

SUELOS, FACTORES DE FORMACIÓN Y PROCESOS PEDOGENÉTICOS EN EL CENTRO OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ

Daniela C. Villegas^{1,2}, Fernando X. Pereyra² y José A. Ferrer¹

¹Departamento de Ciencias Geológicas, FCEyN-Universidad de Buenos Aires. C. Universitaria Pab. II, 1428 Buenos Aires. E-mail: villegas@gl.fcen.uba.ar

²Servicio Geológico Minero Argentino.

RESUMEN

Se estudian los suelos, los factores y los procesos pedogenéticos más influyentes en su génesis, en el centro-oeste de la provincia de Santa Cruz (49°00' y 49°36'S - 73°30' y 72°00'O). La localidad de El Chaltén se halla incluida en el ámbito de estudio. Esta región presenta una amplia diversidad de las propiedades del medio físico, principalmente relieve, material originario, clima (precipitaciones), biota (vegetación) y suelos. En virtud de la variabilidad del manto pedológico la región puede ser dividida en tres sectores: Occidental, Central y Oriental. El primero está caracterizado por la presencia de Inceptisoles, Espodosoles y Andisoles, el sector Central está dominado por Molisoles y Entisoles mientras que en el Oriental predominan los Aridisoles y Entisoles áridicos. En relación con las propiedades de los suelos, se verifica con sentido oeste-este, un incremento en el pH, CIC, bases de cambio y % de CaCO₃. En sentido opuesto, aumenta el contenido de materia orgánica, el pH_{NaF} (para suelos de régimen údico) y el cociente cationes bivalentes/cationes monovalentes.

Palabras clave: *Suelos, factores de formación, procesos pedogenéticos, El Chaltén, Provincia de Santa Cruz.*

ABSTRACT: *Soils, soil forming factors and pedogenetic processes of a sector in the central-western Santa Cruz province.* The study area is located in central-western Santa Cruz including El Chaltén town between 49°00' and 49°36'S - 73°30' and 72°00'W. Environmental variability, relief, parent material, altitude, climate, vegetation and soils were recognized. According to characteristics of the soils, it is possible to differentiate three sectors: western, central and eastern. Inceptisols, Spodosols and Andisols dominate in the first, meanwhile in Central area the main soils are Molisols and Entisols. Aridisols and aridic Entisols dominate in the Eastern sector. A west-east variation trend, in relation to soil features could be established: an increase in pH, CEC, exchangeable bases and % of CaCO₃. Inversely there is an increase % C, pH_{NaF} (in udic regime soils) and divalent/monovalent cations relationship.

Keywords: *Soils, soil forming factors, pedogenetic processes, El Chaltén, Santa Cruz province.*

INTRODUCCIÓN

El ámbito de estudio se localiza en el sector centro oeste de la provincia de Santa Cruz comprendido entre los lagos San Martín y Viedma (49°00' y 49°36'S - 73°30' y 72°00'O), donde se halla la localidad de El Chaltén, el valle del río de las Vueltas y la laguna del Desierto. La zona involucrada, comprendida en la región andino patagónica y el tramo inmediatamente contiguo del piedemonte, se caracteriza por sus acentuados gradientes bioclimáticos, geomórficos y litoestratigráficos cuya máxima expresión tiene sentido oeste-este (Ferrer 1982, Ferrer *et al.* 1999). El presente trabajo constituye el primer estudio de los suelos y sus condiciones de formación en el mencionado sector y forman parte de una tesis doctoral (Villegas 2004).

Los objetivos de esta contribución son: a)

caracterizar los suelos y geoformas presentes en la región considerada, b) analizar la influencia en la génesis de los suelos de los diferentes factores de formación, haciendo énfasis en los factores de estación tales como relieve y material originario, y c) estudiar los principales procesos pedogenéticos actuantes considerando su variabilidad espacial. Asimismo, en particular se ha considerado la incidencia del material originario en la aparición o no de Andisoles en la zona estudiada, en base a en la hipótesis de que la ocurrencia o no de los mismos se debe esencialmente a la proporción de tefras, su antigüedad, la mezcla con materiales y la estabilidad morfoodinámica del sector del paisaje considerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos han sido estudiados mediante

dos transectas; una de ellas esta ubicada en la zona del lago San Martín (transecta San Martín), desde la península Maipú hasta las proximidades del río Shehuin (o Chalia) y la otra en el valle del río de las Vueltas y margen norte del lago Viedma (transecta Viedma). Las mencionadas secuencias progresan en el sentido de los gradientes ambientales: clima (principalmente precipitaciones) biota en especial tipo y grado de cobertura vegetal, relieve y materiales originarios dominantes. Se han analizado un total de 46 perfiles de suelos con datos morfológicos y físico-químicos (más de 100 muestras), 42 de ellos correspondientes a las mencionadas transectas y los cuatro restantes, ubicados al sur de las mismas. Los análisis fueron realizados según las metodologías convencionales en los laboratorios del CIEFAP (Esquel, Chubut) y del Consejo Agrario Provincial de Santa Cruz.

RESULTADOS

Los suelos se han desarrollado sobre sedimentos cuaternarios, de origen predominantemente glaciario, glaci-fluvial, fluvial, coluvial, volcánico-piroclástico y eólico. La variación de los materiales originarios en los precipitados gradientes se manifiesta especialmente en una mayor o menor participación de materiales piroclásticos y de arenas eólicas.

El modelado del paisaje responde fundamentalmente a los eventos glaciarios sucedidos desde fines del Terciario hasta épocas históricas (pequeña edad de hielo). El acentuado relieve relativo se atenúa en altitud e inclinación de oeste a este y la orientación de los valles que es principalmente norte-sur en el sector occidental, pasa ser predominantemente oeste-este en el ámbito extrandino. Las precipitaciones y con ellas la vegetación, muestran una fuerte variación en el mencionado sentido: mientras que en el sector occidental de la zona de trabajo superan los 1.400 mm anuales con bosque denso de *Nothofagus*; en el extremo oriental disminuyen a 150 mm anuales con vegetación arbustiva. En los cuadros 1 y 2 se observan algunos parámetros climáticos para las estaciones con series de datos más completas ubicadas en la región, así como la relación con los edafoclimas.

En la zona de trabajo se han identificado suelos pertenecientes a 7 órdenes, 15 subórdenes; 20 grandes grupos y 27 subgrupos (*Soil Survey Staff* 1999). A nivel de la mayor jerarquía taxonómica se ha reconocido los siguientes órdenes: Andisoles, Aridisoles, Entisoles, Espodosoles, Histosoles, Inceptisoles y Molisoles (Cuadro 3). Los suelos de la región presentan rasgos asociados a los dos grandes ambientes fisiográficos que caracterizan a la Patagonia en general: la región cordillerana o andina y la extrandina. Los Inceptisoles, Espodosoles y Andisoles se hallan restringidos a la primera de ellas. En este sector, la variedad litológica y las condiciones bioclimáticas propicias para la formación de suelos evolucionados, se contraponen con la intensa actividad morfogenética propia de un ambiente montañoso, los efectos geomorfológicos de la última glaciación y los recurrentes eventos volcánicos. Los Aridisoles se ubican en paisajes con rasgos propios del ambiente extrandi-

CUADRO 1: Parámetros climáticos para estaciones seleccionadas de la provincia de Santa Cruz.

ESTACIÓN	FITZ ROY	RÍO TURBIO	GREGORES	PTO. DESEADO	LAGO ARGENTINO	PTO. SANTA CRUZ
PARÁMETROS						
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	753	411	138	184	190	168
TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	7,3	5,7	8,5	9,4	7,2	8,1
EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	575	538	635	637	575	607

CUADRO 2: Climas atmosféricos y climas edáficos de la zona de estudio.

ZONAS CLIMÁTICAS*			CLIMA EDÁFICO ASOCIADO**	
Nombre	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual del aire (°C)	Régimen de temperatura	Régimen de humedad
ÁRIDO DE MESETA	< 200 pluvial	< 10 / ≥ 6	Mésico	Aridico
FRÍO SEMIÁRIDO	700 / 200 pluvial >> nival	6 / 2	Críco (cotas elevadas)	Xérico (al oeste)
			Mésico (cotas bajas)	Aridico (al este)
FRÍO HÚMEDO	≥ 1300 / 700 pluvial > nival	0 / 6	Críco (cotas elevadas)	Údico
GLACIAL	≥ 2700 / 1300 nival	-6 / 0	Mésico (cotas bajas)	
HIELO CONTINENTAL PATAGÓNICO				

*Adaptado de Medina y otros (1978), véase Figura 2-4; **Estimado.

CUADRO 3: Variedades taxonómicas de los suelos identificados.

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUB GRUPO	PERFILES*	
ANDISOLES	CRIANDES	VITRICRIANDES	típicos	1	
			xéricos	RG37	
	VITRANDES	UDIVITRANDES	húmicos	20	
	UDANDES	HAPLUDANDES	húmicos	LA2	
ARIDISOLES	ARGIDES	HAPLARGIDES	típicos	8; 24	
			xéricos	7	
		NATRARGIDES	típicos	23	
		CAMBIDES	HAPLOCAMBIDES	típicos	25
		ENTISOLES	PSAMENTES	CRIOPSAENTES	típicos
XEROPSAENTES	típicos				14; LA55
CRIORTENTES	vitrándicos			2, 5; 6; 40	
	típicos			3	
	TORRIORTENTES			típicos	9; 10; 12; 22; 26
	UDORTENTES			mólicos	18
	XERORTENTES			típicos	29; LA45
	ACUENTES	FLUVACUENTES	mólicos	11	
ESPODOSOLES	CRIODES	HAPLOCRIODES	ándicos	34; 35	
HISTOSOLES	HEMISTES	HAPLOHEMISTES	límnicos	16	
INCEPTISOLES	UDEPTES	EUTRUDEPTES	dístricos	41	
			CRIEPTES	EUTROCRIEPTES	ándicos
			DISTROCRIEPTES	vitrándicos	39
			spódicos	33	
MOLISOLES	UDOLES	HAPLUDOLES	énticos	36; 13; 15; 17; 19	
			ándicos	LA48	
	XEROLES	HAPLOXEROLES	calcícos	42	
			énticos	21; 28; 30; 31, LA28; RG38	

* LA: perfiles correspondientes a la zona de Lago Argentino; G: perfiles correspondientes a la zona del río Guanaco.

no, al este de la zona de trabajo y su predominio responde claramente a las condiciones climáticas imperantes. Los Molisoles se hallan en sectores transicionales de clima húmedo y subhúmedo, mientras que los Entisoles dadas sus características de incipiente desarrollo se distribuyen indistintamente en todos los ambientes. Los Histosoles, se ubican en sectores de escasa superficie, restringidos principalmente al ambiente andino y subandino.

En el ámbito de trabajo se han observado gradientes ambientales regionales, que tienen sentido oeste-este y resultan de las características orográficas de la Patagonia argentina y variaciones locales, que responden principalmente a la orientación N-S de los valles, a la presencia del hielo continental patagónico y a los aportes volcánico-piroclásticos.

La variabilidad de las condiciones ambientales y del manto pedológico justifican la división de la región en tres sectores: occidental, central y oriental (véase Fig. 1). El primero está caracterizado por la presencia de diversos tipos de Inceptisoles, Espodosoles, Andisoles y Entisoles de régimen críco, que responden a las propiedades del medio físico y a los procesos que surgen de su combinación. En el sector central los Molisoles y Entisoles son los suelos más re-

presentativos mientras que en el sector oriental, predominan los Aridisoles y Entisoles arídicos. La divisoria entre el sector occidental y central, se halla en el límite oriental del bosque denso, aproximadamente entre las isohietas de 900 a 1.000 mm. La transición entre los sectores central y oriental, se ubica aproximadamente entre las isohietas de 600 y 700 mm; predominando la vegetación de estepa rala (semidesierto según Movia *et al.* 1987).

a) Sector occidental

Se ubica en los sectores más elevados, actualmente englazados y en el ambiente serrano contiguo, constituyendo los cordones cordilleranos Moreno y Marconi, del Bosque y de los Cóndores entre otros, alcanzando hacia el este las cabeceras de los lagos San Martín y Viedma, e incluyendo la laguna del Desierto y el valle del río de las Vueltas. Constituye la zona de mayor relieve absoluto y relativo con cotas máximas que superan los 3.000 m (Cerro Fitz Roy, 3.371m). La geomorfología resulta principalmente de las glaciaciones holocenas y el proceso glaciario actual, destacándose los valles en artesa. Estos presentan un relieve ondulado y escalonado hacia el piso, donde se hallan morenas de fondo y frontales (cie-

rres morénicos), rocas aborregadas, planicies glaciafluviales y fajas aluviales. Dichos valles, actualmente están ocupados por cuerpos lacustres y glaciares de tipo alpino. En los sectores de mayor altitud, se reconoce un relieve poligénico, derivado fundamentalmente de procesos de crioclastismo y remoción en masa, labrado fundamentalmente sobre rocas paleógenas.

Los materiales originarios de los suelos consisten en cenizas volcánicas en los horizontes superficiales y gravas glaciares, lacustres, fluviales y coluviales en los sub-superficiales, cuya matriz arenosa está constituida mayormente por materiales de filiación volcánica, siendo común la presencia de discontinuidades litológicas entre los materiales dominados por cenizas volcánicas y las gravas y/o bloques glaciares o coluviales. En líneas generales se ha verificado que la textura de los horizontes A y E de cinco suelos con similares factores y procesos (perfiles 32; 33; 34; 35 y 39) presentan una marcada similitud textural, mientras que los horizontes B son más heterogéneos y difieren considerablemente de los superficiales.

La vegetación es de bosque caducifolio de lenga en los sectores bien drenados y ñire en ambientes levemente hidromórficos, hallándose una estepa rala de murtilla por en-

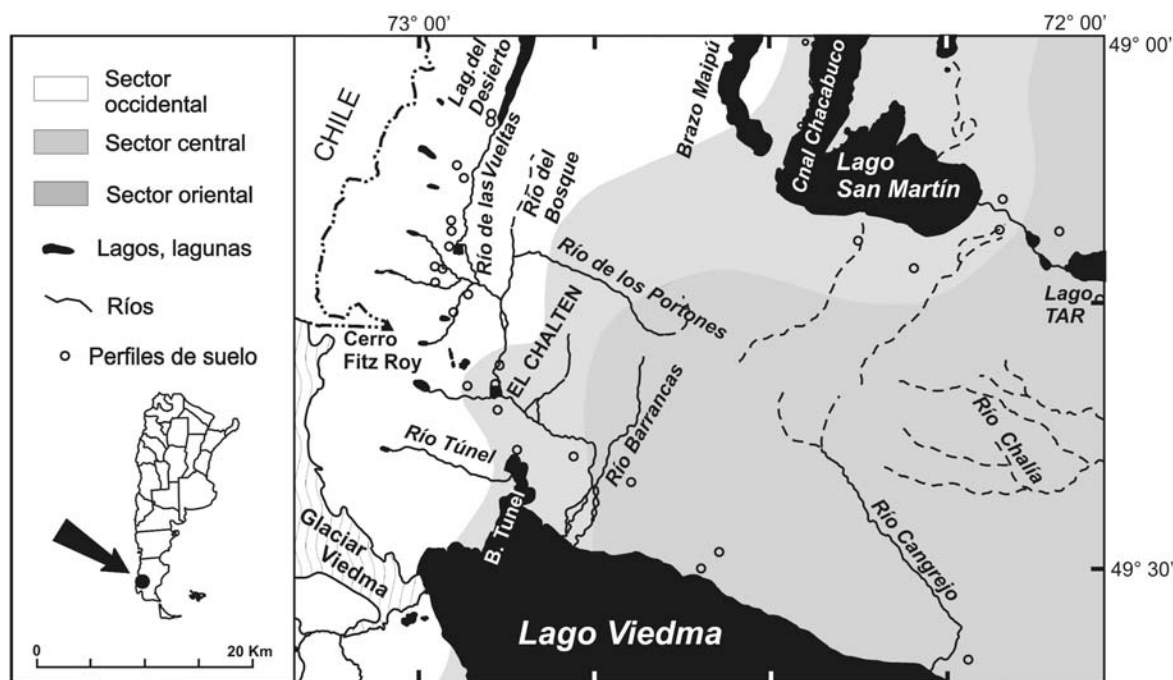


Figura 1: Área de estudio

cima del límite altitudinal del bosque (Cabrera 1994, Correa 1998). La tupida vegetación arbórea proporciona la materia prima para la constitución de horizontes orgánicos (*littering*) y altas proporciones de carbono orgánico en los horizontes minerales. Los horizontes 0 presentan valores relativamente altos para el índice C/N como consecuencia de las condiciones climáticas muy frías y la elevada acidez de los suelos, situación ya corroborada en otros sectores de los Andes Patagónicos (Giambaggi y Garboski; Rosell y Ortiz, citados por Ferrer 1982).

El régimen hídrico de los suelos es údico mientras que el de temperatura resulta crítico en los sectores más occidentales y elevados; y más cálido hacia el naciente, en coincidencia niveles altitudinales inferiores. Ambos regímenes fueron estimados a partir de estudios meteorológicos previos (Medina y García 1978).

Las características antedichas favorecen los procesos de podsolización y en menor medida andosolización. No obstante, los factores de formación no son tan acentuados como para que éstos se manifiesten en su máxima expresión, de modo que resultan comunes los Inceptisoles con intergrados espódicos, vitrándicos y ándicos y Entisoles vitrándicos. La combinación de los regímenes údico y crítico, implica una alta tasa de precipitaciones y muy baja evapotranspiración, condiciones que sumadas a las características de los materiales originarios altamente permeables y pobres en arcillas, pro-

mueven en sectores bien drenados, una fuerte lixiviación y moderada podsolización con iluviación de complejos metal-orgánicos que determinan la formación de horizontes Bs (perfiles 32; 33; 34 y 35). En consecuencia, los suelos (Inceptisoles y Espodosoles) muestran alta diferenciación de horizontes, con perfiles tipo A-E-2Bs-2BC-2C/R.

Los suelos que se encuentran en sectores de pendientes pronunciadas, de activa morfogénesis, tienen perfiles sencillos que denotan una escasa evolución pedogenética y tenores notoriamente inferiores de materia orgánica en sus horizontes minerales superficiales (2%) que los suelos ubicados en relieves ondulados. Pero al igual que estos últimos poseen pH ácidos, baja saturación con bases y en algunos casos elevados pH en NaF (Criorrientes típicos y vitrándicos). Asociados a los mencionados procesos de lixiviación y podsolización, los suelos poseen una elevada acidez, con pH_{agua} variable entre 5,5 y 3,1 (en horizontes minerales); mientras que el pH_{KCl} oscila entre 5,5 y 2,9, siendo el valor más frecuente alrededor de 4. Asimismo, los valores máximos de pH_{NaF} oscilan entre 12 y 10. Este test regularmente utilizado para inferir la presencia de alofano o imogolita (minerales típicos de Andisoles), puede ser usado también para reconocer grupos activos Al-OH, como es el caso de los complejos Al-humus de los suelos podsólicos (Wada 1989). En algunos perfiles se ha estimado un valor de cargas variables moderadamente alto, característica

típica de suelos cuyo complejo de intercambio presenta material arcilloso no cristalino. En la figura 2 se grafica la relación entre la acidez de los suelos y el pH_{NaF} , como indicador de la presencia de materiales amorfos. A pH_{agua} 5, se observa una clara división: por debajo de ese nivel, se registran mayormente Inceptisoles y Espodosoles, con una elevada densidad de puntos entre los valores 9 y 11 de pH_{NaF} . Asimismo, por encima del mencionado valor de pH_{agua} , los Inceptisoles y Espodosoles muestran una fuerte variación vinculada a las características de sus horizontes superficiales, dominados por componentes de origen volcánico. Los Entisoles údicos, poseen en su mayoría pH_{NaF} mayor que 8 y pH_{agua} superior a 5, hasta aproximadamente 7. Los Andisoles, se concentran en sectores del gráfico con elevado pH_{NaF} y valores de pH_{agua} entre 5 y 6.

La depositación de cenizas, fuente de material fresco y rico en cationes, constituye un atenuante a la acidificación de los perfiles. Así se han reconocido suelos, cuyos horizontes superficiales, dominados por materiales cineríticos altamente saturados con bases, sobreyacen niveles fuertemente desaturados. Los sectores plano cóncavos del paisaje, principalmente las terrazas fluviales, han favorecido la acumulación de tefras conformando capas discontinuas verticalmente, moderadamente espesas sobre las cuales se han desarrollado incipientes Andisoles (perfil 1, Vitricriandes típico y perfil 20, Udivitrandes húmico). Según sus valores de pH_{NaF} , podría inferirse que en los horizontes superficiales de ambos perfiles están dominados por haloisita, como mineral de neoformación y los horizontes subsuperficiales por alofanos. Cabe destacar que en la zona de estudio, a diferencia de otros sectores al norte y sur de la misma, son poco frecuentes los depósitos piroclásticos de más de 50 cm de potencia. La limitada profundidad de este tipo de depósitos en el ámbito de estudio ha sido el factor determinante de la escasez de Andisoles. Otros sectores, bajo condiciones climáticas menos favorables para la formación de estos suelos pero con mayor potencia de tefras han desarrollado Andisoles. Ejemplo de ello es el perfil G37 ubicado aproximadamente 75 km al sur, que aunque se encuentra en el límite climático para este or-

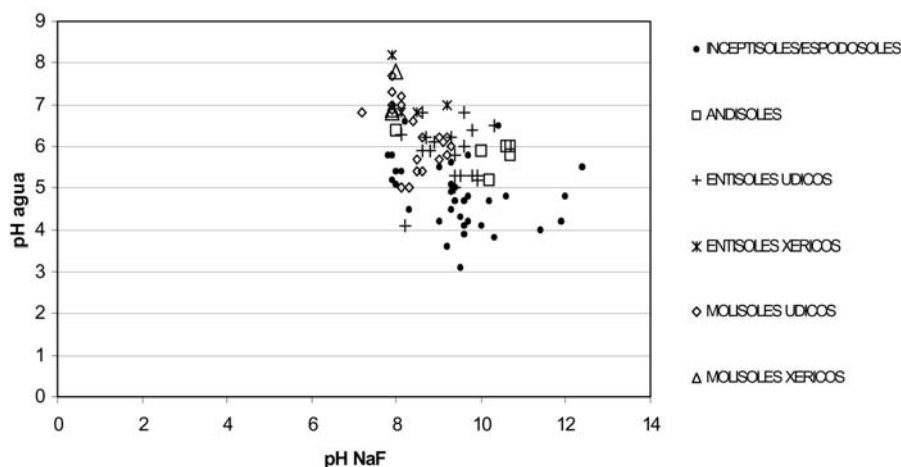


Figura 2: Relación entre pH en agua y pH en NaF para los suelos de regímenes de humedad údico y xérico.

den (precipitación media anual aproximadamente 600 mm), está formando por una potente capa de ceniza y conformando un Vitricriandes xérico. Otros dos suelos (LA2 y LA48) del margen sur de lago Argentino, situados a longitudes similares a los estudiados en la presente contribución (a los 72°59' y a los 72°51' O) también han sido clasificados como Andisoles (Hapludandes húmicos).

Dentro de este sector diferenciado, se reconoce un gradiente de humedad que se verifica en el tramo medio y superior del valle del río de las Vueltas con orientación norte. En la parte septentrional se producen las máximas precipitaciones (1.400 mm anuales) las cuales disminuyen gradualmente hacia el sur y sureste (800 mm). En este sentido también se producen variaciones en las propiedades de los suelos, los cuales se vuelven progresivamente menos ácidos y desaturados, en concordancia con la disminución de las precipitaciones (véanse las figuras 3 a y b). Así, los perfiles 33-35-34-32-39 y 41 ubicados sobre rocas aborregada con till o morenas, en sectores bien drenados, relieve ondulado y sobre la misma ladera, es decir bajo similares factores geológicos, presentan diferente intensidad en los procesos de su formación cuyas evidencias son cada vez menos prominentes con el progreso de la secuencia hacia la zona de menores precipitaciones.

En la figura 3-a se observa la precipitación media anual (PMA) en relación con la variación del pH en NaF, pH en agua y suma de bases, considerando los valores extremos de cada perfil de suelos "zonales" de la transecta Viedma. Los valores extremos de cada parámetro considerado se hallan en este sector con pH en NaF superiores a 12 que disminuyen gradualmente con el régimen de lluvias. En el mismo sentido aumenta el pH en agua, desde suelos muy ácidos 3,1 (perfil 33) a ligeramente alcalinos en el extremo oriental de la secuencia. La suma de bases sigue un comportamiento similar al pH, con valores mínimos en la región más húmeda (entre 1,3 y 0,5 cmol/kg) que se incrementan notablemente hacia el otro extremo de la transecta (superiores a 10 cmol/kg). En este gráfico queda expresada la severa lixiviación de los suelos en el sector occidental a través del pH y la suma de

bases. Asimismo, los elevados valores de pH_{NaF} son indicativos de la presencia de Al en minerales amorfos relacionados con andosolización o bien, Al en complejos orgánicos de procesos de podsolización. Según Wada (1977) los valores de pH en agua inferiores a 4 no se corresponden con minerales alofánicos pero sí con la presencia

de complejos Al-humus.

En un corte esquemático transversal al valle del río de las Vueltas se halla una toposesuencia integrada de la siguiente manera: en los niveles superiores del paisaje, altitudinalmente por encima del bosque, se encuentran Entisoles líticos y crícos; en los sectores elevados del valle glaciario con morenas

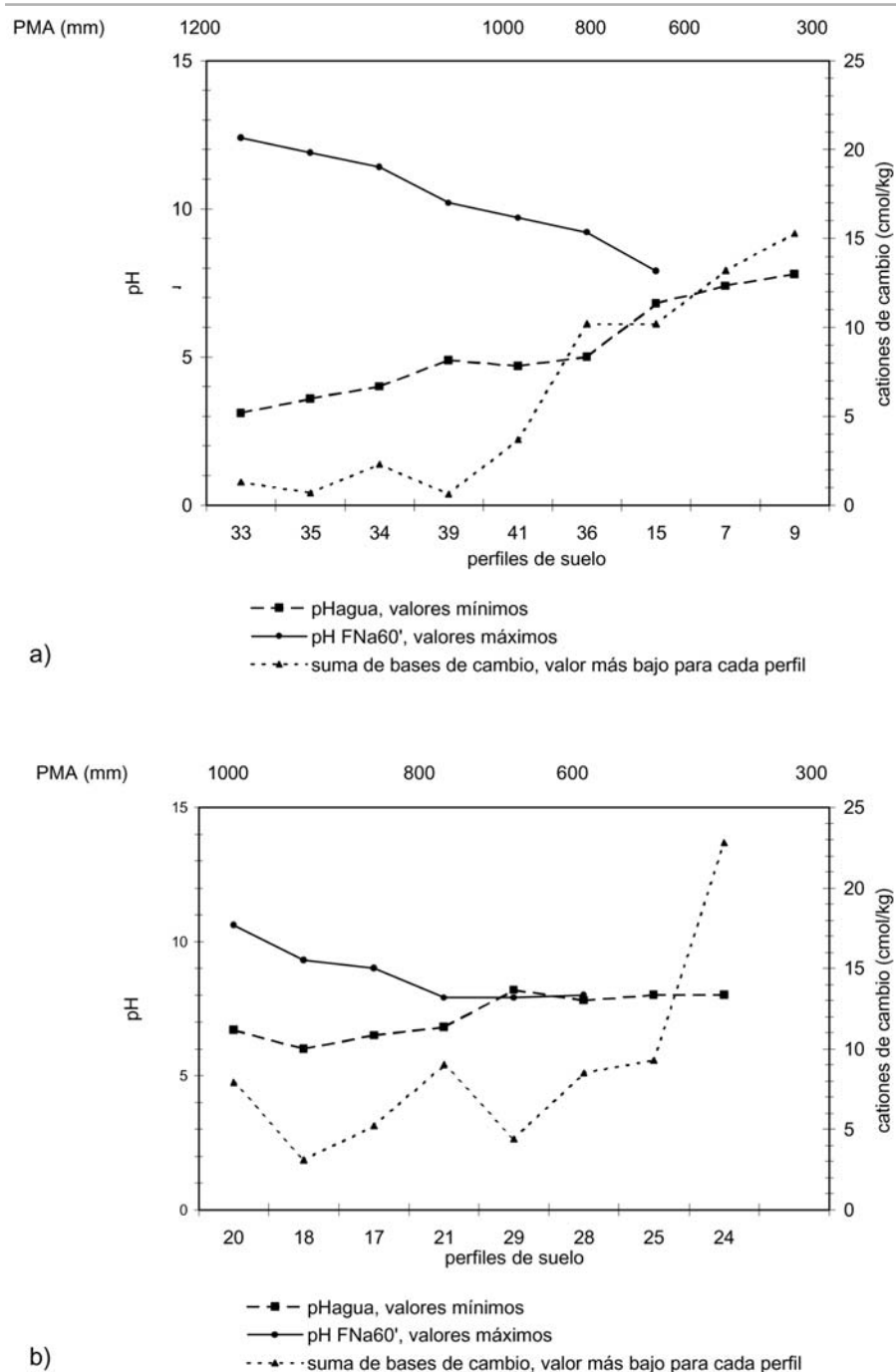


Figura 3: Evolución de las variables pHagua; pHNaF y suma de cationes de oeste a este a) Transecta Viedma; b) Transecta San Martín (PMA: precipitación media anual).

y rocas aborregadas cubiertas con till, bajo vegetación de bosque y asociados a características climáticas locales más húmedas se desarrollan Inceptisoles espódicos, dísticos y Espodosoles. Sobre estas mismas unidades pero en zonas altitudinalmente inferiores y en planicies glaciales, se encuentran Inceptisoles y Entisoles ándicos y vitrándicos; en terrazas aluviales Andisoles y Entisoles, y finalmente en planicies aluviales y terrazas bajas, con drenaje deficiente Entisoles e Histosoles. En tabla 4 se observan las principales propiedades de dos suelos distintivos de este sector; un Andisol y un Espodosol, localizados en ambas transectas.

b) Sector central

Constituye una estrecha franja ubicada al este de los cordones de los Cóndores y del Bosque, e incluye la localidad de El Chalten. Constituye un paisaje caracterizado por sus cumbres más redondeadas, aunque de elevada altitud (Cerros Bonete 2.079 m y Astillado 2.005 m) y extensas planicies glaciales y glaciales adyacentes a los grandes lagos (San Martín y Viedma), con cotas inferiores a los 500 m s.n.m. No hay procesos glaciales actuales y la zona se caracteriza por pendientes menos pronunciadas y menor relieve relativo que el sector occidental. Al igual que en el sector occidental el principal modelador del paisaje ha sido el proceso glaciario. Las geoformas son más extendidas, con pendientes menos pronunciadas y más antiguas, que las de la

región previamente considerada, presumiblemente de los últimos eventos tardiglaciales y los primeros holocenos. Las geoformas eólicas se manifiestan en el límite oriental de esta zona y sus depósitos constituyen materiales originarios de suelos en este ambiente.

Los suelos constituyen principalmente Hapludoles y Haploxeroles (perfiles 36; 13; 16, 42, 17, 19, 21, 28, 30 y 31) aunque también se han descrito Udortentes, Udivitrandes y Xeropsantes (18, 20 y 14). Poseen un régimen de temperatura tipo méxico y regímenes de humedad xérico y údico, este último con los valores inferiores del área de estudio. Los materiales originarios son variables: till, gravas coluviales, glaciales y fluviales combinados con depósitos eólicos y/o cineríticos. A medida que se acentúan las características xéricas se incrementa la proporción de arenas eólicas como materiales originarios de los suelos. La vegetación es de estepa de gramíneas con arbustos y escasos ejemplares de lenga, estos últimos en islotes, asociados a los suelos de mayor profundidad de tefras (perfiles 36, 19 y 20) con mayores valores de retención hídrica. Las características de clima húmedo a subhúmedo y la vegetación de estepa de gramíneas favorecen los procesos de humificación y melanización, dominado por el efecto rizófera.

Si bien algunos suelos están constituidos por materiales dominados por piroclastos, el proceso de andosolización está severamente restringido por el régimen de precipitaciones (entre 900/1.000 y 600 mm a-

nuales), predominando los Molisoles asociados a escasos Andisoles con sus rasgos característicos débilmente manifiestos (perfil 20, Udivitrandes húmico). Los suelos más comunes son Hapludoles y Haploxeroles énticos (perfiles 36; 19; 18; 17). Aunque sus características no se condicen con los requerimientos de subgrupos ándicos o vitrándicos, algunos Hapludoles (perfiles 18; 17 y 36) presentan tenores moderadamente elevados de pH_{NaF} posiblemente relacionados con la presencia de Halosita.

Estos suelos, contrariamente a los del sector occidental tienen perfiles poco diferenciados, con secuencias A-AC-C. En sus epipedones mólicos poseen elevados tenores de materia orgánica (entre 2,9 y 10%), el pH en agua variable en los distintos perfiles de ligeramente ácido a ligeramente alcalino, mientras que los valores de pH_{NaF} son inferiores a los registrados en el sector occidental. En geoformas recientemente estabilizadas (dunas, planicies aluviales) se desarrollan Xerortentes y Xeropsantes.

Estas características se grafican en la figura 3 a y b, donde se observa que el pH, la suma de bases y el pH_{NaF} denotan valores menos extremos para el sector central donde las curvas correspondientes a cada parámetro considerado, tienden a cruzarse aproximadamente en donde las precipitaciones se hallan en torno de los 700 mm anuales, situación más evidente en la transecta Viedma. Los valores mínimos de pH en agua, son de 3,1 a 3,6 mientras que los máximos de NaF, no superan las nueve unidades. Asimismo la suma de cationes es más eleva-

CUADRO 4: Algunas características morfológicas y físicoquímicas de suelos representativos del sector occidental.

SUELO	horizontes	profundidad (cm)	color (Mansell)	textura	estructura	MO (%)	pH agua 1:1	pH NaF60'	CIC (Cmol/Kg)	otros
Perfil 20:	A	0-20	10YR4/2 (s)	FAG	Mi	3,2	7,2	8,0	22,5	13,6*
Udivitrand húmico	C1	20-50	10YR5/4 (s)	FAG	Bsa/d	nd	7,1	10,6	18,5	12,8*
48°59'S 72°27'O	2C2	50-80	10YR5/3 (s)	FL	L - Ma	nd	6,7	10,2	12,3	10,7*
	3R	80 a+	nd							
Perfil 35:	Oi	2-0	nd	nd	nd	15,5	5,8	7,9	44,3	nd
Haplocriod	A1	0-20	10YR5/1 (h)	FA	Ma	5,5	4,2	9,0	5,6	nd
ándico	A2	20-30	10YR5/1(h)	FA	Ma	5,16	4,1	9,6	4,9	nd
49°7'58,5"S	2E	30-40	10YR6/1(h)	FAG	Ma	nd	3,6	9,2	4,1	0,05**
72°56'3,9"O	2EB	40-47	10YR6/6(h)	FAG	Ma	nd	3,9	9,6	10,4	0,25**
	2B1	47-60	7,5YR4/6(h)	FaAgFAG	Ma	3,9	3,8	10,3	nd	nd
	2B2	60 a +	10YR4/6(h)		Ma	nd	4,2	11,9	nd	nd

F: franco; A: arenoso; L: limoso; a: arcilloso; g: graviloso.

Mi: migajoso; B: bloques; M: masivo; L: laminar. sa: subangular; d: débil

* Retención hídrica ** ODOE.

nd: no determinado

da en términos absolutos para la transecta Viedma y bastante irregular para la San Martín. En este sector, la lixiviación es menos severa y la podsolización está ausente. La andosolización está atenuada debido a limitaciones de tipo climáticas y de material originario.

La relación de pH_{NaF} y pH_{agua} de estos suelos muestra una amplia correspondencia entre Molisoles y Entisoles de igual régimen de humedad (Fig. 2). Los suelos údicos se hallan por encima de pH_{agua} 5, y pH_{NaF} menor que 10. Los xéricos, con pH_{agua} superiores a 6 y pH_{NaF} en su mayoría menores que 9, aunque para los pH_{agua} más ácidos (alrededor de 5) se observa una separación entre los Entisoles (del área occidental) y los Molisoles údicos (de la zona central), con valores de pH_{NaF} inferiores en estos últimos, debido posiblemente a la mayor proporción de arcillas cristalinas. En la tabla 5 se observan las principales propiedades de dos suelos distintivos de este sector; dos Molisoles de diferente régimen de humedad, localizados en cada una de las transectas.

c) Sector oriental

Los suelos de este sector (Aridisoles y Entisoles áridicos) están representados por los perfiles 7; 8; 11; 9 y 10 de la transecta Viedma; y 27; 26; 25; 24 y 23 de la transecta San Martín (véanse Cuadro 1 y Fig. 1). También en este ambiente, el proceso glaciario ha participado de manera decisiva en el modelado del paisaje, el cual está constituido por geoformas tardiglaciares y más antiguas, posiblemente del último máximo glaciario,

vinculadas a los eventos que formaron las cubetas de los lagos Viedma y San Martín. Las geoformas paisaje son extendidas y aterrazadas, constituidas por amplias planicies glaci-fluviales, arcos morénicos, planicies glaci-lacustres y rocas aborregadas. El proceso eólico está marcadamente manifiesto, siendo común la presencia de dunas y médanos vivos sobreimpuestos a las geoformas glaciarias. El proceso fluvial, ha labrado un relieve erosivo sobre los afloramientos ubicados entre los antiguos valles glaciarios, (actualmente lagos Viedma y San Martín); sobre las planicies lávicas y el paisaje glaciario.

Los materiales originarios de los suelos, son principalmente gravas glaci-fluviales y arenas eólicas, siendo frecuente la presencia de discontinuidades litológicas entre ambos tipos de depósitos. En algunos casos, los horizontes superficiales formados por materiales originarios eólicos incluyen una delgada capa de ceniza volcánica.

Este sector presenta un régimen pluviométrico mucho menor que los otros dos sectores (noroeste y centro), con precipitaciones que oscilan entre 600 y 150 mm anuales, resultando en un régimen de humedad predominantemente árido. En base al conocimiento del clima atmosférico se infiere un régimen de temperatura de los suelos de tipo méxico. La vegetación de tipo semidesierto (Movia *et al.* 1987) está constituida por una estepa arbustiva rala, con cobertura generalmente inferior al 30 %. En consecuencia la melanización y humificación son procesos muy débilmente manifiestos.

Los suelos más comunes son Haplargides y Torriortentes. La argiluvación está clara-

mente expresada en los primeros, con horizontes Bt bien estructurados y abundantes argilanes. Este proceso, actualmente inactivo dado las características climáticas del lugar, fue muy efectivo en uno o más ciclos pedogenéticos previos al actual. Es decir que los rasgos de la argiluvación constituyen una propiedad heredada, situación que queda más claramente expuesta con la presencia de discontinuidades litológicas entre los horizontes superficiales, generalmente formados por materiales arenosos eólicos, donde se desarrollan horizontes ócricos, pobremente estructurados y los sub-superficiales, en general franco-areno gravillosos donde se desarrollan los delgados, pero claramente reconocibles horizontes Bt. Haplombides y Natrargides han sido también reconocidos en el sector oriental. Los procesos de carbonatación cálcica, salinización y alcalinización son frecuentes, aunque los rasgos que los identifican no se hallan lo suficientemente expresados como para ser mencionados en la denominación taxonómica a nivel Subgrupo.

Las características físico-químicas no son altamente contrastantes entre los diferentes suelos del sector. Para los perfiles analizados, los tenores de materia orgánica son inferiores a 0,9; el pH es ligero a francamente alcalino; la CIC es mucho más elevada que los sectores más occidentales lo cual permite inferir una variación en la mineralogía de las arcillas (probablemente esmectitas); y la saturación con bases se aproxima al 100%. En la figura 3 a y b, se nota una inversión en la ubicación de las curvas pH, suma de cationes respecto del sector occidental, resultando ambos mucho más eleva-

CUADRO 5: Algunas características morfológicas y físicoquímicas de suelos representativos del sector central.

SUELO	horizontes	profundidad (cm)	color (Mansell)	textura	estructura	MO (%)	pH agua 1:1	pH NaF60'	CIC (Cmol/Kg)	Retención hídrica 1500 kPa %
Perfil 36:	A1	0-17	10YR3/2 (h)	F	G	11,9	5,0	8,3	18,3	18,4
Hapludol éntico	2A2	17-30	10YR5/2 (h)	FA	Bsa/d	4,5	5,8	9,2	11,1	8,3
49°18'47"S.	2C1	30-55	10YR5/3 (h)	FA	B-Ma	nd	6,2	9,0	11,4	7,4
72°53'14"O	2C2	55 a 110 +	10YR4/3 (h)	FA	Ma	nd	6,2	9,2	8,5	6,3
Perfil 21:										
Haploxerol éntico	A	0-14	10YR3/2 (s)	FA	Mi	2,9	6,9	7,9	15,3	9,6
49°04' S; 72°27' O	AC	14-30	10YR4/3 (s)	FA	G	nd	6,8	7,9	11,7	7,2
	C	30-80+	10YR5/3 (s)	FA	Bsa/d	nd	6,9	7,9	10,5	5,2

F: franco; A: arenoso; L: limoso; a: arcilloso; g: gravilloso.

G: granular; B: bloques; M: masivo; Mi: migajoso; sa: subangular; d: débil.

dos que en los otros sectores del paisaje analizados, situación que se verifica sobre todo en el gráfico b. En la tabla 6 se observan las principales propiedades de dos suelos distintivos de este sector; un Aridisol y un Molisol, localizados en ambas transectas. Finalmente, en el cuadro 7 se resumen las principales características de cada uno de los sectores definidos y los suelos a ellos asociados.

CONCLUSIONES

Las características litológicas, geomorfológicas y bioclimáticas de la región, así como su variación en el espacio y el tiempo condicionan el desarrollo de los suelos como factores de formación. Procesos pedogenéticos específicos, resultantes de esa combinación de variables, determinan la distribución geográfica de los distintos tipos de suelos.

Los fuertes gradientes ambientales en la zo-

na de estudio condicionan los tipos de suelos, su distribución geográfica y utilización. Estas variaciones tienen un sentido regional oeste-este en toda la Patagonia, verificándose para la zona de estudio, gradientes locales (principalmente de carácter climático) en valles con orientación norte-sur. La mencionada diversidad de factores de formación implica una heterogeneidad del manto pedológico que se refleja en las variantes taxonómicas de los suelos estudiados y clasificados a nivel Subgrupo. A nivel de la mayor jerarquía se reconocieron los siguientes siete de los 11 órdenes definidos por el sistema taxonómico: Andisoles, Aridisoles, Entisoles, Espodosoles, Histosoles, Inceptisoles y Molisoles. El sector occidental se caracteriza por un mayor régimen pluvial, mayor altitud y relieve relativo, condiciones de temperatura más frías y materiales originarios con mayor estratificación que la zona oriental.

Es posible plantear, sobre la base de los

suelos observados y su relación con la vegetación, que los Inceptisoles, Andisoles y Entisoles húmedos aparecen asociados al bosque; mientras que los Molisoles y Entisoles údicos y xéricos se encuentran esencialmente en la estepa herbácea y mixta. Finalmente los Aridisoles y Entisoles áridos se encuentran bajo vegetación de estepa mixta y arbustiva. Es frecuente la presencia de material arcilloso no cristalino en suelos del sector occidental, probablemente como complejos Al-humus, resultantes de la podsolización y/o materiales alofánicos resultantes del procesos de andosolización, cuya mineralogía no ha sido estudiada.

Los dos sectores extremos (oriental y occidental) poseen suelos con características distintivas y unívocas, mientras que en el sector central, por tratarse de una transición hay un amplia variabilidad de cada propiedad edáfica en particular. A diferencia de otras regiones húmedas de la región cordillerana patagónica, los Andisoles no son los

CUADRO 6: Algunas características morfológicas y físicoquímicas de suelos representativos del sector central.

SUELO	horizontes	profundidad (cm)	color (Mansell)	textura	estructura	MO (%)	pH pasta sat.	pH NaF60'	CIC (Cmol/Kg)	Retención hídrica 1500 kPa %
Perfil 7:	A	0-15	10YR5/3 (s)	FA	G	0,1	7,5	7,9	12,5	9,2
Hapargid xérico	ceniza2A	15-18	10YR6/2 (s)	A	S	nd	7,6	7,9	10,7	7,5
49°25'S. 72°44'O	2Bt	18-35	10YR5/3 (s)	FA	Ba/m	0,1	7,4	8,0	13,7	8,6
	2BC	35-55 55-	10YR3/3 (s)	Fa	P/f	nd	7,6	9,0	20,8	13,8
	3C	75	7,5YR4/2(s)	Fa	M	nd	7,9	8,7	17,7	12
		75 a +	nd							
Perfil 27:	A	0-10	10YR4/6 (s)	Fag	G	0,3	7,7	9,2	22,6	nd
Hapargid típico	Btk	10-65	10YR5/4(s)	Fag	P/m	nd	7,6	10,0	25,7	
49°10'S. 72°05'O	2C	65 a +	nd	g	S	nd	nd	nd	nd	

F: franco; A: arenoso; a: arcilloso; g: graviloso.

G: granular; S: suelto; B: bloques; P: prismas; M: masivo; Mi: migajoso; g: graviloso; a: angulares; m: moderada; f: fuerte.

CUADRO 7: Factores, procesos y suelos dominantes según sectores definidos.

SECTOR	GEOFORMAS	MATERIAL ORIGINARIO	REGÍMENES EDAFO-CLIMÁTICOS	VEGETACIÓN	SUELOS PRINCIPALES	SUELOS ASOCIADOS	PRINCIPALES PROCESOS PEDOGENÉTICOS
OCCIDENTAL	morenas, rocas aborregadas, planicies glacifluviales	till, depósitos glacifluviales, aluviales y tefras	UDICO CRIICO MESICO	BOSQUE	Inceptisoles Spodosoles Andisoles	Entisoles	humificación/melanización; "littering"; podsolización andosolización.
CENTRAL	morenas, planicies glacifluviales, terrazas y planicies aluviales	till, coluvio, depósitos glacifluviales, ceniza volcánica y depósitos eólicos	UDICO XÉRICO MESICO	ESTEPA GRAMI-NOSA Y MIXTA.	Molisoles	Entisoles	humificación y melanización; andosolización atenuada.
ORIENTAL	morenas, planicies glacifluviales, terrazas aluviales, planicies glacilacustres y dunas	till, depósitos glacifluviales, depósitos eólicos.	ARÍDICO MÉSICO	SEMI-DESIERTO	Aridisoles Entisoles		Argiluvación; carbonatación; alcalinización, salinización.

suelos dominantes, debido fundamentalmente a las características del material originario, que si bien cuenta con una importante participación de material volcánico en la fracción arena, tiene lugar un alto grado de mezcla con componentes terrígenos y las capas de ceniza puras por lo general no superan los 50 cm de espesor. Asimismo, las temperaturas más frías podrían haber influido negativamente en la andosolización, si se compara la región considerada con los sectores andinos de Neuquén y Río Negro.

En relación con las propiedades de los suelos, se verifica con sentido oeste-este, un incremento en el pH, CIC, valor S; valor T y CaCO_3 . En sentido opuesto, crecen el contenido de materia orgánica, el pH_{NaF} (para suelos de régimen údico), el cociente cationes bivalentes/cationes monovalentes. Los procesos que acrecientan su acción en sentido oeste-este son: carbonatación cálcica; salinización; alcalinización; erosión-agradación. Del oriente al poniente de la zona de estudio, se intensifican la humificación, melanización, lixiviación, podsolización, andosolización, paludización y *littering*. Respecto a los factores de formación, de este a oeste aumentan las precipitaciones, la altitud absoluta, el relieve relativo y las pendientes; cambia el tipo y grado de cobertura vegetal de estepa rala a bosque denso, y se incrementa la participación de

cenizas volcánicas en los materiales originarios de los suelos, disminuyendo en igual sentido los depósitos eólicos.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Cabrera, A. 1994. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Editorial ACME (primera reimposición) 2(1): 1-86, Buenos Aires.
- Correa M. 1998. Flora Patagónica. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, INTA, Colección Científica, 8(1): 1-391.
- Ferrer J. A. 1982. Geografía y Propiedades de los suelos de Patagonia. 1° Jornadas Regionales de Suelos de Patagonia, Actas: Relato11-58. Neuquén y San Carlos de Bariloche.
- Ferrer, J. A., Pereyra F. X. y Villegas D. 1999. Geoformas y suelos en el valle del río Traful, prov. Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 54(3): 270-280.
- Ferrer, J., Gentilini D., Duymovich O., Imbellone P., Schwindt J. y Hurtado M. 1978. Suelos de la Cuenca del Río Santa Cruz. Convenio INCyTH - UNLP Ciencias Naturales y Museo, (inédito), 280 p.
- Medina, L. y García, N. 1978. Estudio integral de la cuenca del río Santa Cruz y sus afluentes. Área recursos hídricos, informe del sector Meteorología y Clima. Convenio INCyTH, prov. de Santa Cruz (inédito) 112 p.
- Movía, C.P., Soriano, A. y Leon, R.J. 1987. La vegetación de la cuenca del río Santa Cruz (provincia de Santa Cruz, Argentina).

Darwiniana 28(1-4): 9-78.

- Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA, 2° ed., 869 p.
- Villegas, D. 2004. Suelos, geoformas y materiales originarios, entre los lagos San Martín y Viedma, prov. de Santa Cruz. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inédito) 260 p.
- Wada, K. 1989. Allophane and imogolite. En Dixon, J.B. y Weed, S.B. (eds.) Minerals in soil environment, Soil Sciences Society of America, 2° ed.: 1051-1087.

Recibido: 20 de octubre, 2004

Aceptado: 10 de noviembre, 2005