

Efectos de plantaciones forestales en el control, recuperación y protección del suelo, en áreas degradadas de la Región de Aysén⁽¹⁾

Pizarro, V.(2), Mancilla, G.(2)

(2) Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. Av. Santa Rosa 11315. La Pintana. Casilla 9206. Santiago. Chile. viviana.pizarro.v@gmail.com

1. Introducción

En el pasado, la XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo fue gravemente afectada por incendios que buscaban eliminar los bosques a fin de habilitar los terrenos para la ganadería. Se estima que cerca de tres millones de hectáreas fueron arrasadas por tal fenómeno. Comienza así un proceso de erosión que en la actualidad afecta al 45% de la región, y pone a este fenómeno como el principal problema de degradación de los suelos regionales.

Actualmente los terrenos erosionados son utilizados en ganadería extensiva, ya que se desarrolla una economía de subsistencia por parte de pequeños propietarios.

Las plantaciones con especies de rápido crecimiento son una herramienta en el control de la degradación de los suelos, ya que otorgan protección contra la acción erosiva del viento y el agua. Sin embargo, el efecto de éstas ha sido escasamente cuantificado y/o evaluado, generándose dudas respecto a los beneficios que producirían.

En la XI Región, las plantaciones forestales alcanzan sólo el 3% de la superficie gravemente erosionada, por lo que la tasa de forestación no contrarresta en forma importante la degradación de los suelos; de hecho, existe aún un potencial de 1.000.000 ha para ser plantadas. Por lo tanto, con el fin de evaluar el rol de las plantaciones en la recuperación y protección de suelos de la Región de Aysén, es necesario estudiar los efectos que experimenta el suelo degradado al ser ocupado por especies forestales de rápido crecimiento.

De acuerdo a la información precedente, el objetivo de la presente investigación fue analizar los efectos de plantaciones de *Pinus ponderosa* (Dougl. ex Laws.) y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, sobre propiedades físicas y químicas del suelo relacionadas con la erosión hídrica, en la XI Región.

⁽¹⁾ Forestal Mininco S.A. "Proyecto Aysén". Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.

2. Material y Método

2.1 Material

2.1.1 Zona de estudio

El estudio fue realizado en la XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, en tres predios pertenecientes a Forestal Mininco S.A. y en la Reserva Nacional Mañihuales, cuya administración corresponde a la Corporación Nacional Forestal. Se encuentran ubicados geográficamente entre los paralelos 45°12' y 45°55' latitud Sur y los meridianos 71°80' y 72°42' longitud Oeste.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, la zona estudiada en la Comuna de Aysén se encuentra bajo el Clima Marítimo Templado Frío Lluvioso de la Costa Occidental. Se caracteriza por una alta pluviometría (2000 a 3000 mm/año), con precipitaciones distribuidas uniformemente durante el año. La temperatura media anual es de 9°C, con baja oscilación térmica (IREN, 1979).

La zona ubicada en la Comuna de Coyhaique, se encuentra bajo el Clima Trasandino con Degeneración Esteparia. Las precipitaciones disminuyen con respecto a la zona climática anterior (900 a 1.300 mm/año), la distribución no es uniforme debido a que se acentúa más en la estación invernal. Las precipitaciones disminuyen en forma gradual hacia el Este, a medida que se acerca la Estepa. La temperatura media anual es de 8,7°C con fuerte oscilación térmica (IREN, 1979).

En general los suelos de la región se han derivado a partir de depósitos de cenizas volcánicas, las que han cubierto un paisaje establecido con anterioridad. Los suelos son jóvenes y poco desarrollados. Los sustratos de la zona más occidental se presentan algo más evolucionados, con evidencias de procesos de migración de material fino en profundidad, debido a que la formación o meteorización fue más intensa en zonas más bajas y húmedas, mientras que en las zonas más elevadas, frías y secas, el proceso fue menos intenso predominando las texturas medias a gruesas (IREN, 1979; Schlatter, 1996).

Con respecto a la Capacidad de Uso del suelo, predominan las clases no arables, debido a las

características topográficas y de relieve. Corresponden a suelos poco fértiles e inestables, con alta susceptibilidad a la erosión y fuertemente degradadas (IREN, 1979).

Las áreas analizadas dentro del patrimonio de Forestal Mininco S.A. correspondieron a los siguientes predios:

- La Cabaña

Ubicado en la Provincia de Coyhaique, posee una superficie de 73,53 ha de *P. ponderosa* de 15 años de edad al momento de la toma de muestra. La pendiente promedio corresponde a 25%. Las exposiciones corresponden a N-O. La erosión presente en el predio corresponde a moderada. La cobertura de copa es de 75% promedio.

- El Mirador

Ubicado en la Provincia de Coyhaique, posee una superficie de 60,56 ha de *P. ponderosa* de 21 años de edad al momento de la toma de muestras. La pendiente promedio corresponde a 32%. Las exposiciones corresponden a S-E. y S-O. La erosión presente en el predio corresponde a moderada. La cobertura de copa es de 65% promedio.

- Los Pinos

Ubicado en la Provincia de Aysén, posee una superficie de 49,6 ha de *P. menziesii* de 15 años de edad al momento de la toma de muestras. La pendiente promedio corresponde a 36%. Las exposiciones corresponden a N. La erosión presenta en el predio corresponde a moderada y severa. La cobertura de copa es de 80% promedio.

Además se analizó la Reserva Nacional Mañihuales ubicada en la Provincia de Aysén, posee una superficie de 89,1 ha de plantaciones de *P. menziesii*, de 38 años de edad al momento de la toma de muestras. La pendiente promedio corresponde a 33%. Las exposiciones corresponden a N. La erosión presenta en el predio corresponde a moderada y severa. La cobertura de copa es de 85% promedio.

Al mismo tiempo, se utilizaron áreas con características topográficas similares a las antes mencionadas, pero cuyo uso del suelo corresponde al que existía antes de establecer las plantaciones.

2.1.2 Material complementario

Los antecedentes de superficie, rodalización y pendiente correspondientes a los predios y a la Reserva Nacional Mañihuales, fueron entregados por la empresa Forestal Mininco S.A. Los antecedentes fisiográficos y de exposición fueron tomados en terreno, a través de la aplicación de un formulario de terreno. La información meteorológica, para los predios El Mirador y Las Cabañas, fueron adquiridas en el Centro de información de recursos hídricos de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. Los antecedentes para el predio Los Pinos y la Reserva Nacional Mañihuales fueron proporcionados por Forestal Mininco S.A.

2.2 Método

Para la realización del estudio, cada predio fue dividido en dos unidades homogéneas, las cuales se muestrearon y posteriormente analizaron.

2.2.1 Determinación de unidades homogéneas

Las unidades homogéneas se determinaron a través del análisis de sistemas de información geográfica, de acuerdo a condiciones similares de uso, exposición, pendiente y forma de la pendiente. Cada unidad homogénea fue descrita a través de la aplicación en terreno de un formulario, el cual contuvo información sobre vegetación, topografía, fisiografía, uso actual y erosión.

2.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental del estudio corresponde a un diseño completamente al azar. Este diseño consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales

Cada predio será considerado como un análisis independiente que constatará de dos tratamientos, T1 y T2.

T1: Situación sin plantación

T2: Situación con plantación

2.2.3 Toma de muestras de suelo

Dentro de cada unidad homogénea se tomaron muestras de suelo a dos profundidades con tres repeticiones. La primera muestra se obtuvo entre los 0 y 15 cm de suelo y la segunda entre los 15 y 30 cm. Todo ello debido a que las pérdidas de suelo ocurren principalmente en los primeros horizontes. Cada una de las muestras estuvo compuesta por aproximadamente 1 kg de suelo.

2.2.4 Análisis de muestras

Los análisis aplicados a las muestras de suelo colectadas en las distintas situaciones a comparar fueron:

Análisis Físico

Textura, densidad aparente, estabilidad de agregados y conductividad hidráulica.

Análisis Químico

pH, nitrógeno disponible, fósforo disponible, potasio disponible, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica.

2.2.5 Métodos de análisis de suelo

Los métodos utilizados para el análisis de las muestras de suelo colectadas, se indican en los cuadros siguientes de acuerdo al tipo de análisis. Cabe señalar que cada uno de ellos, se realizaron en el Laboratorio de Suelos Ventura Matte, del Departamento de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile.

Cuadro 1. Propiedades físicas evaluadas y método empleado en el análisis de los suelos.

Nº	PROPIEDAD FÍSICA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO UTILIZADO	BIBLIOGRAFÍA
1	Conductividad hidráulica	cm/s	Método de Cilindro infiltrométrico	Holzappel, 2000
2	Densidad aparente	g/cm ³	Método del Cilindro de Boodt	Oyanedel, 1992
3	Estabilidad de agregados	%	Tamizado en húmedo	Gallegos, 1998
4	Humedad de saturación	%	Método de Dewis y Freitas	Jackson, 1964
5	Textura	%	Método de la Pipeta de Kohn	Oyanedel, 1992

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Propiedades químicas evaluadas y método empleado en el análisis de los suelos.

Nº	PROPIEDAD QUÍMICA	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO UTILIZADO	BIBLIOGRAFÍA
1	CIC	cmol(+)/kg	Método de Percolación con Acetato de sodio	Jackson, 1964
2	pH	...	Método Potenciométrico	Jackson, 1964
3	Ca disponible	cmol(+)/kg	Desplazamiento de cationes con Acetato de amonio 1N pH7	Jackson, 1964
4	Mg disponible	cmol(+)/kg	Desplazamiento de cationes con Acetato de amonio 1N pH7	Jackson, 1964
5	MO	%	Método de Walkley - Black	Jackson, 1964
6	N disponible	ppm	Método de Bremner y Keeney	Oyanedel, 1992
7	P disponible	ppm	Método de Olsen	Oyanedel, 1992
8	K disponible	ppm	Método del Acetato de amonio	Oyanedel, 1992

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6 Estimación de pérdida de suelo

Los montos de pérdida de suelos, fueron estimados a través de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE). La ecuación corresponde a:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

- A: Pérdida de suelos estimada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R.
- R: Factor lluvia y escurrimiento, es el número de unidades de índice de erosión pluvial.
- K: Factor de susceptibilidad de erosión del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad de índice de erosión pluvial.
- L: Factor de longitud de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos en el largo de la pendiente específica con respecto a un largo de pendiente estándar (22,1 m).
- S: Factor de magnitud de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos de una superficie con una pendiente específica con respecto a aquella en la pendiente estándar de 9%, con todos los otros factores idénticos.
- C: Factor cubierta y manejo, es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua.
- P: Factor de prácticas de apoyo de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente.

2.2.7 Análisis de los resultados

Los resultados fueron procesados con ayuda de Excel, se aplicó estadística descriptiva y un análisis de varianza, con un nivel de significación de 5%.

3. Resultados

3.1 Predio Las Cabañas

El siguiente cuadro presenta los resultados de los análisis físicos del predio para los dos tratamientos aplicados:

Cuadro 3. Resultados de análisis físicos predio Las Cabañas.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		15-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
Clase textural	....	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Arena	%	59,59	56,91	61,91	59,08
Limo	%	25,50	25,84	26,12	27,41
Arcilla	%	14,91	17,25	11,97	13,51
Densidad	g/cm ³	0,73	0,59	0,77	0,68
Conductividad hidráulica	cm/seg	0,12	0,18	....	....
Estabilidad de agregados	....	1,56	2,92	1,03	1,46

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro siguiente muestra los resultados de los análisis químicos realizados en el predio, para los dos tratamientos aplicados.

Cuadro 4. Resultados de análisis químicos predio Las Cabañas.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
pH	....	5,76	6,00	5,79	6,07
Materia orgánica	g	7,56	22,83	2,86	8,25
CIC	cmol(+)/kg	35,95	48,87	26,11	35,61
N disponible	ppm	4,14	13,31	2,37	6,30
P disponible	ppm	18,33	27,35	6,16	8,76
K disponible	ppm	188,36	269,89	94,81	136,94
Ca intercambiable	cmol(+)/kg	13,09	18,64	10,59	13,62
Mg intercambiable	cmol(+)/kg	1,28	2,51	0,92	1,54

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

La pérdida por erosión estimada a través de la USLE para el predio corresponde a 67,64 ton/ha/año para el terreno desprovisto de vegetación arbórea y 14,36 ton/ha/año para el tratamiento con plantación.

El análisis de varianza concluye que existe diferencia entre tratamientos, para todas las variables analizadas, exceptuando el contenido de arena, limo y arcilla. Es decir que los tratamientos aplicados no poseen efectos nulos sobre las variables y las diferencias encontradas son atribuibles a los tratamientos.

3.2 Predio El Mirador

Los resultados correspondientes a los análisis físicos realizados se presentan en el siguiente cuadro, para ambos tratamientos.

Cuadro 5. Resultados de análisis físico predio El Mirador.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
Clase textural	....	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Arena	%	56,42	59,22	58,63	60,95
Limo	%	27,78	25,07	28,07	24,70
Arcilla	%	15,80	15,71	13,29	14,35
Densidad	g/cm ³	0,70	0,50	0,72	0,60
Conductividad hidráulica	cm/seg	0,20	0,43	....	....
Estabilidad de agregados	....	1,18	1,77	1,00	1,38

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los análisis químicos, por tratamiento, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Resultados de análisis químicos predio El Mirador.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
pH	....	5,82	6,11	5,87	6,32
Materia orgánica	g	8,93	23,34	3,18	10,04

CIC	cmol(+)/kg	34,75	57,27	27,44	44,29
N disponible	ppm	6,35	14,63	2,28	3,52
P disponible	ppm	15,70	28,58	5,33	11,55
K disponible	ppm	162,00	245,58	89,33	116,15
Ca intercambiable	cmol(+)/kg	10,76	15,36	7,32	10,94
Mg intercambiable	cmol(+)/kg	1,26	3,06	1,06	1,55

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

Los montos de pérdida de suelo estimados por USLE para el predio corresponden a 107,11 ton/ha/año para el tratamiento sin plantación y 3,45 ton/ha/año para el tratamiento con plantación.

El análisis de varianza concluye que existe diferencia entre tratamientos, para todas las variables analizadas, exceptuando el contenido de arena, limo y arcilla. Es decir que los tratamientos aplicados no poseen efectos nulos sobre las variables y las diferencias encontradas son atribuibles a los tratamientos.

3.3 Predio Los Pinos

El cuadro 7, presenta los resultados obtenidos de los análisis físicos para T1 y T2 en el predio Los Pinos.

Cuadro 7. Resultados de análisis físicos predio Los Pinos.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
Clase textural	....	Franco arenoso	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso
Arena	%	56,06	51,34	57,00	53,10
Limo	%	30,35	34,35	31,79	34,84
Arcilla	%	13,60	14,31	11,21	12,06
Densidad	g/cm ³	0,66	0,51	0,66	0,57
Conductividad hidráulica	cm/seg	0,22	0,72	....	....
Estabilidad de agregados	....	1,78	2,79	1,15	1,69

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente cuadro exhibe los resultados obtenidos en los análisis químicos, de los tratamientos aplicados en el predio.

Cuadro 8. Resultados de análisis químicos predio Los Pinos.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
pH	....	5,64	5,50	5,67	5,56
Materia orgánica	g	6,05	17,22	2,04	6,38
CIC	cmol(+)/kg	59,36	90,21	45,68	68,93
N disponible	ppm	9,91	20,88	3,59	9,45
P disponible	ppm	1,27	5,38	0,39	1,16
K disponible	ppm	136,52	207,23	94,58	134,68
Ca intercambiable	cmol(+)/kg	6,63	11,52	4,33	6,11
Mg intercambiable	cmol(+)/kg	0,94	1,77	0,48	0,77

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

La pérdida de suelo estimada por la USLE para el predio Los Pinos corresponde a 131,47 ton/ha/año, para el tratamiento sin plantación y 1,17 para el tratamiento con plantación.

El análisis de varianza concluye que existe diferencia entre tratamientos, para todas las variables analizadas, exceptuando el contenido de arena, limo y arcilla. Es decir que los tratamientos aplicados no poseen efectos nulos sobre las variables y las diferencias encontradas son atribuibles a los tratamientos.

3.4 Reserva Nacional Mañihuales

Los resultados obtenidos luego de la realización de los análisis físicos se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 9. Resultados de análisis físicos Reserva Nacional Mañihuales.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
Clase textural	....	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Arena	%	58,67	58,53	60,03	70,88
Limo	%	27,62	26,87	28,09	20,48
Arcilla	%	13,70	14,59	11,88	8,65
Densidad	g/cm ³	0,84	0,59	0,85	0,62
Conductividad hidráulica	cm/seg	0,17	0,87	....	....

Estabilidad de agregados	2,03	2,88	1,06	1,57
--------------------------	------	------	------	------	------

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los análisis químicos realizados se presentan en el cuadro 10, para los dos tratamientos aplicados.

Cuadro 10. Resultados de análisis químicos Reserva Nacional Mañihuales.

ANÁLISIS	UNIDAD	Profundidad de muestreo			
		0-15		16-30	
		T1 s/p	T2 c/p	T1 s/p	T2 c/p
pH	....	5,12	5,60	5,17	5,47
Materia orgánica	g	4,99	18,69	1,87	5,39
CIC	cmol(+)/kg	29,12	41,65	25,25	34,38
N disponible	ppm	7,12	15,99	5,23	6,87
P disponible	ppm	2,25	3,80	1,24	3,12
K disponible	ppm	79,40	109,40	42,65	66,81
Ca intercambiable	cmol(+)/kg	7,01	12,74	4,63	6,67
Mg intercambiable	cmol(+)/kg	0,89	1,32	0,43	0,91

T1 s/p: Tratamiento 1, sin plantación; T2 c/p: Tratamiento 2, con plantación

Fuente: Elaboración propia.

Los montos de suelo perdidos por concepto de erosión estimados a través de la aplicación de la USLE corresponden a 175,78 ton/ha/año para el tratamiento sin plantación y 0,63 ton/ha/año para el tratamiento con plantación.

4. **Discusión**

Las clases texturales obtenidas para los suelos con plantaciones, en todos los predios, en general, no se relacionan con el contenido de materia orgánica como lo señala Morgan (1997), quien menciona que a mayor contenido de arcilla, existe mayor contenido de materia orgánica. Sin embargo en el caso puntual del predio Las Cabañas, quien posee el mayor valor de materia orgánica sí concuerda la aseveración.

Morgan (1997) y Agassi (1996), señalan que el contenido de arcilla es un correcto indicador de la erosionabilidad debido a que las partículas de arcilla se combinan con las de materia orgánica para formar agregados. Suelos con alto contenido de bases minerales son generalmente más estables ya que éstas contribuyen a la unión química de los agregados. Esto es concordante con los resultados obtenidos en la investigación debido a que los suelos que contienen mayor cantidad de arcilla, como es el caso del predio Las Cabañas, son los que poseen los mayores valores de estabilidad de agregados.

Con respecto a la estabilidad de agregados y materia orgánica, Agassi (1996) señala que los principales efectos de la materia orgánica en la erosión del suelo son el efecto sobre la estabilidad de agregados a través de la interacción vinculante entre arcilla y materia orgánica y la protección física de la superficie del suelo. Lo señalado coincide con los resultados obtenidos debido a que el mayor valor obtenido en materia orgánica corresponde al mayor valor de estabilidad.

Los suelos de textura gruesa, como los arenosos y franco arenosos, tienen mayor velocidad de infiltración y por consiguiente mayor conductividad hidráulica que los suelos arcillosos, debido al mayor tamaño de los espacios entre partículas (Morgan, 1997). Esto coincide con los resultados obtenidos debido a que los suelos con mayor contenido de arena tienen altos valores de conductividad hidráulica. Por otro lado, el predio que presenta mayor contenido de arcilla, se encuentra dentro de los valores más bajos de conductividad hidráulica.

Fósforo se presenta en rangos estrechos de pH, usualmente es entre 6 y 7, esto coincide con lo obtenido ya que los mayores valores de fósforo se obtuvieron en ese rango de pH.

Toro (2008) compara plantaciones de *Pinus radiata* y *P. menziesii* con una pradera utilizada en ganadería y señala que al analizar los horizontes orgánicos y minerales del suelo, la acumulación de nutrientes supera largamente a lo acumulado en la pradera. Dichos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio, donde los contenidos de N, P y K de las plantaciones analizadas superan a los encontrados en los sitios carentes de vegetación arbórea.

Broquen *et al* (2005) comparó pH bajo superficie de estepa subarbuscivo-graminosa y plantaciones de *Pinus ponderosa*, obteniendo como resultado pH más ácido bajo *P. ponderosa*. Lo mencionado contrasta con los resultados obtenidos en esta investigación, donde las plantaciones de *P. menziesii* y *P. ponderosa* obtuvieron pH más altos que los suelos desprovistos de vegetación arbórea. Sin embargo los estudios coinciden en que en promedio, todos los suelos fueron ligeramente ácidos.

Con respecto a las bases de intercambio, Broquen *et al* (2005) obtiene 9 y 11 cmol(+)/kg de Ca para *P. ponderosa* y estepa subarbuscivo-graminosa respectivamente; Estos valores son menores a los alcanzados en este estudio. Para Mg Broquen *et al* (2005) obtiene 3 y 1 cmol(+)/kg para *P. ponderosa* y estepa subarbuscivo-graminosa respectivamente; Estos valores son menores a los alcanzados en el presente estudio. Al comparar los resultados de CIC, se supera ampliamente los alcanzados por el mismo autor, quien obtiene 9,93 cmol(+)/kg para *P. ponderosa* y 9,13 cmol(+)/kg para estepa subarbuscivo-graminosa.

Con respecto a la pérdida de suelo, Broquen *et al* (2003) compara pérdidas de suelo reales y simuladas bajo plantaciones de *P. ponderosa* y estepa subarbuscivo-graminosa, señalando que las diferencias encontradas entre ambos usos muestran el efecto de las plantaciones sobre el control de la erosión y el mantenimiento de la productividad real del sistema. Tales aseveraciones concuerdan con los resultados alcanzados por esta investigación, ya que los montos de pérdida de suelos en suelos utilizados en ganadería y desprovistos de vegetación arbórea superan ampliamente a los obtenidos bajo plantaciones de *P. ponderosa* y *P. menziesii*.

Los altos porcentajes de materia orgánica conseguidos bajo plantaciones forestales, en comparación a los de suelos desprovistos de vegetación arbórea, se contraponen con los alcanzados por Broquen *et al* (2007), quien obtiene mayores valores para suelos bajo vegetación de estepa utilizados en ganadería que para suelos bajo *P. ponderosa*. Sin embargo existen coincidencias con respecto al efecto positivo en la protección del suelo.

5. Conclusión

Es posible concluir que el establecimiento de plantaciones es una herramienta efectiva en el control de erosión y en el mejoramiento de las propiedades químicas del suelos; El efecto de mayor contribución correspondería a la protección que otorga la hojarasca, en el horizonte A, disminuyendo los montos de pérdida de suelo.

El largo periodo de tiempo que han permanecido los suelos sin vegetación arbórea y sin cobertura de protección, han desencadenado rápidos procesos erosivos en los primeros horizontes del suelo. La efectividad demostrada sitúa a las plantaciones de *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii* como una excelente herramienta para contrarrestar los efectos negativos de la erosión y la recuperación de suelos degradados en la Región de Aysén.

6. Bibliografía

AGASSI, M. 1996. Soil erosion, conservation and rehabilitation. New York, United States of America. 402 p.

BROQUEN, P; CANDAN, F; FALBO, G; *et al.* 2003. Impacto de *Pinus ponderosa* sobre la acidificación de los de la transición bosque-estepa, SO del Neuquén, Argentina. Bosque (Valdivia). 26(3): 63-74.

BROQUEN, P; FALBO, G; APCARIÁN, A; *et al.* 2005. Relaciones entre las forestaciones, la erosión del suelo y la potencialidad productiva en la transición bosque-estepa (Andinopatagonia, Argentina). [En línea]. <[http://www.inia.es/gcontrec/pub/099-110-\(7402\)-Relaciones_1059569767906.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/099-110-(7402)-Relaciones_1059569767906.pdf)> [Consulta: 17 de Junio de 2008].

BROQUEN, P; CANDAN, F; GIRARDIN, J. 2007. Síntomas de recuperación de suelos Andicos degradados relacionados con forestaciones de *Pinus poderosa*. Ecoforestar 2007: Primera reunión sobre forestación en la Patagonia. Argentina. 5 p.

GALLEGOS, A. 1998. Estudio sobre la pérdida de la estabilidad de los agregados del suelo como consecuencia de la erosión hídrica. Memoria para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 63 p.

HOLZAPFEL, E. 2000. Determinación de velocidad de infiltración para métodos de riegos superficiales. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 30 p.

IREN. 1979. Perspectivas de desarrollo de los recursos de al región Aysén del General Carlos Ibañez del Campo: Caracterización Climática. Publicación 26. Intendencia Región de Aysén. Chile.

JACKSON, M. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. Barcelona, España. 662 p.

MORGAN, R. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 343 pag.

OYANEDEL, N. 1992. Métodos de análisis de suelos. Apuntes Docentes N° 5. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 139 p.

SCHLATTER, J. 1996. Reconocimiento de suelos en las zonas andina y trasandina, Coyhaique, XI Región. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 69 p.

TORO, J. 2008. Efecto de dos especies forestales y del manejo silvícola en la protección y recuperación de suelos forestales degradados ubicados en la Cordillera de la Costa de la VIII Región. [En línea]. <<http://www.cartografia.cl/download/jorgetoro.pdf>> [Consulta: 16 de Junio de 2008].



*UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
4° CONGRESO CHILENO DE CIENCIAS FORESTALES*

Aceptación para publicación en plataforma virtual

Señores
Comisión Organizadora
4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales
Universidad de Talca, Chile.

Estimados Señores

Quien suscribe, autores de la ponencia: "Efecto de plantaciones forestales en el control, recuperación y protección del suelo, en áreas degradadas de la región de Aysén." autorizan a los organizadores del 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, a la publicación del texto completo en la plataforma virtual *Dspace* de la Biblioteca de la Universidad de Talca, permitiendo con ello a su acceso a través de la Internet.

El texto, que se envió en formato Word, será transformado a formato pdf para su publicación. Su difusión estará disponible hasta el mes de Octubre del 2010.

Atentamente,

Viviana Pizarro



Gabriel Mancilla

Talca, junio de 2009.



UNIVERSIDAD DE
TALCA

UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
4° CONGRESO CHILENO DE CIENCIAS FORESTALES



Aceptación para publicación en plataforma virtual

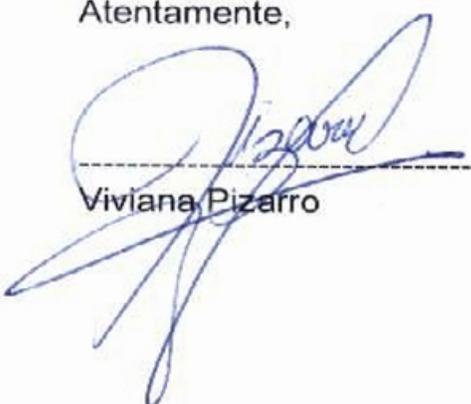
Señores
Comisión Organizadora
4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales
Universidad de Talca, Chile.

Estimados Señores

Quien suscribe, autores de la ponencia: "Efecto de plantaciones forestales en el control, recuperación y protección del suelo, en áreas degradadas de la región de Aysén." autorizan a los organizadores del 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, a la publicación del texto completo en la plataforma virtual *Dspace* de la Biblioteca de la Universidad de Talca, permitiendo con ello a su acceso a través de la Internet.

El texto, que se envió en formato Word, será transformado a formato pdf para su publicación. Su difusión estará disponible hasta el mes de Octubre del 2010.

Atentamente,



Viviana Pizarro

Gabriel Mancilla

Talca, junio de 2009.