VARIACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS SOMETIDOS A TRES USOS DIFERENTES [1]

Variation of some soil properties under three different uses

Walter Luzio L.[2], José D. Opazo A.[2] y Carlos Bascur P.[2]

SUMMARY

Three different soils with native forest, native grassland and exotic forest respectively were selected to asses the impact of these soil uses upon some soil properties. The results showed that only a few soil properties were affected ascribed to the different soil uses.

The O horizon in the native forest was the main morphological difference between the sites. CIC and pH showed no great differences. Ca and Mg cations were strongly translocated either in native and exotic forest. The exotic forest originated soil compaction throughout the profile, showed as a higher bulk density than the other sites.

Key words: Andisols, soil properties, native vegetation, exotic vegetation.

INTRODUCCIÓN

Generalmente los procesos de degradación de los suelos, tales como la erosión, la salinización, la pérdida de fertilidad, la acidificación y otros procesos degradativos, sólo se logran apreciar por sus efectos visibles directos o por un decrecimiento notable de la productividad en el caso de aquellos suelos que están bajo cultivo.

Es decir, la modificación de las propiedades de los suelos sólo se evidencian una vez que esos procesos se encuentran en etapas tan avanzadas que cualquier intento de recuperación o de retornar a las condiciones iniciales requiere de alteraciones tan profundas que normalmente no se justifican a causa de las elevadas inversiones que sería necesario efectuar.

Son escasas las investigaciones en las cuales se evalúan los impactos que usos determinados de los suelos pueden tener sobre ellos. En particular, sobre el deterioro de algunas de sus propiedades, las pérdidas de algunas cualidades o el incremento de sus limitaciones. En relación al impacto de usos y manejo en suelos de aptitud forestal cabe destacar los trabajos de Ellies *et al.* (1993) y de Gayoso e Iroumé (1993).

En esta investigación se ha evaluado el efecto que tres alternativas de uso de un suelo tienen sobre algunas de sus propiedades morfológicas, físicas y químicas. Para ello se ha seleccionado una situación en la cual, en muy corta distancia, se realizan tres clases de usos diferentes sobre el mismo suelo. La proximidad de los lugares de estudio permite, con bastante certeza, asegurarse que se trata del mismo suelo, condición indispensable para lograr una adecuada comparación de los cambios sufridos por el suelo y atribuibles a su uso.

No obstante que se trata del mismo taxon, se presentan algunas diferencias, pues responden al concepto de fases reales separadas en este caso por la pendiente dominante del sector de descripción y muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron tres lugares con usos diferentes: pradera natural (o naturalizada) (PN), bosque nativo (BN) y bosque exótico de eucaliptus de 5 años y, anteriormente, 45 años de pino insigne (BE), separados entre sí por una distancia máxima de 700 m, dentro de la formación de la Cordillera de la Costa en la provincia de Valdivia, IX Región. En cada sitio se describió el suelo, en calicatas, de acuerdo al Soil Survey Manual (Soil Survey Division Staff, 1993), y se muestrearon por horizontes genéticos (Figura 1).

[1]Recepción de originales: 30 de enero de 1997.
Investigación financiada por FONDECYT, Proyecto N° 1950852.
[2]Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.

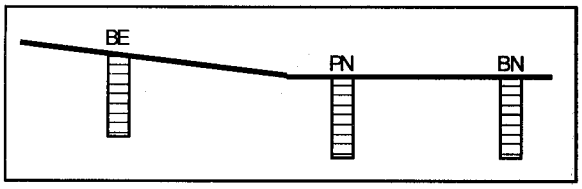

FIGURA 1. Esquema que representa la ubicación relativa de los pedones.

FIGURE 1. Diagram showing the relative position of pedons.

Las muestras fueron sometidas a análisis físicos, tales como densidad aparente (terrón con parafina, Dewis y Freitas, 1970), granulometría (Bouyoucos, previa destrucción de la materia orgánica), estabilidad de agregados (Dermott, 1967) y retención de agua a 33 y 1500 kPa (Klute, 1986). Los análisis químicos fueron pH (H_2O y KCl, 1:1 y 1:2,5, potenciométricamente), carbono orgánico (Walkley-Black), CIC (NH_4OAc, pH 8,2), cationes de intercambio (NH_4OAc), Al (KCl), P (Blakemore *et al.*, 1987), Al, Fe y Si (oxalato ácido).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología

La secuencia de horizontes es prácticamente igual en los tres perfiles (PN, pradera natural; BN, bosque nativo y BE bosque exótico). La diferenciación morfológica más evidente la constituye la presencia de un horizonte orgánico, compuesto por hojas, ramas y ramillas con escasa descomposición, de 7 cm de espesor en BN, situación considerada como normal para bosques de escasa intervención. Esto no ocurre ni en BE ni en PN, condiciones en las que no se desarrolla un horizonte O. Cabe destacar que el contenido de carbono orgánico en BE es inferior a los otros dos sitios considerando los 12 cm superficiales y excluyendo el horizonte O en BN.

En el análisis de las otras propiedades morfológicas y físico químicas no se considera el horizonte O, ya que constituye una situación particular de BN.

El color del horizonte superficial se mantiene en el matiz 5YR. El horizonte transicional AB, que se presenta a una profundidad bastante regular, varía en color en un rango que va desde el 5YR al 2,5YR. El horizonte B varía en matices entre el 5YR y el 7,5YR. Estas variaciones de colores corresponden a las que presentan otros suelos derivados de materiales metamórficos del área, tales como Correltúe y Los Ulmos (CIREN - U. Austral, 1978).

Los tres perfiles evidencian una distribución textural en profundidad muy similar, pues los horizontes superficiales son de textura franco limosa, incrementándose la fracción fina hacia los horizontes más profundos, con lo cual las texturas dominantes llegan a franco arcillo limosas. La distribución de tamaño de partículas indica que en los tres perfiles hay un horizonte B textural, producto de una alteración pedogénica. Esta alteración no ha sido lo suficientemente intensa como para producir rasgos de iluviación, por lo cual se estima que el grado de evolución de los tres suelos es intermedio.

Llama la atención que la estructura del horizonte superficial en BN sea de bloques subangulares, en circunstancias que ella es granular en PN y BE. Pareciera ser que en BE, el grado de estructura ha sido más afectado en profundidad por el uso del suelo, pues se describe como masivo a los 46 cm. En forma análoga, al analizar la distribución de raíces se puede apreciar que en este mismo sitio las raíces finas ya son escasas a los 26 cm, en cambio, las raíces finas en PN y BN se mantienen como comunes hasta los 91 cm para ambos perfiles.

Al comparar la distribución de raíces en suelos bajo bosque nativo, bosque de pino y pradera, Ramirez *et al.* (1993), encontraron que la mayor cantidad se presentaba bajo bosque nativo y bajo bosque de pino sólo se produjo un tercio de esa cantidad. Sin embargo, bajo pradera se presentó la menor cantidad de raíces a través del perfil atribuible a una brusca disminución de biomasa a partir de los 10 cm de profundidad. En la pradera analizada en esta investigación la disminución de la biomasa radical se considera gradual hasta los 91 cm de profundidad.

Propiedades físicas

Densidad aparente. La densidad aparente (Da) es notoriamente más baja en BN que en PN y BE. En el horizonte B1 de BN se midió una Da de 0,58 Mgm^{-3}, el cual constituyó el valor más alto para ese perfil (Cuadro 1).

En BE, la Da de todos los horizontes se encuentra sobre 1 Mgm^{-3} y en PN, hasta los 56 cm la Da está bajo 0,8 Mgm^{-3} y sobre 1 Mgm^{-3} bajo esa profundidad (Cuadro 1). Si bien es cierto que en los tres perfiles existe una tendencia hacia el aumento de la Da con la profundidad, es difícil atribuir esa tendencia exclusivamente a una disminución de la materia orgánica hacia los horizontes inferiores. En la Figura 2, se puede apreciar que la disminución más significativa de carbono orgánico para los tres perfiles se produce entre los 10 y los 20 cm de profundidad, lo cual no se refleja en las curvas de Da (Figura 3), las cuales presentaron un claro incremento más bajo de los 60 cm para PN y BE, pero que no resulta tan claro para BN.

CUADRO 1. Propiedades físicas de los suelos. PN, pradera natural; BN, bosque nativo; BE, bosque exótico

TABLE 1. Physical properties of soils. PN, natural grassland; BN, native forest; BE exotic forest

Sitio	Hor.	Profundidad (cm)	Da (Mg m^{-3})	EA (WSI)	Retención de agua (%) 33 kPa	Retención de agua (%) 1.500 kPa
PN	Ap	0-12	0,76	333	65,7	38,4
	AB	12-27	0,70	318	57,1	34,4
	B1	27-56	0,71	433	51,0	30,4
	B2	56-91	1,01	478	41,3	26,0
	B3	91-130	1,04	481	38,6	25,9
BN	Oi	7-0	n.d.	n.d.	139,6	124,9
	A1	0-10	0,47	496	65,9	39,9
	AB	10-27	0,39	460	62,4	38,4
	B1	27-65	0,58	462	56,7	32,9
	B2	65-120	0,48	470	44,5	28,8
BE	Ap	0-11	n.d.	493	56,4	49,4
	AB	11-26	1,15	471	49,6	30,0
	BA	26-46	1,00	263	43,1	27,8
	B1	46-82	1,24	119	41,2	27,2
	B2	82-120	1,55	105	41,7	29,2

Da: densidad aparente.
EA: estabilidad de agregados.

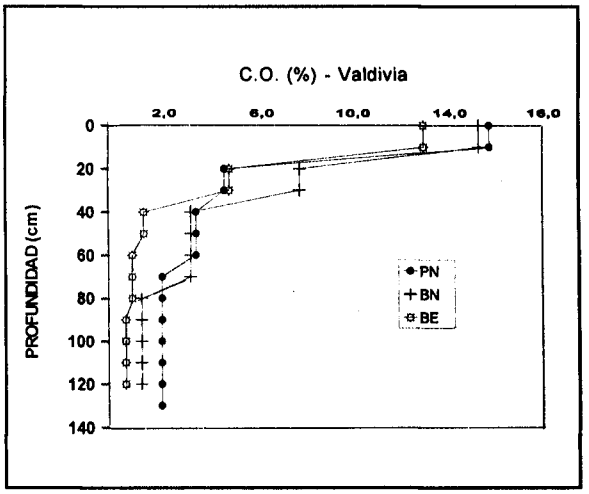

FIGURA 2. Distribución del carbono orgánico en profundidad en los tres suelos.

FIGURE 2. Organic carbon distribution with depth in the three soils.

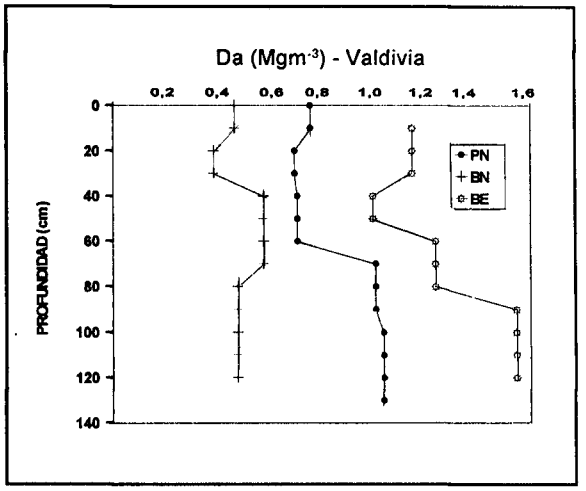

FIGURA 3. Variación de la densidad aparente en profundidad en los tres suelos.

FIGURE 3. Bulk density with depth in the three soils.

No se puede descartar tampoco el hecho que los altos valores de Da en BE tengan relación con el uso del suelo. La actividad forestal desarrollada, tales como la tala del bosque de pino y la plantación posterior con eucaliptos constituyen actividades que normalmente producen compactación del suelo y un deterioro de la condición estructural natural. En un trabajo similar, Ellies *et al.* (1993), llegaron a la conclusión que la eliminación del bosque nativo y el posterior uso forestal intensivo promueve una disminución de los macroporos en favor del incremento de los microporos, lo cual se traduce en una disminución de la aireación y de la capacidad de almacenamiento de agua útil. Estos cambios serían más notorios en los 30 cm superficiales.

Si se comparan las curvas de Da (Figura 3), se puede apreciar que, a partir de los 40 cm de profundidad hay un incremento sostenido de la Da en BE, tendencia que es menos notoria en PN e inexistente en BN. Es decir, la Da en BE es más alta que en BN y PN a través de todo el perfil pero, además, manifiesta un claro incremento bajo la profundidad señalada. Es muy posible que una mayor Da en los horizontes subsuperficiales en BE sea consecuencia no sólo de las labores forestales sino que además tenga influencia la acción compactante de las raíces gruesas de los árboles (Ellies *et al.*, 1993).

Incrementos en la resistencia a la penetración por efecto del uso del suelo también ha sido encontrada

por Ellies y Hartge (1990), en los horizontes subsuperficiales en plantaciones de *Pinus radiata* que, los autores atribuyen en ese caso, al tránsito de maquinaria durante la primera cosecha del bosque. En la presente investigación las condiciones corresponden también a uno de segunda rotación después de 45 años de *Pinus radiata*.

Retención de agua. El porcentaje de retención de agua a 33 kPa en PN y BN es claramente más alto que en BE, al menos, hasta los 80 cm de profundidad (Cuadro 1). Aun cuando el contenido de arcilla es más elevado en BE, a través de todo el perfil a lo cual se podría atribuir una mayor capacidad de retención de agua, en la realidad no es así, pues los resultados erráticos de porcentajes, particularmente bajos, de arcilla en PN y BN (Cuadro 2), no hacen más que confirmar los problemas de dispersión de estos suelos y por lo tanto constituyen una evidencia de la cubierta volcánica de ambos suelos (Beinroth *et al.*, 1985).

CUADRO 2. Distribución de tamaño de partículas y clases texturales

TABLE 2. Particle size distribution and textural classes

Sitio	Hor.	Profundidad (cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase textural
				(%)		
PN	Ap	0-12	9,40	42,8	47,8	F
	AB	12-27	1,30	57,1	41,6	Fl
	B1	27-56	0,00	70,5	29,5	Fl
	B2	56-91	9,20	34,9	55,9	Fa
	B3	91-130	13,00	33,5	53,5	Fa
BN	Oi	7-0	5,90	40,30	53,80	Fa
	A1	0-10	10,70	39,90	49,40	F
	AB	10-27	5,40	48,90	45,70	Fa
	B1	27-65	0,00	63,00	37,00	Fl
	B2	65-120	9,60	47,00	43,40	F
BE	Ap	0-11	12,7	35,2	52,1	F
	AB	11-26	24,8	36,6	38,6	F
	BA	26-46	34,5	31,2	34,2	FA
	B1	46-82	34,2	32,6	33,2	FA
	B2	82-120	34,8	26,9	38,3	FA

La retención de agua a 1500 kPa es relativamente alta para los tres perfiles sin que exista ninguna tendencia clara en profundidad. A partir de los resultados obtenidos se podría deducir que estos parámetros no se verían influenciados en forma clara por el uso al que haya estado sometido el suelo.

Propiedades químicas

pH. Es interesante notar que en ningún horizonte el pH (agua) baja de 5,0 y por lo tanto los valores de Al (KCl) son bajos. Solamente en el horizonte B_1 de BE se alcanza el valor más alto de Al [1,05 cmol(+)Kg^{-1}] el cual coincide con el pH más bajo de los horizontes minerales (Cuadros 3 y 4).

El pH del BN es muy semejante al de BE en los 50 cm superiores (5,5 - 5,4) y es más alto que en PN (5,1 - 5,2).

Al comparar el pH de los horizontes superficiales se puede ver que el pH más bajo se encuentra en el suelo bajo pradera natural y no en los suelos bajo bosque, lo cual hubiera sido esperable. Esta diferencia llega hasta 0,4 unidades, cifra que puede estimarse como de significación. Entre los 50 cm y los 120 cm de profundidad el pH es más alto en BN que en BE y que PN (máximo 5,42 y mínimo 5,0).

En la Figura 4, se puede apreciar que el pH es una propiedad que se ha visto afectada en forma moderada por el uso del suelo. El rango de variación que manifiesta el pH tanto en superficie como en los horizontes subsuperficiales corresponde a la variación normal observada para los suelos de la región, por lo cual las diferencias que se observan no se pueden atribuir al uso diferente que ha tenido el suelo.

Tampoco es posible apreciar, en BE, que la plantación de pino de 45 años y eucaliptus de 5 años, haya producido una acidificación del suelo, ni en superficie ni en profundidad, comparativamente con los otros dos sitios.

CIC. Si bien es cierto la CIC decrece en los tres perfiles, su decrecimiento presenta tendencias diferentes. Se puede apreciar que es elevada en los horizontes superficiales en BN y BE y es muy alta en el horizonte O de BN [98,6 cmol(+)Kg^{-1}] (Cuadro 3). En PN el decrecimiento es más gradual y no muestra un quiebre abrupto en los horizonte A y B.

Se puede atribuir la elevada CIC del horizonte O en BN casi exclusivamente al alto contenido de materia orgánica.

La tendencia de las curvas de CIC (Figura 5) hasta los 40 cm es muy semejante en BN y en BE. De los resultados obtenidos en esta investigación no se puede deducir que esta propiedad se vea afectada por el uso del suelo pues, al menos, hasta los 40 cm de profundidad los valores de CIC en BE son intermedios entre los valores de PN y BN, por lo tanto no se visualiza un efecto claro del bosque exótico.

CUADRO 3. Propiedades químicas de los tres perfiles

TABLE 3. Chemical properties throughout the profiles

Sitio	Hor.	Profundidad (cm)	pH KCl	pH H_2O	CO (%)	CIC	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}
						cmol(+)kg^{-1}				
PN	Ap	0-12	4,70	5,10	15,75	38,40	2,42	0,56	1,33	0,53
	AB	12-27	4,85	5,20	4,77	29,10	0,79	0,22	1,02	0,26
	B1	27-56	4,60	5,12	3,61	25,40	0,66	0,20	0,99	0,32
	B2	56-91	4,55	5,08	2,22	21,10	0,81	0,51	1,06	0,16
	B3	91-130	4,78	5,15	2,21	21,40	0,79	0,28	1,13	0,14
BN	Oi	7-0	4,62	5,00	57,10	98,60	7,40	44,50	3,81	0,70
	A1	0-10	4,82	5,50	15,33	73,40	1,23	0,50	1,54	0,41
	AB	10-27	5,00	5,50	7,87	47,10	1,08	0,54	1,22	0,25
	B1	27-65	5,10	5,42	3,40	31,50	0,68	0,44	0,73	0,17
	B2	65-120	4,85	5,28	1,38	28,90	0,86	0,46	0,84	0,17
BE	Ap	0-11	4,82	5,50	13,02	55,90	6,62	1,52	1,41	0,59
	AB	11-26	5,00	5,48	4,97	32,60	1,37	0,48	0,79	0,21
	BA	26-46	4,80	5,40	1,46	19,60	0,87	0,50	0,76	0,14
	B1	46-82	4,50	5,00	0,99	13,10	0,82	0,48	0,84	0,14
	B2	82-120	4,70	5,10	0,72	12,10	0,70	0,63	0,72	0,10

CUADRO 4. Propiedades ándicas de los suelos

TABLE 4. Andic soil properties

Sitio	Hor.	Profundidad (cm)	Fe	Al	Si	Al+½Fe	Retención de P (%)
			Oxalato ácido (%)				
PN	Ap	0-12	2,15	3,94	0,84	5,00	98
	AB	12-27	3,10	5,59	1,83	7,14	100
	B1	27-56	4,19	6,46	2,11	8,55	100
	B2	56-91	4,66	6,01	2,26	8,34	99
	B3	91-130	4,13	5,13	1,53	7,19	99
BN	Oi	7-0	0,85	1,52	0,23	1,95	52
	A1	0-10	2,25	4,68	1,01	5,80	99
	AB	10-27	2,68	5,68	1,77	7,02	99
	B1	27-65	4,02	5,66	1,78	7,67	100
	B2	65-120	5,08	6,13	2,08	8,67	99
BE	Ap	0-11	1,75	2,42	0,30	3,30	93
	AB	11-26	1,53	2,51	0,30	3,28	95
	BA	26-46	1,31	1,61	0,19	2,27	94
	B1	46-82	1,22	1,46	0,20	2,07	94
	B2	82-120	1,23	1,33	0,19	1,95	95

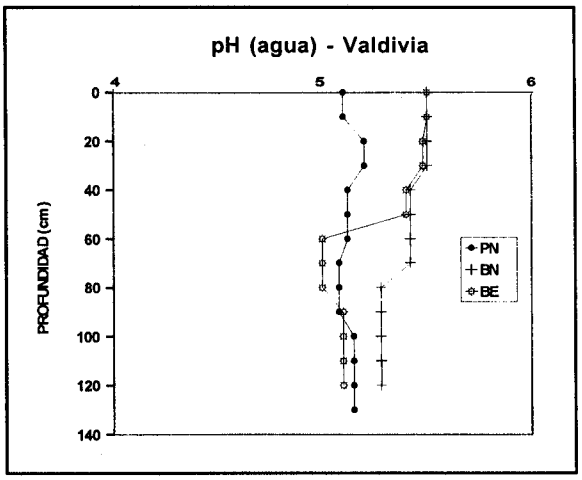

FIGURA 4. Variación del pH en profundidad en los tres suelos.

FIGURE 4. pH variation with depth in the three soils.

Es interesante destacar las diferencias en la calidad de la materia orgánica entre el suelo con PN y el suelo con BN. En el primer caso, la CIC de 38,4 cmol(+)kg^{-1} se puede atribuir a 15,76% de carbono orgánico, en cambio en el segundo caso, la CIC de 73,4 cmol(+)kg^{-1} se atribuye a 15,33% de carbono

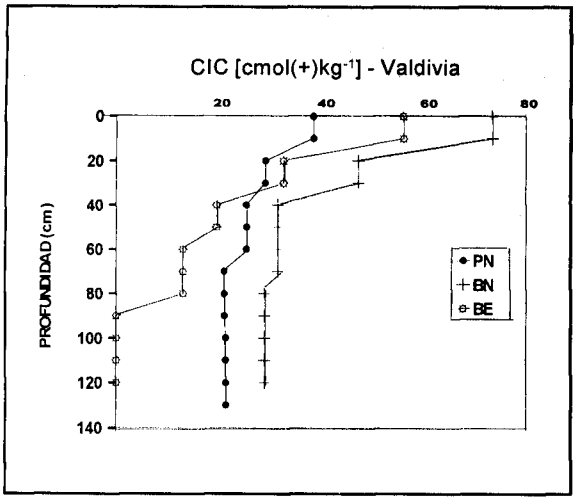

FIGURA 5. Variación de la Capacidad de intercambio catiónico con la profundidad en los tres suelos.

FIGURE 5. Cation exchange capacity with depth in the three soils.

orgánico. Es decir, a contenidos iguales de carbono orgánico, la CIC casi se duplica en el suelo con bosque nativo. Los contenidos de arcilla son lo suficientemente bajos como para no considerarlos como un aporte significativo a la CIC. Las etapas posteriores de esta investigación contemplan profundizar estos tópicos.

Cationes de intercambio

Calcio de intercambio. Es interesante destacar el impacto que significa el bosque (nativo o exótico) en la distribución de este elemento en el perfil del suelo. En el bosque nativo hay una gran acumulación de Ca^{++} en el horizonte orgánico superficial (horizonte O, de 7 a 0 cm), lo cual significa una fuerte extracción de este elemento desde los horizontes subsuperficiales (Cuadro 3). Entre el horizonte O (7-0 cm) y el horizonte A_1 (0-10 cm) la disminución es de 83%. Igual fenómeno se presenta en BE donde el contenido de Ca^{++} disminuye de 6,62 cmol(+)kg^{-1} a 1,37 cmol(+)kg^{-1} entre el horizonte A_p (0-11 cm) y el horizonte AB (11-26), lo cual representa una disminución de 79%. En este caso no se ha desarrollado un horizonte orgánico superficial. En PN, si bien es cierto también existe una disminución entre el horizonte A_p (0-12 cm) y el horizonte AB (12-27 cm) ella no tiene la significación (67%) que se manifiesta bajo ambas clases de bosques.

Magnesio de intercambio. También con relación a este elemento se presenta una concentración en el horizonte orgánico de BN de gran magnitud (Cuadro 3), lo cual implica una movilización de Mg^{++} más significativa que en el caso del Ca^{++}. Si bien existe una acumulación de Mg^{++} en el horizonte superficial en BE esta acumulación es de baja magnitud, comparada con la situación que ocurre en BN. La distribución de este elemento en PN no manifiesta una tendencia definida a través del perfil.

Sodio y Potasio de intercambio. En el horizonte O de BN también se presenta una acumulación de Na^{+} pero de menor magnitud que en los casos de Ca^{++} y Mg^{++}.

En el caso de K^{+}, en los tres casos, hay un decrecimiento gradual en profundidad con una diferencia entre el primer y el segundo horizonte del orden de 50%. Los resultados no permiten establecer un comportamiento diferente en las situaciones analizadas.

Propiedades ándicas

Las propiedades ándicas (Soil Survey Staff, 1996), constituyen un conjunto de propiedades que permiten identificar la presencia de materiales volcánicos con un grado de evolución intermedio. En las tres situaciones la suma de Al + 1/2 Fe (oxalato) excede el 2% (Cuadro 4), cifra que constituye el límite mínimo para que los materiales volcánicos sean considerados como de evolución intermedia. En igual forma, la retención de P es superior al 85% en todos los horizontes, a excepción del horizonte O en BN, lo cual es explicable por la gran cantidad de materia orgánica que posee ese horizonte.

De esta forma se puede asegurar que los tres perfiles están constituidos por los mismos materiales y que además, se trata de sedimentos homogéneos. El tercer parámetro que se debe medir para que sean considerados como materiales volcánicos de evolución intermedia es la densidad aparente, la cual debe ser inferior a 0,9 Mgm^{-3}. En el Cuadro 1 se puede apreciar que los suelos PN y BN cumplen con los límites de esta propiedad, en cambio el suelo BE tiene una Da sobre 1 Mgm^{-3} a través de todo el perfil. En consecuencia, tratándose de los mismos materiales volcánicos, el único parámetro que se ha modificado es la Da.

Este incremento de la Da en BE podría tener su origen en el uso al que ha estado sometido el suelo prácticamente en los últimos 50 años. Se llega a esta conclusión debido a que, partiendo de los mismos materiales volcánicos (lo cual ha sido demostrado por los diferentes análisis y particularmente,

a través de las propiedades ándicas), la única propiedad que ha sufrido una alteración significativa es la Da, en circunstancias que las demás propiedades no han sido modificadas.

CONCLUSIONES

Los suelos analizados son derivados de rocas metamórficas, los cuales se distribuyen ampliamente en la Cordillera de la Costa de la IX Región, en relieve de lomajes y de cerros. Sin embargo, su comportamiento se ve alterado por una cubierta de cenizas volcánicas que les confiere propiedades particulares. De esta manera, los sitios PN y BN cumplen con todos los requerimientos de las propiedades ándicas y, por lo tanto, se clasifican según Soil Survey Staff (1966) como Typic Hapludands. El incremento de la densidad aparente (sobre 0,9 Mgm^{-3}), por efecto del uso, en BE, impide que ese suelo cumpla con los requerimientos ándicos por lo cual se le clasifica como un Andic Dystrochrept.

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de tres alternativas de uso sobre algunas propiedades de los suelos, se seleccionaron tres sitios con tres usos diferentes, en el mismo suelo: pradera natural, bosque nativo y bosque exótico. Los resultados muestran que sólo algunas propiedades son modificadas y además, que pueden ser atribuibles al distinto uso. En el bosque nativo, la presencia de un horizonte O constituye la diferencia morfológica más notable en comparación con los otros dos sitios.

La capacidad total de intercambio y el pH no presentaron diferencias de importancia. Los sitios con bosque (tanto nativo como exótico) evidenciaron un notable reciclaje de cationes, en particular Ca^{++} y Mg^{++}. El bosque exótico provocó una compactación del suelo evidenciada por una densidad aparente, a través de todo el perfil, mayor que la medida en los otros dos sitios.

Palabras claves: Andisols, propiedades de suelos, vegetación nativa, vegetación exótica.

LITERATURA CITADA

BEINROTH, F.H., LUZIO L., W., MALDONADO P., F., ESWARAN, H. 1985. Proceedings of the sixth International Soil Classification Workshop. Chile and Ecuador. Part II. Tourguide for Chile. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Santiago,Chile. 236 p.

BLAKEMORE, L., SEARLE, P., DALY, B. 1987. Methods for chemical analysis of soils. Sci. Rep New Zealand Soil Bureau 80: 44-45.

CIREN-UNIVERSIDAD AUSTRAL. 1978. Estudio de suelos de la provincia de Valdivia. 1:50.000. 178 p. y mapas.

DERMOTT,W. 1967. Soil structure and mechanical properties. *In:* Techniques for measuring soil phyical properties. Formerly Advisory. Paper 18. Reference book 441. 116 p.

DEWIS, J., FREITAS, F. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. FAO, Roma. Publicación Nº 10 de Suelos. 252 p.

ELLIES, A., HARTGE, K. 1990. Modificaciones en la estructura del suelo por efecto de su uso. Actas VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Universidad de la Frontera. Noviembre, 1990. 233-238.

ELLIES, A., MACDONALD, R., RAMÍREZ, C. 1993. Variación de la estructura de un modelo forestal sujeto a distintos manejos. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín Nº 10: 118-134.

GAYOSO, J., IROUME, A. 1993. Impacto al suelo por efecto de la cosecha forestal. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín Nº 10: 98-106.

HUBER, A., SCHLATTER, J. 1990. Aporte en elementos nutritivos por la hojarasca en un bosque nativo de la zona de Valdivia. Actas VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Universidad de la Frontera. Noviembre, 1990. 44-49.

KLUTE, A. 1986. Water retention : Laboratory methods. *In:* Klute, A. (ed.). Methods of soil analysis. 2nd.ed. ASA and ASSA. Madison, WI, USA. v. 1, 1.188 p.

RAMÍREZ, C., SAN MARTÍN, C., ELLIES, A., MACDO-NALD, R., FIGUEROA, H. 1993. Cambios florísticos y radiculares en un suelo forestal sometido a diferentes manejos. Sociedad Chilena de la Ciencia del suelo. Boletín Nº 10: 11-31.

SOIL SURVEY STAFF. 1996. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Natural Resources Conservation Service. 7th. ed. 644 p.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. Soil Survey Manual. Handbook 18. USDA. 437 p.