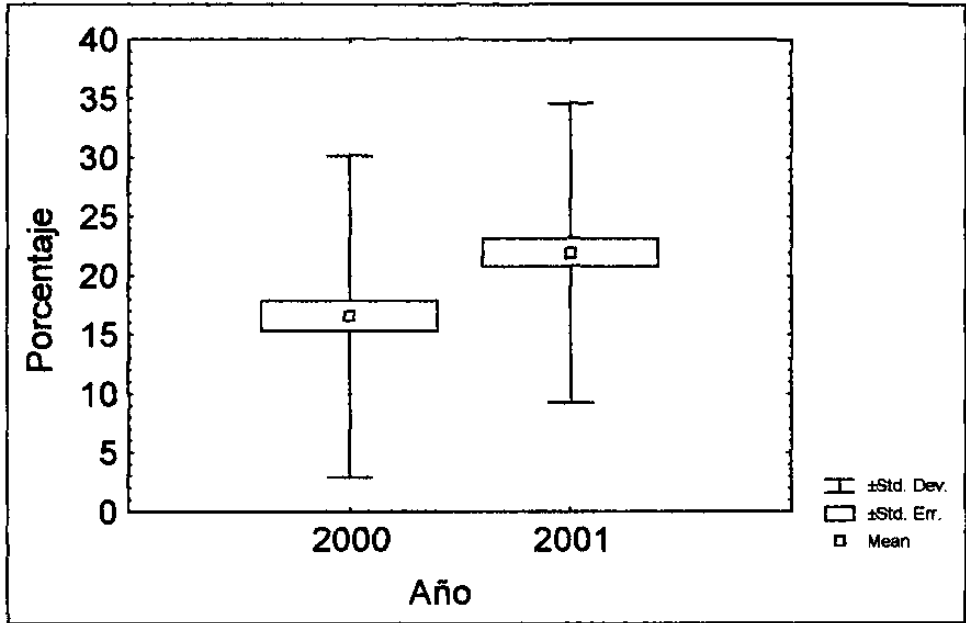


Figura 27. Porcentaje medio de la cobertura compuesta por material vegetativo.

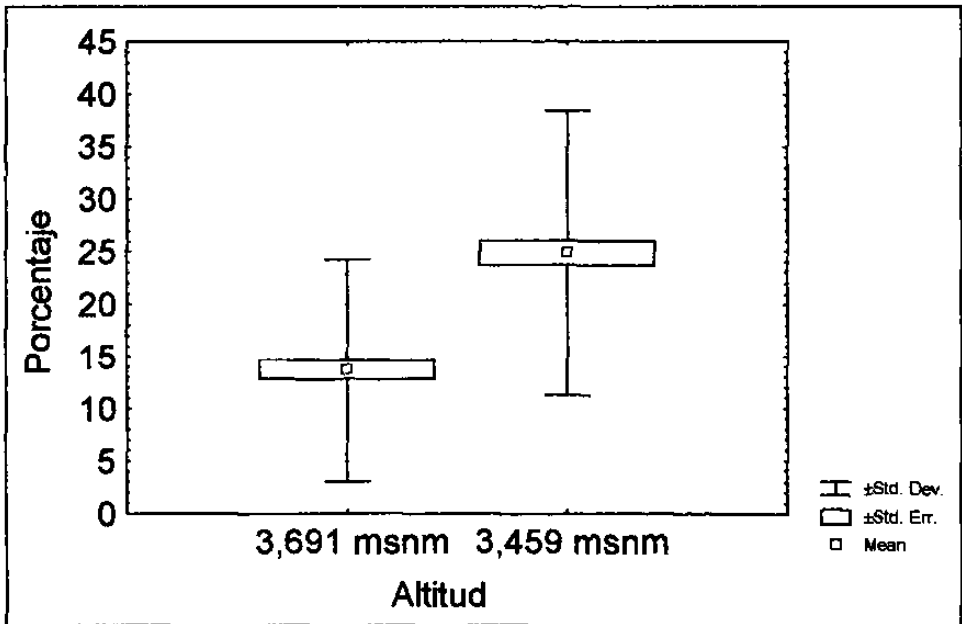


Figura 28. Porcentaje medio de la cobertura de material vegetativo.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

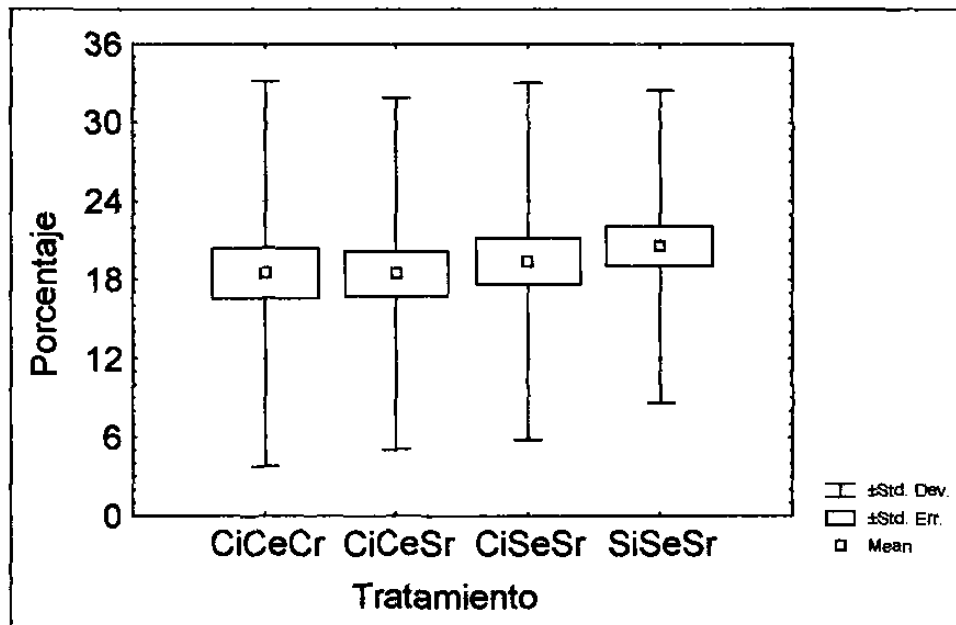


Figura 29. Porcentaje medio de la cobertura de material vegetativo en los cuatro tratamientos ensayados

7.3. Reforestación

La evaluación de la plantación realizada en el Cerro del Potosí muestra que después de un año de efectuados los trabajos de se encontró mayor sobrevivencia a la altitud de 3,691 msnm con un porcentaje de 60.50 % mientras que para la altitud de 3,459 msnm fue de 40.33 % ver figura 26.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

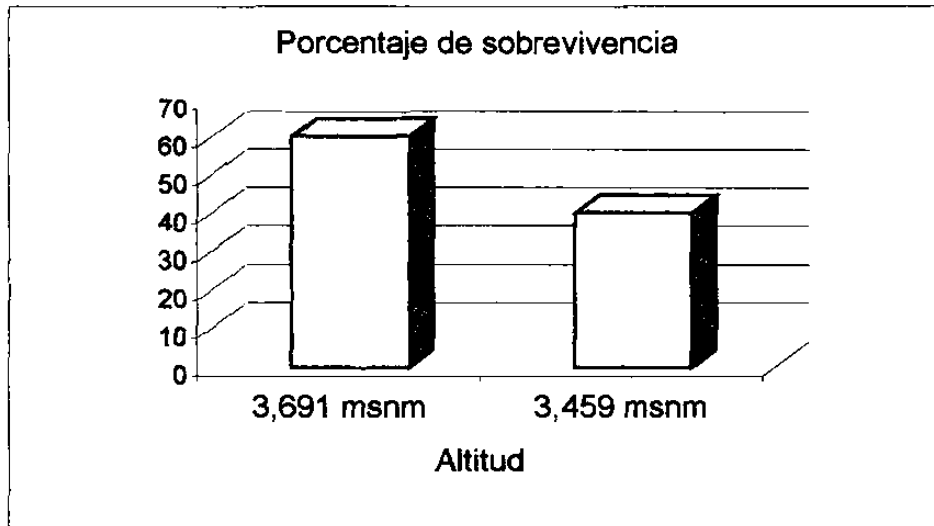


Figura 30 Porcentaje de sobrevivencia de la especie *Pinus culminicola*

El análisis estadístico refleja que existe diferencia significativa en la sobrevivencia de las plantas a una altura con respecto a la otra, la F calculada fue de 11.41, y el porcentaje de error es de .007 %

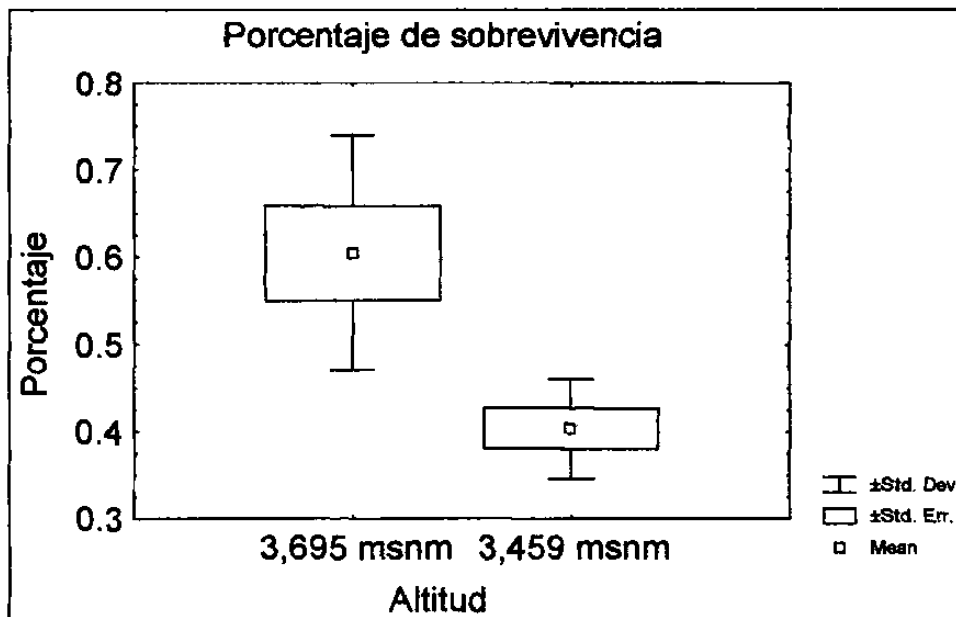


Figura 31. Porcentaje medio de la sobrevivencia a dos diferentes alturas.

8. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se realizaron prácticas tendientes a ensayar diferentes pruebas para restaurar áreas deterioradas en el Cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León México.

Se destaca en los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación que la densidad del suelo del sitio es de 1.19 g/ml y en la estimación de la pérdida de suelo, se observó que esta fue mayor en la altitud de 3,459 msnm con valor medio de 124 ton/ha/año mientras que en la altitud de 3,691 msnm fue de 89.58 ton/ha/año. Se considera que lo anterior obedece a que en los sitios de menor altitud presentan en mayor proporción suelo erosionable y por consecuencia se escurre mayor cantidad de suelo, en comparación con los sitios de mayor altitud que presentan menor proporción de suelo erosionable. Sin embargo la pérdida de suelo aquí reportada se encuentra en un nivel medio si se compara con la registrada por Oropeza *et al.* (1990) autores que señalan que este valor puede llegar a las 227 ton/ha/año. Por otro lado Díaz F (2001). Encontraron valores de erosión de suelo que va de 179.8 kg/ha a 12,768.8 kg/ha además de determinar que la escorrentía y pérdida de suelo tienen correlación directa positiva. Las correlaciones entre cobertura vegetal, escorrentía y sedimentos son negativas.

Se determinó que en las áreas incendiadas sin exclusión de las actividades antropogénicas y sin reforestación, existe mayor pérdida de suelo. A 3,691 msnm se perdieron 100.48 ton/ha/año, mientras que a 3,459 msnm el valor registrado fue de 169.24 ton/ha/año. Aunque el análisis de varianza practicado mostró que no existe diferencia significativa entre tratamientos, se puede afirmar que existe cierta tendencia a mostrar mayor pérdida de suelo en el tratamiento donde no hay exclusión ni reforestación.

La presencia de la roca madre (18 %) en la cobertura del suelo no mostró cambio de un año con respecto a otro, siendo de igual valor en las dos altitudes

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

ensayadas, sin embargo la presencia de la materia orgánica y tallo aumentaron el porcentaje de su cobertura en este mismo período de tiempo.

La cobertura de suelo desnudo encontrado en diciembre del 2000 fue diferente al de diciembre del 2001, (43.42 % y 28.71 % respectivamente), lo cual muestra una reducción del valor de este parámetro en un año con otro.

El porcentaje de materia orgánica se mostró con mayor valor en la altitud de 3,459 msnm, pudiendo ser resultado de la presencia un mayor contenido de vegetación al inicio del ensayo. En cuanto a los tratamientos se observa que el tratamiento donde no se realizó exclusión ni reforestación de un área incendiada, mostró menor porcentaje de materia orgánica, mientras que los dos tratamientos donde se efectuó la exclusión obtuvieron los valores más altos, lo cual es indicativo de que la exclusión de las actividades antropogénicas de áreas incendiadas favorece la presencia de materia orgánica.

La reforestación con especies nativas o aptas es la mejor alternativa para restaurar áreas con problemas de erosión, pérdida y fragmentación de hábitats, ocasionadas por incendios, cambio de uso del suelo, tala clandestina de madera y mal manejo de los recursos forestales.

La plantación realizada en el Cerro del Potosí muestra que después de un año de existe mayor sobrevivencia a la altitud de 3,691 msnm con un porcentaje de 60.50 % mientras que para la altitud de 3,459 msnm fue de 40.33 %, lo anterior refleja que esta especie está ecológicamente más adaptada a sobrevivir a mayores altitudes. Contrario a lo anterior fue reportado por Ortiz (1998) al examinar el potencial de establecimiento de tres especies arbóreas del Bosque Mesófilo de Montaña: *Fraxinus uhdei*, *Magnolia iltisiana* y *Quercus salicifolia* bajo el dosel de *Pinus douglasiana*, las diferentes tendencias en la mortalidad de plántulas por el encontradas sugieren que la sobrevivencia de plántulas en la parte alta de la

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

ladera fue probablemente mas limitada por la disponibilidad de agua que por las condiciones de nutrientes en el suelo.

Los resultados de las actividades de restauración ecológica de áreas deterioradas no son observables a corto plazo como lo señala Lara en 1998 y como lo demanda la sociedad, sino que se pueden requerir de 20 a 40 años como mínimo; debido a que es un proceso muy complicado y se requiere sumar estrategias de preservación y conservación, además de incluir la participación de la sociedad.

Se ha tenido poco éxito en los programas de reforestación (Martínez 2001) debido a que no se han logrado contrarrestar los grandes avances en la transformación y pérdida de la cobertura vegetal original. Se pueden mejorar los resultados e incentivar el interés de los manejadores al emplear en estos programas especies nativas con multipropósito que provean más de una utilidad a los dueños de las tierras.

149226

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La restauración ecológica en el Cerro el Potosí en Galeana, N.L., México se ve favorecida de manera determinante al excluir los sitios de las actividades antropogénicas.

Al menos para el primer año de observación, no se encontró que la plantación ofrezca ventajas en la retención de suelo en áreas incendiadas del Cerro el Potosí. Es decir, las actividades de plantación en un área incendiada se pueden prorrogar hasta por un año, a fin de contar con germoplasma de calidad, plantas de buena talla, condiciones climáticas favorables ó bien un adecuado programa de restauración, pero si es de gran importancia ecológica el excluir los sitios de las actividades antropogénicas que pudieran acentuar el deterioro de un incendio previo.

Se encontró que la densidad aparente es del orden de 1.19 g/ml, la utilización de los clavos con rondanas recomendada por el Colegio de Postgraduados de Chapingo como metodología para determinar la cantidad de suelo perdido y comparar diferentes tratamientos de restauración, resultó ser útil. Los valores de pérdida de suelo se *mostró inferior para los tratamientos de SiSeSr y CiCeCr* con del orden de 169.24 ton/ha/año.

Se observó que el ecosistema encontrado a la altitud de 3,695 msnm es más frágil que el de la altitud de 3,459 msnm, ya que el incremento en el porcentaje de cobertura de material vegetativo verde fue menor.

Se pierde mayor cantidad de materia orgánica en la altitud de 3,459 msnm debido a que inicialmente había más que en la altitud de 3,695 msnm.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Al término de los trabajos realizados en el presente trabajo de investigación y a la experiencia obtenida en el transcurso de los años, se destaca que todas las actividades encaminadas a favorecer la restauración ecológica por pequeñas que parezcan, merecen su reconocimiento.

Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación se deduce que para favorecer la restauración ecológica en áreas incendiadas, se recomienda realizar una adecuada evaluación del daño, excluir las áreas de actividades antropogénicas, diseñar y establecer de manera oportuna un plan de acción que contemple cuando lo amerite la reforestación con las especies nativas del sitio, la retención del suelo y aumento de cobertura del suelo.

Por otro lado se recomienda continuar con investigaciones que puntualicen las acciones a tomar en la eventualidad de un incendio forestal.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

10. RESUMEN

En un área del Cerro el Potosí, Galeana, Nuevo León, México el cual es caracterizada por una variedad de tipos de vegetación, de los que sobresalen los bosques de pinos con predominancia de *Picea sp.*, *Pseudotsuga sp.* y *Abies sp.*, con áreas de chaparral, matorral submontano, matorral desértico, rosetófilo y otros, se realizaron pruebas con diferentes tratamientos de restauración para determinar el comportamiento de la vegetación afectada por los incendios forestales de 1998.

Se midió la pérdida de suelo, cobertura a nivel del suelo y el porcentaje de sobrevivencia de plantas de *Pinus culminicola* en dos bloques distribuidos en las altitudes de 3,691 msnm y 3,459 msnm los tratamientos ensayados fueron T1: área con incendio forestal, con exclusión y con reforestación (CiCeCr); T2: área con incendio forestal, con exclusión y sin reforestación (CiCeSr); T3: área con incendio forestal, sin exclusión y sin reforestación (CiSeSr); T4: área sin incendio forestal, sin exclusión y sin reforestación (SiSeSr);

Los resultados fueron procesados mediante de un análisis de varianza siendo este de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

Se determinó que la pérdida de suelo en la altitud de 3,459 msnm fue de 124 ton/ha/año y a 3,691 msnm resultado de 89.58 ton/ha/año, mientras que el tratamiento 3 (CiSeSr), que consiste en área con incendio, sin exclusión y sin reforestación, presentó mayor pérdida de suelo en las dos altitudes, a 3,691 msnm fue de 100.48 ton/ha/año y de 169.24 ton/ha/año a 3,459 msnm, si bien el análisis de varianza realizado mostró que no existe diferencia significativa entre tratamientos, se puede decir que existe cierta tendencia a mostrar mayor pérdida de suelo en el tratamiento donde no hay exclusión ni reforestación.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

En relación a la cobertura a nivel del suelo, se encontró que la presencia de roca madre no mostró cambio en las dos altitudes (18 %), en comparación con materia orgánica y tallo que aumentaron el porcentaje de su cobertura.

La evaluación de la plantación realizada en el Cerro del Potosí muestra que después de un año de efectuados los trabajos de se encontró mayor sobrevivencia a la altitud de 3,691 msnm con un porcentaje de 60.50 % mientras que para la altitud de 3,459 msnm fue de 40.33 %, el análisis estadístico refleja que existe diferencia significativa en la sobrevivencia de las plantas a una altura con respecto a la otra, la F calculada fue de 11.41, y el porcentaje de error es de .007 %

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

11. ABSTRACT

In a Cerro el Potosi lot, in Galeana, Nuevo León, México that is characterized by different kinds of vegetation, dominated by *Picea sp.*, *Pseudotsuga sp.* and *Abies sp.*, whit chaparral areas, submontan matorral, desert matorral, roestofilo and others, different restoration treatments were made to determine the response of burned vegetation from the 1998 wild fire.

Lose of soil, ground covered and surviving of *Pinus culminicola* plants in percentage were measured. There were two different blocks at the elevations 3,691 masl and 3,659 masl. Different treatments were tested T1 burning area plus exclusion and planting (+B+E+P). T2 burning area plus exclusion without planting (+B+E-P). T3 burning area without exclusion neither planting (+B-E-R) and T4 non burned area without exclusion neither planting (-B-E-R). The results were procesed by ANOVA whit two blocks, four treatments and tree replicates.

The lose of soil determined of was 124 ton/ha/yr at altitude of 3,459 masl and 89.58 ton/ha/yr at 3,691 masl. The treatment 3 showed higher level of soil lose in both altitudes, at 3,691 masl it was 100.48 ton/ha/yr and 169.24 at 3,459 masl, although the results between treatments did not show statistical differences, they can indicate that there are some tendencies to have higher level soil lose in areas without exclusion neither restoration.

Ground covered was the same percentage (18% rock) in both heights, In contrast the percentage of organic mater and steam were increasing.

In the planting of one year old, it showed better surviving of *Pinus culminicola* plants at 3,691 masl with 60.5 %, at 3,459 masl it was 40.33% in these aspects the results showed statistical differenced in both heights (F=11.41) P 0.07%

12. LITERATURA CITADA

Aguilar C., Martínez E. y Arriaga L. 2002 Pérdida del hábitat y fragmentación de ecosistemas durante 27 años en México XV Congreso Mexicano de Botánica Conservación y Manejo de Recursos

Aguirre C. J. E. (Sin Fecha) Prácticas de campo y laboratorio para análisis de suelos. Monterrey, Nuevo León. Facultad de Agronomía. UANL

Aguirre, C. O y Jiménez, P. J. 1999 Índices para la descripción de la estructura de ecosistemas forestales Proyecto CONACYT 28185-B, PAYCIT CN195-99.

Alanis G. 1998 Ecología de Plantas de Nuevo León, México.

Anderson, R.C. Schwegman, J.E. y Anderson, M.R. 2001 "Micro-Scale Restoration: A 2-Year History of a Southern Illinois Barrens". Society for Ecological Restoration. Restoration Ecology 8(3) 296-306

Anaya G., M. 1990. La degradación del suelo inducida por el hombre en México. Memorias del Primer Simposium Nacional "Degradación del suelo" Abril 1990.

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C., Pontanier, R. 1993. Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystems in Arid and Semi-Arid Lands. I. A. View from the South. Restoration Ecology

Bader, B.J. 1996. "Midwest Oak Savanna and Woodland Ecosystems Conference" Restoration and Management Notes 14:1 Summer 1996.

Behl, H.M. and Goef, V. L. 1999. "Evaluation of Sesbania Formosa for rehabilitation of Degraded Sodic Soils. Forest, Farm and Community Tree Research Reports – V Vol. 4.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Beyers, J. L., Wakeman, C. D., Wohlgemuth, P. M. and Conard, S. G. 1998. "Effects of Postfire Grass Seeding on Native Vegetation in Southern California Chaparral" 19th Forest Vegetation Management Conference, Redding, C.A.

Blake, J. G. 2000. "Restoration of an oak forest in east-central Missouri. Early effects of prescribed burning on woody vegetation" *Forest Ecology and Management (For. Ecol. Manage.)* vol. 139, no. 1-3, pp 109-126, 20 Dec. 2000.

Bowler, P. 2001. "Largescale Salvage of Costal Sage Scrub through Transplantation". Department of Ecology and Evolutionary Biology, university of California, Irvine, CA-

Budowski, G. 1988 *Biological diversity and forestation in the tropics*. Proceedings of an international symposium on the occasion of 100 years of forestry education and research in the Netherlands. pp 115-125 Center for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc) Wageningen

Camacho G., N. 1996. " Optimización de inventarios forestales para *Pinus hartwegii* Lindl. En el sur de Nuevo León. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

Carter, J. 2001 Ten commandments of forest restoration. *Forest Ecology Network* Volume Five Number one Winter 2001

Chávez H., Y. y Aguilera H., N. 1990. Índices de propagación de incendios y su relación con la erosión de los terrenos forestales. *Memorias del Primer Simposium Nacional "Degradación del suelo"* Abril 1990.

Colegio de Postgraduados. 1977 "Manual de Conservación del Suelo y del Agua". Chapingo México SARH. SPP.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Díaz F. E., Chávez H. Y., Zepeda C. H., Gómez-Tagle C. A., Gómez-Tagle R., A. (2001) Uso de especies arvenses en el control de la erosión hídrica. XV Congreso Mexicano de Botánica pérdida de suelo discusión.

Evans, J. 1983 Soil and water management aspects of forestation. Proceedings of an international symposium on the occasion of 100 years of forestry education and research in the Netherlands. pp 96-114 Center for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc) Wageningen

FAO. 1991. Sustainable agricultura and rural development in Latin America and the Caribbean. Regional document no 3.

FAO/Netherlands Conference on Agriculture and the Enviroment. 'S Hertogenbosch, The Netherlands, 15-19 April 1991. 25pp.

García A., M. 1996. "Análisis de la cubierta vegetal y propuesta para la zonificación ecológica del cerro El Potosí, Galeana, N.L., México. Tesis F.C.F., U.A.N.L. Linares, Nuevo León.

Gatewood, S. 2000. Love the Neighbor – No Matter What!. Texas Society for Ecological Restoration Fifth Annual Conference. Fort Davis, Texas.

González, K., V., Hernández S., G., Hernández S., D. 1990. "Evaluación de la pérdida del suelo (1a. Aproximación) en una región de la serranía de Actopan, Hidalgo, México. Memorias del Primer Simposium Nacional "Degradación del suelo" Abril 1990.

Good, B. 1993 "Combatting Erosion and Revitalizing Native Ecosystems Restoration and Management Notes 11:2 Winter

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Green, C. 1998 Restoration ecology: The concept and discipline. Forest Resources Library. University of Washington

Groos, E., Steinblums, I, Ralston, C. and Jubas, H. 1988 Emergency Watershed Treatments on Burned Lands in Southwestern Oregon. Proceedings of the Symposium on Fire and Watershed Management. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-109 1998.

Gutiérrez G., M. 2002 "Comparación de métodos en la estimación de erosión hídrica" Tesis de Licenciatura UANL FCF. 59 p.

Jackson, J.K. 1988 Why do forest plantations fail? . Proceedings of an international symposium on the occasion of 100 years of forestry education and research in the Netherlands. pp 277-285 Center for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc) Wageningen

Jiménez, P. J., Aguirre, C. O., Jurado, Y. E. En prensa. Restauración y conservación ecológica de *Pinus culminicola* en un ecosistema multicohortal. Departamento de Silvicultura, Revista Científica UANL.

Jiménez, P. J., Aguirre, C. O., Treviño, G. E., Jurado, Y. E. González T. M. 1999. Patrones de desarrollo en un ecosistema de *Pinus culminicola* y *P. Hertwegii*. Departamento de Silvicultura, Revista Ciencia/ Vol. II. No. 2. Abril-Junio 1999.

Kozolowski, T.T. 1974. "Fire and Ecosystems" Academic Press.

Maldonado H. A. 2001 "Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa La Estrella en el municipio de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría UANL FCF. 54 p.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Martínez B., R., Nava C., Y. Ricker, M. y Siebe, Christina 2001 "Evaluación del Crecimiento y Supervivencia de Diez Especies Nativas Multipropósito en Tres Tipos de Vegetación Secundaria en Tabasco" Congreso Mexicano de Botánica

Mason, F. y Truong, P. 1999. "Control de la erosión y los Sedimentos en la agricultura y las tierras forestales en Queensland, Australia.

McIever, J. and Starr, L. 2001. Restoration of degraded lands in the interior Columbia River basin: passive vs. active approaches. Forestry and Range Science Lab. Pacific Northwest Research Station, 1401. Forest Ecology and Management 153(2001) 15-28

MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes), 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Madrid España. 478 pp.

Muñoz R., C.A. 2001. "Elaboración de un Modelo Espacial de Peligro de incendios Forestales" tesis de Maestría Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, Nuevo León. Mayo 2001.

Ortiz A., C., Swaine , M. y Jardel P., E. (2001) Restauración de bosque mesófilo de montaña: plantaciones de especies arbóreas bajo el dosel de *Pinus douglasiana* en la Sierra de Manantlán

Orpeza R., J. y Flores R., D. 1990. "Dinámica de la hidroerosión en una cuenca del estado de Guerrero, México. en Memorias del Primer Simposio Nacional degradación del Suelo. Instituto de Geología UNAM. Abril 2-7 1990.

Packard, S. 1994. "Sucesional Restoration Thinking Like a Prairie Restoration and Management Notes 12:1 Summer 1994

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Pando M., M. 2002 *Análisis de los indicadores ambientales y socioeconómicos en la desertificación: un estudio de caso*. Tesis Doctoral UNAM. 161 p.

Posada J.M., Mitchell T., Cavelier J. 2001 "Cattle and Weedy Shrubs as Restoration Tools of Tropical Montane Rainforest" *Restoration Ecology* 8 (4), 370-379

Richard F. W. 2001. Burning characteristics of needles from eight Pine species. *Forest Science*. 47 (3) pag. 390.

Rodríguez, F. H., Rodríguez, A. J. 1992 *Métodos de análisis de suelos y plantas*. Trillas

Rodríguez M., E. 6 Jul 1998 12:30 hrs. (Notimex).-

Rzedowski, J. 1983. "Vegetación de México" Editorial Limusa, S.A.

SEMARNAT. 2000. "El Sector Forestal de México: Situación Actual y Perspectivas (1998). Sistema Nacional de Información Forestal. 30/05/01.

SEMARNAT 2001 México, segundo lugar a escala mundial en pérdida de bosques y selvas

Society for Ecological Restoration Last updated 18 November, 1998.

Southgate, D. 1998 *Tropical Forest Conservation*. Oxford University Press, Inc. 175 9.

Vance, NC and Entry, J. A. 2000. "Soil properties important to the restoration of a Shasta red fir barrens in the Siskiyou Mountains" *Forest Ecology and Management (For. Ecol. Manage.)* vol. 138, no. 1-3, pp 427-434, 1 Nov. 2000.

PRUEBA DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ÁREAS DETERIORADAS DEL CERRO EL POTOSÍ, GALEANA, NUEVO LEÓN MÉXICO

Villalón M., H., Carrillo P., A. y Soto R., J.M. 1991. "Comparación de dos longitudes de líneas de muestreo para estimar cobertura en el matorral Tamaulipeco mediante el método de Puntos Modificado. Fac. de Ciencias Forestales UANL. Reporte Científico No. 23.

William, A. 2000 Restoring Hawaii's dry forests BioScience v. 50 no12 p. 1037-41
ISSN: 0006-3568 Number: BBAI01015301

Wohlgemuth, P. M., Beyers, J. L., Wakeman, C. D., and Conard, S. G. 1998. "Effects of Fire and Grass Seeding on Soil Erosion in Southern California Caparral" 19th Forest Vegetation Management Conference, Redding, C.A.

WRM, 2002 México: avanza la deforestación, pero no las medidas para contrarestarlas Boletín No. 54 de WRM.

Yates C.J., Hobbs R.J. Atkins L. 2001 "Establishment of Perennial Shurb and Tree Species in Degraded *Eucalyptus salmonophloia* (Sañmon Gum) Remnant Woodlands: Effects of Restoration Treatments" Restoration Ecology 8 (2), 135-143

