



Manual de Buenas Prácticas de Conservación del Suelo y del Agua en Áreas de Secano (2019)

Eds. Roberto R. Casas y Francisco Damiano

CAPÍTULO Provincia de Neuquén

Autores:

Jorge Irisarri, Ana C. Dufilho, Carlos Buduba, Daniel Mugerza.

Índice

Las regiones edáficas de Neuquén	1
Principales procesos de degradación de los suelos	5
El uso de la tierra	11
Normativas legales	14
Prácticas de manejo del suelo y del agua	16
- Forestación con pinos para control de la erosión	16
- Clausura de campos o potreros	17
- Manejo de mallines	19
- Revegetación con especies nativas del monte	21
- Control de la erosión en márgenes de cursos de agua	23
Bibliografía	26

Las regiones edáficas de Neuquén

La regionalización es una síntesis sustentada en la distribución geográfica de los suelos, según sus caracteres esenciales y procesos pedogenéticos como expresión integradora de los factores del medio geográfico de formación de los suelos (clima, biota, roca y geformas). Es decir, se reagruparon los suelos hasta conformar regiones homogéneas en términos de características climáticas, fitofisonómicas y geomorfológicas. Para ello, se han utilizado estudios de suelos generados por los autores o bien recopilados, lo que equivale a una profusa bibliografía que respalda la presente regionalización (Ferrer, 1982; Ferrer *et al.*, 1991; Ferrer *et al.*, 1999; Irisarri *et al.*, 1990; Pereyra *et al.*, 2011). La síntesis pedogeográfica es, en suma, las correlaciones de carácter geográfico o espacial de la correspondencia entre los factores pedogenéticos y las principales propiedades de los suelos, contenidas éstas en su designación taxonómica.

Las características climáticas de la Provincia del Neuquén (94.078 km²) presentan dos sectores bien diferenciados separados por una estrecha zona de transición. En el sector occidental, vinculadas al efecto orográfico debido a la ubicación de la Cordillera de los Andes y cordones serranos subandinos, los vientos húmedos del Oeste descargan la humedad como intensas precipitaciones en una zona comparativamente angosta, sólo extendiéndose algo hacia el Este a favor de la localización transversal de algunos valles cordilleranos en la zona Sur de la provincia. Al Este las lluvias disminuyen hasta alcanzar mínimos de 180 mm/año.

A partir de los métodos y criterios explicitados en el párrafo anterior se delimitaron dos Regiones: Andina y Exrandina, desagregadas a su vez en dos y tres subregiones respectivamente (Figura 1) cuyas características y suelos se indican en las Tablas 1 y 2.

En la Región Andina con una superficie de 38.154 km² (41 % de la provincia), la conjunción de una elevada oferta pluvio-nival y la presencia de tefras holocenas no consolidadas resultan en el predominio del Orden Andisoles. Dado el relieve montañoso, las lluvias orográficas disminuyen altitudinalmente de Oeste a Este lo que origina una zonificación vertical de la vegetación y del proceso de andosolización. Es decir, las propiedades ándicas (alta retención hídrica, alta retención de fosfatos, alto tenor de cargas variables) se atenúan desde el poniente por disminución progresiva de las sustancias amorfas (alófanos e imogolita) y la aparición de haloisita con el inicio del dominio de los Molisoles, secuencia estudiada en el valle del río Traful (Ferrer *et al.*, 1999). La presencia de amorfos derivados de la alteración de cenizas volcánicas es responsable de un ambiente edáfico bien drenado, con humedad permanente de retención hídrica menor a 1,5 MPa. La elevada porosidad de los piroclastos determina una baja densidad aparente (menos de 0,85 Mg/m³) y un medio lixivante bien aireado. La Subregión Húmeda Montañosa, es la que exhibe los suelos con pH más bajos (4,5-5,5), fuertemente desaturados (apenas por encima del 50%), altos valores de CIC, a menudo con presencia de mantillo forestal (horizontes orgánicos), elevada relación C/N y altos tenores de materia orgánica (hasta 8 % en horizontes minerales). Entre la

Subregión Húmeda Montañosa y la Región Centro Oriental con régimen arídico (Árida Serrana y Árida Mesetiforme) se halla

una zona de transición con régimen xérico (inviernos húmedos y veranos secos). En consecuencia, se producen cambios en la vegetación, con predominio de una estepa herbácea, herbáceo-arbustiva y escasas porciones de bosque muy ralo. En este ambiente los suelos de cenizas volcánicas tienen caracteres ándicos muy atenuados y en presencia de rocas cristalinas dominan Molisoles (Haploxerolls énticos y Argixerolls cálcicos).

En la franja de transición, los suelos carecen de horizontes orgánicos, la materia orgánica varía entre 3 y 6 %, y el cociente C/N entre 10 y 14; se hallan levemente desaturados (80%) con plena saturación en la parte media e inferior del solum; el pH tiene un rango entre 6 (superficial) hasta levemente alcalino, en casos con acumulaciones calcáreas no cementadas. Principalmente en presencia de rocas cristalinas, los suelos poseen un horizonte argílico, con evidentes rasgos de argiluvación.

Al oriente de la faja con régimen xérico se extienden, en el ámbito de la Región Extrandina con una superficie de 56.008 km² (59 % del total), las Subregiones Árida Mesetiforme y Árida Serrana. Ambas poseen un déficit hídrico acentuado (arídico) y una vegetación rala de estepa arbustiva, condiciones responsables del escaso contenido de materia orgánica (menor del 1%) y, por ende, la virtual ausencia del proceso de melanización con predominio de horizontes ócricos.

El balance hídrico negativo impide la lixiviación de los constituyentes solubles, generando horizontes cálcicos y petrocálcicos, gypsicos, petrogypsicos y sálicos, o bien acumulaciones de sales solubles sin constituir horizontes diagnósticos. Los suelos poseen un complejo de intercambio plenamente saturado desde la superficie y acorde con ello un pH neutro a francamente alcalino. La principal diferencia entre ambas Subregiones estriba en que la Árida Serrana posee un predominio de Entisoles respecto de Aridisoles, relación que se invierte en la Árida Mesetiforme. Esta distinción puede atribuirse al estilo morfoestructural de cada Subregión (Tabla 2). Así, en la Árida Serrana prevalece un paisaje complejo de estructuras plegadas casi aflorantes, más la presencia de “crestas” y “espinazos” con pendientes abruptas que favorecen la morfogénesis en detrimento de la pedogénesis.

La baja densidad de la cubierta vegetal acentúa los procesos de erosión y da lugar a menudo a suelos someros con escaso a nulo desarrollo. En contraposición la Subregión Árida Mesetiforme, con estructura geológica subhorizontal favorece la presencia de segmentos del paisaje con muy escasa oferta pluvial y por ende presencia más frecuente de horizontes diagnósticos calcáreos y yesosos.

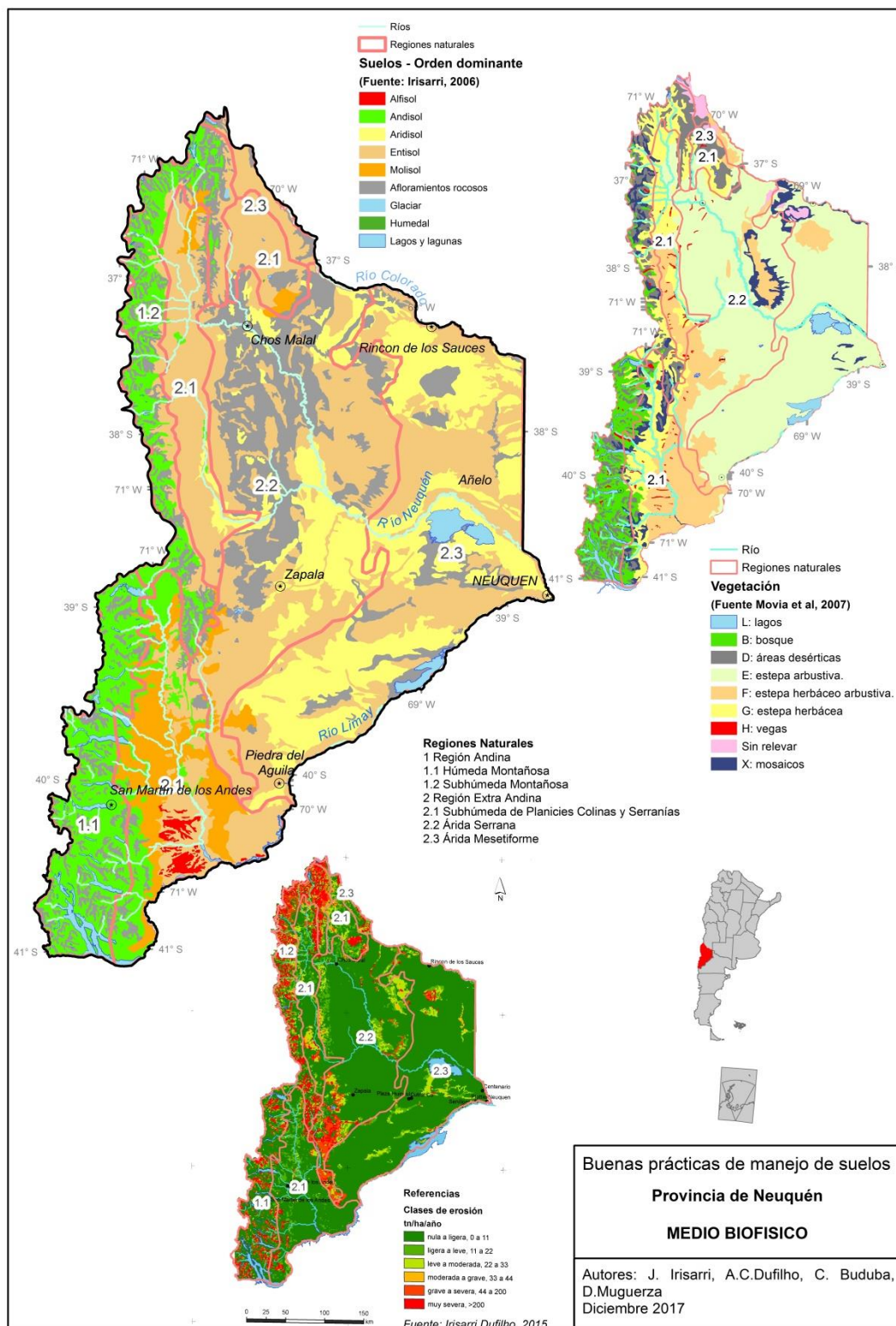


Figura 1. Ubicación de la Provincia de Neuquén y mapas de suelos, vegetación y erosión hidrica potencial.

Tabla 1. Características del clima atmosférico, régimen hidrotérmico de los suelos y vegetación según Regiones y Subregiones de la Provincia del Neuquén.

Región	Subregión	T.m.a.	A.T.a.m.	T.M.m.a.	T.Mi.m.a.	Días sin heladas	Lluvias (mm)	D.H.anual (mm)	E.H.anual (mm)	Clima Índice Hídrico	R. H. suelo	R. T. suelo	Vegetación (fisonomía dominante)*
Andina	Húmeda Montañosa	< 8-10	≤ 13	15 - 17	< 3	< 90	3000 - 1000	< 100	>2000 -500	Perhúmedos a húmedos >100 - 20	Ud .	Mé. y Cry.	Bosque denso
	Suhúmeda Montañosa	10 - 11	< 13 - 14	19 - 20	< 3	< 90	2000 -750	< 300	500 - 0	Húmedos a Subhúmedos >20 - 0	Xé .	Mé. y Cry.	Estepa herbácea, bosque aislado y ralo
Extra Andina	Subhúmeda de Planicies y Serranías	10 - 12	13 - 14	16 - 22	3 - 5	< 90	1000 -200	100 - 400	300 - 0	Subhúmedos secos a semiáridos 20 - (-20)	Xé .	Mé.	Estepa herbáceo arbustiva
	Árida Serrana	12 - 13	14 - 16	20 - 22	4 - ≥ 6	90 - ≥ 150	300 ≤ 130	400 - 550	0	Semiáridos a áridos < (-40)	Arí .	Mé. y Tér.	Estepa arbustiva
	Árida Mesetiforme	≥14	> 16	20 - 23	> 6	150 - 180	< 130	550 - 600+	0	Áridos << (-40)	Arí .	Tér. y Mé.	Estepa arbustiva

Referencias: T.m.a.: temperatura media anual; A.T.a.m.: amplitud térmica anual media; T.M.m.a.: temperatura máxima media anual; T.Mi.m.a.: temperatura mínima media anual; D.H.: déficit hídrico; E.H.: exceso hídrico; R.H.suelo: régimen de humedad del suelo y R.T.suelo: régimen de temperatura del suelo. Ud.: údico; Xé.: xérico; Ari.: arídico; Me.: méxico; Cry.: cryico; Tér.: térmico. * Cabrera, 1976.

Tabla 2. Principales características geológicas y suelos dominantes en las subregiones de la Provincia del Neuquén.

Región	Subregión	Principal proceso geomórfico	Geoformas dominantes	Altitud (m)	Sustrato rocoso consolidado	Principales materiales originarios de los suelos	Suelos dominantes a nivel subgrupo
ANDINA	Húmeda Montañosa	Glacial	Planicies proglaciarias; arcos morénicos; circos; horns; arete; artesas; valles congantes	2000 a 1300	Rocas ígneas (granitos y granodioritas) Rocas metamórficas (filitas, micacitas, gneiss, migmatitas)	Depósitos de cenizas postglaciales, lapilli, o materiales de origen glacial contaminados con cenizas volcánicas	Fulvudandes tp. Hapludandes vt. Udivitrandes tp. Vitrixerandes tp. Humacueptes tp. Medifibristes tp.
	Subhúmeda montañosa						

EXTRA-ANDINA	Subhúmeda de planicies, colinas y serranías	Volcánico con y sin control estructural Fluvial sin control estructural	Planicies basálticas y planicies lávicas pedemontañas. colinas y serranías	1500 a 1000	Basaltos andesitas y riolitas. Tobas, tufitas y rocas graníticas	Depósitos aluviales con escaso transporte (alteración de tobas, tufitas, andesitas y graníticas)	Xerortentes tp. Xeropsamientos tp. Haploxeroles en. Haploxeroles tp. Argixeroles cálcico-áridicos Argixeroles tp. Palloxerertes cr.
	Árida serrana	Fluvial, en gran parte condicionado por la estructura geológica	Valles anticlinales/sinclinales; cuestras; crestas; espinazos.	1000 a 750	Rocas sedimentarias clásticas y químicas	Depósitos aluviales provenientes en su mayoría de la alteración de sedimentitas Depósitos de origen eólico	Petrocalcides tp. Haplargides tp. Paleargides petrocálcicos Haplocalcides tp. Torripsamente tp. Torrifluventes tp. Haplogypsides tp.
	Árida mesetiforme		Planicies arrasadas; cerros mesa; pedimentos y bajadas. Planicies aluviales. Cuencas centripetas.	750 a 300			

Referencias: tp: típicos; vt: vítricos; en: énticos; cr: crómicos.

Principales procesos de degradación de los suelos

La conciencia creciente de la sociedad respecto al deterioro de los recursos de la tierra condujo a definir y proponer metodologías para estimar la naturaleza, distribución y gravedad de los procesos degradatorios de los suelos. El resultado más aceptado a escala planetaria ha sido el proveniente de la FAO-PNUMA (1980).

A los fines de alertar al poder decisorio y político es que se realiza una interpretación de los resultados de la cartografía de suelos de la Provincia de Neuquén en términos de degradación de los mismos. Los procesos degradatorios contemplados son (Tabla 3):

- Erosión hídrica
- Erosión eólica
- Salinización
- Degradación física
- Degradación biológica
- Degradación química

La erosión hídrica del suelo se refiere a un proceso natural en zonas con relieve elevado, con frecuencia se empeora mediante las malas prácticas de manejo.

La erosión eólica de los suelos se refiere al transporte de las partículas de suelos por el viento; la presencia de depósitos eólicos en toda la escala geológica marca que se trata también de un proceso natural agravado por las malas prácticas.

La salinización también es un proceso natural, presente en el 60 % de la superficie provincial que posee suelos con régimen de humedad “arídico”, debido a un acentuado déficit hídrico casi permanente. Es frecuente que presenten moderados tenores de sales hasta niveles que se adecuan a un horizonte sálico, sólo en sectores del paisaje con relieve plano cóncavo, valles, “bajos” y “barreales”.

El balance hídrico negativo es responsable de que los suelos se hallen plenamente saturados y posean un pH próximo o superior a la neutralidad y a medida que se vuelve más húmedo el lavado efectivo de los suelos se intensifica la pérdida de bases de intercambio y un progresivo descenso del pH de los suelos llegando a valores moderados de acidificación (degradación química).

Los procesos de erosión producen también un sellado de los suelos favoreciendo el escurrimiento del agua, una pérdida de humedad en el perfil, una disminución de la biomasa y de la materia orgánica de los suelos (degradación biológica). Asociado a la pérdida de materia orgánica hay una degradación de las estructuras y aumento de la densidad del suelo (degradación física), estos procesos están muy ligados a las malas prácticas de manejo.

Tabla 3. Importancia relativa de los procesos degradatorios de suelos según Regiones y Subregiones.

Región	Proceso Subregión	Erosión hídrica	Erosión eólica	Salinización	Degradación física	Degradación biológica	Degradación Química
Andina	Húmeda Montañosa	M	O	O	O	O	M
	Subhúmeda Montañosa	M/A	O/L	O	O	L/M	L/M
Extrandina	Subhúmeda de Planicies, Colinas y Serranías	M/A	L/M	O/L	O/L	L/M	L
	Árida Serrana	M/A	M/A	L/M	L/M	M/A	O
	Árida Mesetiforme	L/M	M/A	M/A	L/M	M/A	O

Referencias: O= nula; L= leve; M= moderada; A= alta.

Erosión hídrica

Las evaluaciones de la erosión hídrica de la Provincia de Neuquén (Figura 1) expresan que el Departamento Minas, dentro de la provincia muestra la mayor superficie afectada por erosión hídrica; este escenario ha sido contemplado desde los inicios de los estudios de erosión en la provincia. Las causas se atribuyen al relieve más abrupto de esta región, las obras viales y el posible impacto del uso de la tierra para el pastoreo trashumante. En orden de importancia decreciente se estiman 14,6% para el

departamento Chos Malal. Los Departamentos Los Lagos y Catan Lil también presentan porcentajes importantes de superficie afectada por degradación de suelos por erosión hídrica superior a 50 tn/ha/año. En las Figuras 2 y 3 se visualizan los efectos de la erosión hídrica sobre diferentes ambientes de la provincia.



Figura 2. a y b) Erosión hídrica actual severa en la Región árida Serrana. c) Agrietamiento en talud del margen de cauce por escorrentía superficial y disolución de yesos en suelos de la cuenca del Río Colorado al Norte de la provincia (c).

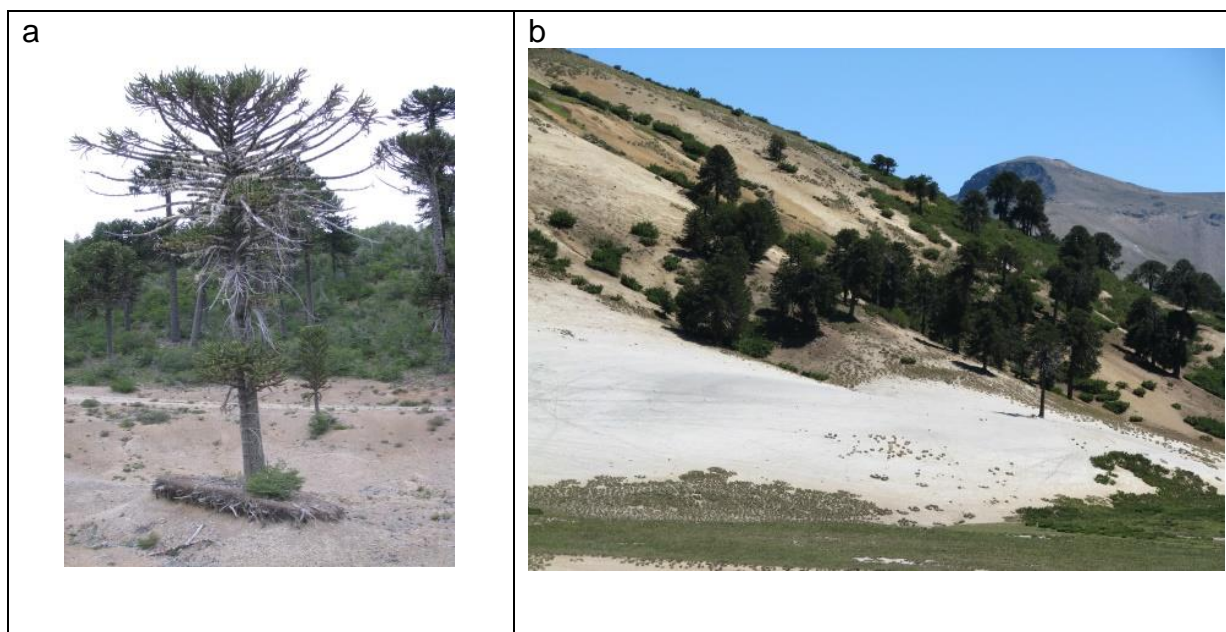


Figura 3. Erosión hídrica (a) y eólica (b) actual en bosques de araucarias sobre cenizas volcánicas en la región de Pehuenia.

En la Tabla 4 se observa que la Región Andina Subhúmeda Montañosa es la que mayor erosión hídrica potencial actual presenta con un valor promedio de 40 tn/ha/año. Este mayor riesgo de erosión hídrica refleja las condiciones de relieve escarpado, baja cobertura vegetal y uso ganadero excesivo del suelo. La región Árida Mesetiforme presenta el menor valor promedio con 15 tn/ha/año, debido fundamentalmente al relieve plano y de escasa pendiente. En todas las regiones están

presentes condiciones de erosión potencial nula a muy severa, siendo el valor más frecuente superior a 200 tn/ha/año en la Región Subhúmeda Montañosa, mientras que en el resto es inferior a 11 tn/ha año.

Respecto a la actividad petrolera, las nuevas tecnologías de exploración no muestran un agravamiento de la situación existente. Aunque la intensificación de la actividad con los nuevos métodos extractivos merecería una evaluación más detallada.

Tabla 4. Distribución de la erosión hídrica potencial en las regiones naturales. Fuente: Irisarri y Dufilho, 2015.

Región natural	Superficie (km²)	Erosión hídrica potencial (tn/ha/año)
Árida Mesetiforme	9.267	15
Árida Serrana	28.887	19
Subhúmeda de Planicies Colinas y Serranías	26.022	19
Andina Húmeda Montañosa	21.055	25
Andina Subhúmeda Montañosa	8.931	40

Erosión eólica

Los mantos de cenizas, originados en numerosos volcanes, se vuelven progresivamente hacia el Este, menos espesos y variables. Los vientos han sido y son los responsables del arrastre y depósito de las cenizas volcánicas, y son los que constituyen la causa principal del re-transporte de estos materiales de un sitio a otro, mezclando con otros materiales, removiendo y seleccionando las partículas.

En las regiones más secas donde se desarrolla el bosque y en los amplios valles que comunican la vertiente Atlántica con el Pacífico, como sobre las vastas planicies extra andinas, existe una nueva distribución de los mantos eólicos con contenidos de cenizas volcánicas asociadas a las remociones y deposiciones en función de la topografía local. En las posiciones topográficas enfrentadas a la dirección de los vientos las cenizas son acarreadas y depositadas sobre las laderas protegidas, dando acumulaciones importantes de hasta algunos metros de espesor, sucediendo lo mismo sobre las pendientes cóncavas y suaves.

En las planicies de la Región Extrandina seca los depósitos de materiales eólicos transportados y retransportados se depositan en las matas de vegetación formando los denominados "montones de arena". En los valles áridos de orientación Oeste-Este, los materiales arrastrados por el viento se depositan incluso hasta formar verdaderos médanos.

Degradación química

La acidificación (degradación química) es un proceso en el que participan naturalmente los factores edáficos, climáticos y biológicos.

Los factores antrópicos como una agricultura extractiva y el uso intenso de fertilizantes pueden acelerar los resultados de este proceso.

La acidificación es propia de las zonas lluviosas y pertenecen al régimen de humedad de suelos Údicos; en la Provincia de Neuquén se ubica en la Región Andina Húmeda Montañosa. Los suelos pertenecen al Orden de los Andisoles, el material originario son piroclastitas (cenizas y pumicitas volcánicas) de naturaleza básica y holocénicas, sedimento que favorece la percolación y el lavado y disminución progresiva del contenido de electrolitos de la solución del suelo y bases del complejo de cambio, su reemplazo por hidrógeno y aluminio. Las consecuencias son la disminución de la fertilidad natural y en casos extremos emerge toxicidad alumínica, que no ha sido observada en el ámbito de la provincia. Es frecuente denominar a los suelos volcánicos como de “cargas variables” esto es que una parte de las cargas eléctricas responsables de retener los cationes (CIC) en el complejo de cambio depende del pH, *i.e.*, cuando disminuye el pH también baja la CIC, y favorece una mayor pérdida de cationes. Otro origen de la acidez de suelos es el contenido de materia orgánica, fuente de hidrogeniones, también elevado en los suelos de regiones húmedas.

La degradación química disminuye en los regímenes de humedad de suelos xérico; las condiciones de humedad resultan favorables para el lavado de los perfiles de suelo sólo en invierno; en verano el déficit hídrico marcado evita una disminución del contenido de bases de intercambio. Este contraste hídrico favorece una concentración de los cationes bivalentes (Ca y Mg), menos solubles y un lavado de los monovalente (Na y K) más solubles. También resulta muy efectivo este “lavado climático” para eliminar las sales solubles del perfil del suelo, en las zonas Andinas Subhúmedas Montañosas y Extrandina de Subhúmeda de Planicies, Colinas y Serranías. En las regiones Extrandina secas (régimen de humedad de suelos Árido) está ausente la degradación química, por ende, los suelos presentan un complejo de cambio saturado y es frecuente la presencia de sales poco solubles (carbonato de calcio y yeso) y solubles (halita, bicarbonato de Na, entre las más comunes).

Degradación biológica y física

Los procesos de degradación biológica y física en los suelos de Neuquén marchan en forma similar. Una disminución del contenido de materia orgánica trae aparejado una disminución del grado de estructura, un aumento de la densidad del suelo, una disminución de la porosidad y una disminución de la velocidad de infiltración. Estos procesos están alcanzados por factores climáticos, biológicos y edáficos.

Los suelos de la Región Andina, de régimen de humedad údico, bajo bosque con altas tasas de aporte de restos orgánicos y desarrollados sobre cenizas volcánicas básicas

y holocénicas que sintetizan arcillas alofánicas, forman complejos estables con las sustancias húmicas protegidos de la degradación biológica (Wada, 1980; Shoji *et al.*, 1993; La Manna *et al.*, 2007). Dan como resultado epipedones con altos contenidos de carbono orgánico y no se han observado cambios significativos a lo largo del tiempo en el contenido de carbono orgánico de los suelos.

A medida que disminuye la humedad de los suelos los procesos de síntesis de alofan y de acumulación de carbono se atemperan y los suelos cambian de Orden de la manera indicada en Tabla 5.

Tabla 5. Variación de los suelos de acuerdo al contenido de humedad.

Régimen de humedad de suelos	Údico	Xérico	Arídico
Órdenes de suelos	Andisoles	Molisoles	Aridisoles
		Alfisoles	
		Andisoles	

Bajo régimen xérico y en la Región Extrandina Subhúmeda de Planicies, Colinas y Serranías es frecuente observar Molisoles con B argílico y Alfisoles asociados; el cambio de Orden se debe a la variación del contenido de materia orgánica en el epipedon y/o el tamaño y la resistencia a la ruptura de las unidades estructurales (Tabla 6).

Tabla 6. Variaciones de las propiedades de los epipedones entre Alfisoles y Molisoles.

Alfisoles	Propiedades	Molisoles
Contenido de carbono orgánico		
Menor	0,6%	Mayor
Tamaño unidad estructural		
Mayor	30 cm	Menor
Resistencia a la ruptura		
Muy dura	Dura	Suave

Hasta ahora no hay mediciones de la velocidad de infiltración y densidad del suelo que completen la evaluación de las variaciones observadas. Esta variación del contenido de carbono orgánico tiene consecuencias en la degradación, la taxonomía y la cartografía de los suelos.

Los Aridisoles de las regiones Árida Serrana y Mesetiforme poseen bajos tenores de materia orgánica, escaso desarrollo de las estructuras, con tendencia a masivas y como producto de indefinidos procesos de humectación-desección presentan costras vesiculares de algunos milímetros de espesor (Figueira, 1984), suficiente para producir aumentos en la escorrentía y disminución de la infiltración, acentuando las condiciones de déficit de humedad de los perfiles.

El uso de la tierra

Ganadero

La zona Extrandina árida y semiárida es la dedicada sólo a la ganadería extensiva, a menos que tenga potencial petrolero; comprende la mayor superficie de la provincia. Presenta la fisonomía particular de las sierras y colinas subhúmedas y mesetas áridas con vegetación de estepas gramíneas y arbustivas; atravesada por los grandes valles de los principales ríos que nacen en la cordillera e incluye “mallines o vegas”, distribuidos aleatoriamente en toda su superficie. Está cubierta de pastizales naturales que son el sustento de producciones extensivas orientadas a la ganadería ovina y caprina, y bovina en áreas de mayor oferta forrajera como los mallines.

La zona Andina, con sus áreas de valle y piedemonte que se extiende paralela a la cordillera, con pastizales de montaña y el ecotono, formado por ñirantales y pastizales, permite la cría de ganado bovino y ovino.

El stock ganadero de la provincia ha sido motivo de controversias. Sin embargo, hay una opinión generalizada que actualmente está en recuperación, aunque se duda del impacto y la sustentabilidad de los recursos suelos y vegetación de los cuales depende. En la Figura 4 se presenta la evolución del stock de la provincia proveniente de los censos nacionales y provinciales, desde el año 1937 al 2017. Se observa que el predominio inicial de ovinos con aproximadamente 1 millón de cabezas dio lugar a la preeminencia del ganado caprino con unas 700 mil cabezas. El ganado vacuno se ha mantenido aproximadamente igual, con un leve aumento en los últimos años.

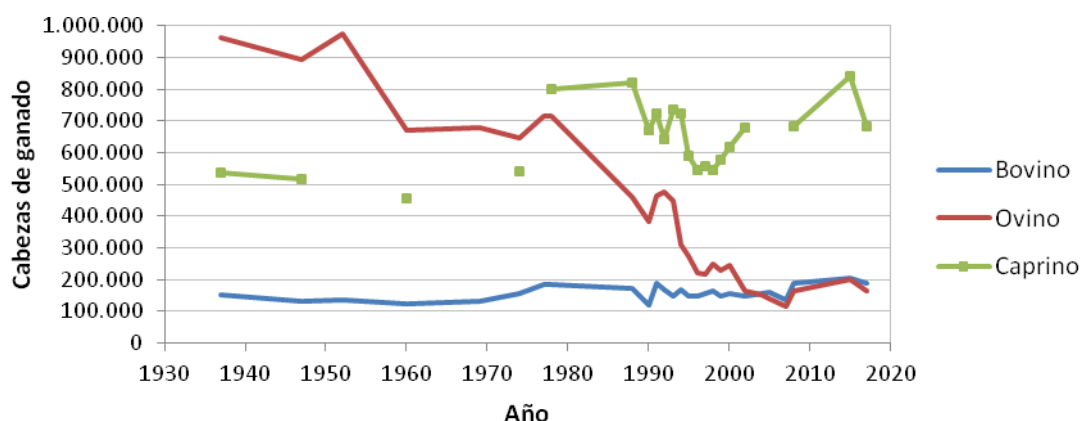


Figura 4. Evolución del stock ganadero en la Provincia de Neuquén (período 1937 – 2017).

Una particularidad regional de la ganadería neuquina lo constituye la “trashumancia”. Es una práctica cultural, histórica y productiva que forma parte de la vida de una parte de los pequeños productores y crianceros de la provincia; está regulada por el ritmo cíclico de las estaciones climáticas, veranos secos e inviernos húmedos.

Esta práctica implica un cambio temporal de asentamiento del ganado, ocupando los valles y piedemonte de la región Andina entre los meses de noviembre-diciembre a marzo-abril (zona de veranada) y el resto del año en valles y mesetas de la región Extrandina (zona de invernada). Este traslado por rutas de arreo (Figura 5), provoca un impacto en la vegetación y en el suelo. Se trata en definitiva de un tipo de utilización de la tierra que impacta sobre dos ambientes distintos.

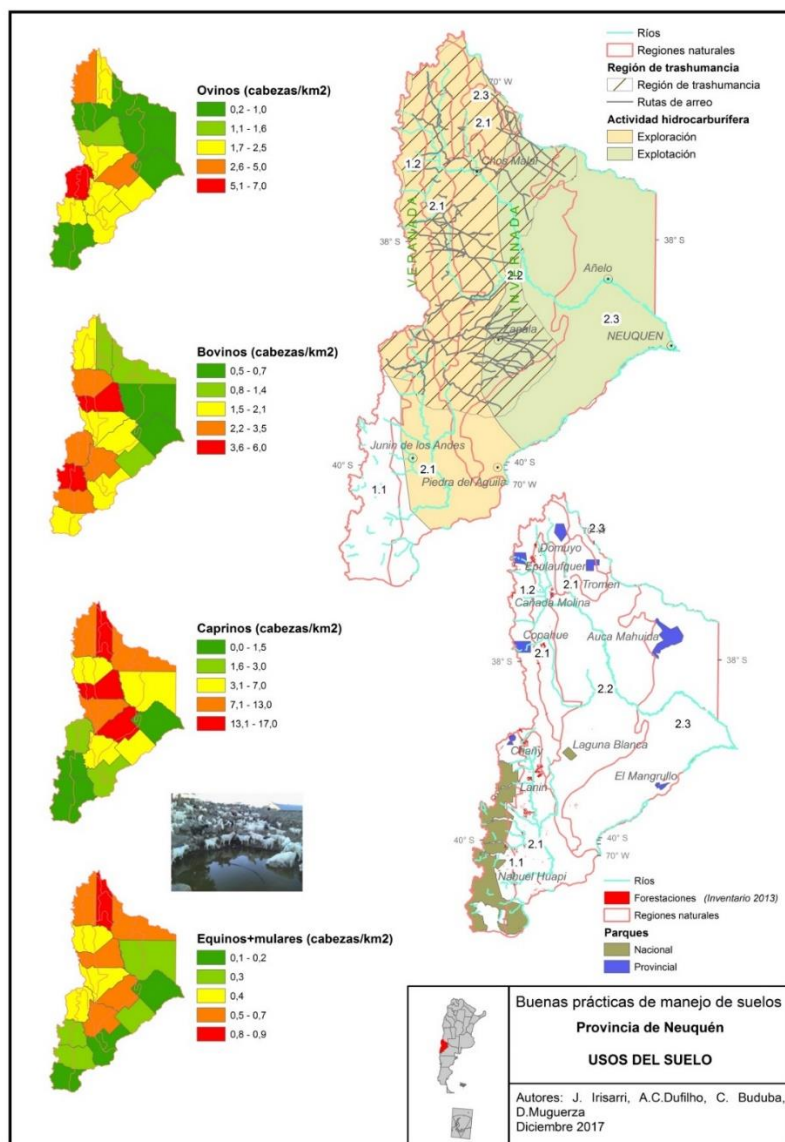


Figura 5. Usos de la tierra con impacto en la degradación de los suelos en el territorio neuquino.

En la Figura 5 se observa que la mayor densidad de caprinos ocurre en la zona de trashumancia y también equinos y mulares que son utilizados en los arreos. Los caprinos son los que presentan mayor densidad (hasta 17 cabezas por km²), mientras que los equinos y mulares las menores densidades de 0,9 cabezas por km². La concentración de ganado bovino ocurre en la Región Húmeda del Oeste de la provincia, debido a la existencia de mallines que presentan un excelente valor forrajero.

Forestal

Las variaciones de las propiedades físicas, de humedad y mineralógicas (arcillas) de los suelos, que a su vez se relacionan entre sí, condicionan la vegetación y el potencial forestal de la zona.

La influencia más marcada, de las variaciones de humedad de suelos es sobre el material moderno originario de suelos: las cenizas volcánicas holocénicas. Dentro de la zona Norte, entre los paralelos 35°S y 40°S disminuye el manto de cenizas en el mismo sentido de las lluvias (Ferrer *et al.*, 1991), alcanzando espesores superiores a los 2 y 3 m con un ancho variable de 25 a 40 km a la altura de los paralelos 39°S y 40° S y mostrando profundidades menores a 1 m en una faja de 10 a 15 km, entre los paralelos 35°S y 36°S. En tanto al Sur del paralelo 40°S los espesores de cenizas resultan mucho más variables, desde 2 a 3 m a inexistentes, siendo en estos casos los materiales originarios de los suelos frecuentemente de origen glacial (till, varves, glacifluviales).

Las variaciones de las propiedades físicas, de humedad y mineralógicas (arcillas), que a su vez se relacionan entre sí, condicionan la vegetación y el potencial forestal de la zona abarcada en el presente trabajo. El déficit de agua es progresivamente más severo hacia el Este por disminución de las precipitaciones, y por elevación de la evapotranspiración, causado por un aumento de la temperatura y cielos más diáfanos con mayor radiación. Las decisiones acerca del uso de la tierra más conveniente en esta amplia zona del paisaje son una preocupación constante para los organismos de planificación. Una de las preguntas a contestar es qué tierras forestales deben convertirse al uso agrícola ganadero. Esto es de fundamental importancia en áreas donde se necesita mayor producción de alimentos; o a la inversa, el incremento en demanda de madera puede llevar a un cambio en el uso de la tierra hacia la forestación.

Donde el clima es suficientemente húmedo (údic) las cenizas se vuelven más coherentes y menos susceptibles a los transportes eólicos, siendo en este caso capaz de sostener una vegetación boscosa, lo que a su vez garantiza que no sean erosionadas. Con una ganancia de materia orgánica en estos suelos, los depósitos de cenizas se vuelven más estables, permeables y aireados.

Los minerales son rápidamente alterados, apareciendo los alófanos que elevan su capacidad de retención de agua. Cuando se pasa de las subregiones húmedas a las subhúmedas (xérico), los suelos sometidos a un ligero desecamiento tienen una

tendencia a organizarse por parte de las sustancias amorfas y aparecen minerales de arcilla tipo imogolita. Estos suelos retienen menos agua que los alofánicos, pero más que aquellos con minerales secundarios de naturaleza cristalina. Las estructuras son muy estables, la densidad aparente es baja, permitiendo acumular agua en invierno para paliar la sequía en verano. Estas propiedades benefician la proliferación de las raíces, condiciones favorables para un desarrollo sin o con escaso déficit hídrico de los árboles.

Estas variaciones hacen que también los suelos y el potencial forestal cambien en función de las características de los depósitos de materiales piroclásticos. Así, por ejemplo, las laderas largas expuestas a los vientos son apenas recubiertas por arenas gruesas o emergen los afloramientos rocosos, mientras que las laderas a sotavento son recubiertas por importantes mantos de cenizas finas (menores de 0,25 mm de diámetro) de mayor potencial forestal. En zonas donde el relieve resulta más quebrado el viento tiene poca distancia para recorrer y la selección de partículas resulta menos marcada.

Normativas legales

Las normativas nacionales y provinciales vigentes de aplicación para implementar las prácticas de manejo son las siguientes:

- Ley Nacional 25688 (2002) de Régimen de Gestión Ambiental de las Aguas. Ley de Presupuestos ambientales mínimos.
- Ley Nacional 22428 (1981) y Decreto Reglamentario 681/1981 de Fomento a la conservación de suelos. Régimen legal para el fomento de la acción privada y pública tendiente a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos. Objetivos, régimen de adhesión a la ley, conformación de consorcios, beneficios y sanciones por incumplimiento. Responsabilidades profesionales y exenciones impositivas.
- Ley Nacional 25080 (1998) de Ley de Bosques Cultivados. Régimen de promoción de inversiones para nuevos emprendimientos forestales y ampliaciones de bosques existentes. Ámbito de aplicación, alcances. Adhesión provincial. Apoyo económico no reintegrable. Tratamiento fiscal.
- Ley Nacional 26432(2008). Prórroga la ley 25080 hasta el año 2018 y reforma el art. 4.
- Resolución 33/2013 de la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación reglamentando la ley 25080 y la 26432 de Bosques.
- Ley Nacional 25422 (2001) para la recuperación de la ganadería ovina. Creación del fondo fiduciario para la recuperación de la actividad ovina.
- Ley Nacional 26141 (2006) de recuperación, fomento y desarrollo de la actividad caprina instituyendo una Unidad de Ejecución Provincial.
- Decreto Poder Ejecutivo Nacional 1502/2007 de reglamentación de la ley nacional 26.141

- Resolución 1104/2013 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación con la incorporación del programa de mejoramiento de la producción y calidad del mohair al reglamento de la ley Nacional 26141.
- Ley Nacional 25380 (2000) de régimen legal para las indicaciones de procedencia y denominación de origen de productos agrícolas y alimentarios..
- Ley Nacional 26737 (2011) de régimen de Protección al Dominio Nacional sobre la Propiedad, Posesión o Tenencia de las Tierras Rurales.
- Ley Provincial 2636 (2008) y 2769 (2011) de Programa de Desarrollo Forestal de los Perilagos.
- Ley Provincial 1306 (1981) de Tierras fiscales rurales de zonas de frontera.
- Ley Provincial 899 (1975) Código de Aguas.
- Decreto 1811/2010 y Decreto 2029/2010 del Gobernador de la Provincia del Neuquén reglamentando el Código de Tierras Fiscales.
- Ley Provincial 1347 (1982) de adhesión a la ley nacional 22.428 de conservación de suelos.
- Ley Provincial 2809 (2012) de Trashumancia.
- Ley Provincial 2549 (2007) de adhesión a la ley nacional 26.141 para la recuperación, fomento y desarrollo de la actividad caprina.
- Ley Provincial 2373 (2001) de adhesión a la ley nacional 25.422 para recuperación de la ganadería ovina.
- Ley Provincial 2288 (1999) de adhesión a la ley nacional 25.080 de inversiones forestales.
- Ley Provincial 2482 (2004) de Régimen de Incentivos Forestales y Ley Provincial 2606 (2008) con modificación del Régimen de Incentivos Forestales.
- Ley Provincial 2694 (2010) de Ratificación de Adhesión a ley nacional 25.080 y Adhesión a la ley nacional 26.432 de inversiones para bosques cultivados.
- Ley Provincial 2674 (2009) Autorización al Poder ejecutivo provincial a suscribir un convenio con el Gobierno nacional de préstamo subsidiario, dentro del marco del proyecto de desarrollo rural de la Patagonia. PRODERPA.
- Ley Provincial 2780 (2011) de Ordenamiento territorial de los bosques nativos. Establece 3 categorías de conservación.
- Ley Provincial 2940 (2014) de Incentivo a la producción Ganadera, fase III.
- Ley Provincial 1934 (1991) de establecimiento de rutas de arreo para las haciendas en tránsito de invernada a veranada y de veranada a invernada en el territorio de la zona norte de la Provincia del Neuquén.
- Resolución 819/2012 de prevención de accidentes en rutas de arreo.
- Resolución EPAS 181/2000 del Ente Provincial de Agua y Saneamiento con la reglamentación del Art. 3º, Inc. e, de la Ley N°1.763 (creación del EPAS), del Título V - Sección IV, de la Ley N° 899 (código de aguas) y del Art. 5º de la Ley N° 1.875 (de medioambiente). Establece las condiciones de las descargas a cursos de agua, lagos, lagunas, estanques (límites de parámetros y métodos de análisis).

Prácticas de manejo del suelo y del agua

1. Nombre de la práctica: Forestación con pinos para control de la erosión

Definición: Implica la implantación de pinos (principalmente pino ponderosa) en tierras con potencial forestal, degradadas por mal uso, con baja o nula receptividad para la ganadería extensiva para obtener productos del bosque.

Objetivo: El principal objetivo de las plantaciones es proveer materia prima a la industria de la madera (construcción y carpintería) y en forma simultánea, lograr mitigar la erosión producida por el mal uso (sobre pastoreo y quemas).

Condiciones para su aplicación: La implantación de una especie como el pino, capaz de establecerse en lugares de suelos degradados con escasa o nula cobertura vegetal (Figura 6 a), aumenta la cobertura disminuyendo el efecto de salpicadura por la gota de lluvia y el movimiento de partículas por el viento. El crecimiento de los árboles en este ambiente produce, con el tiempo, una efectiva barrera que facilita el control de la erosión y genera, cuando el bosque es manejado adecuadamente, condiciones para el establecimiento de otras especies forestales y herbáceas. La generación de espacios protegidos (menos viento, más sombra, atemperamiento de temperaturas extremas, etc.) pueden complementar las tradicionales actividades pastoriles (sistemas silvopastoriles) [Figura 6 b]. Además, los productos madereros y no madereros diversifican los ingresos de los establecimientos ganaderos extensivos de una amplia región que posee aptitud para este tipo de actividad forestal.

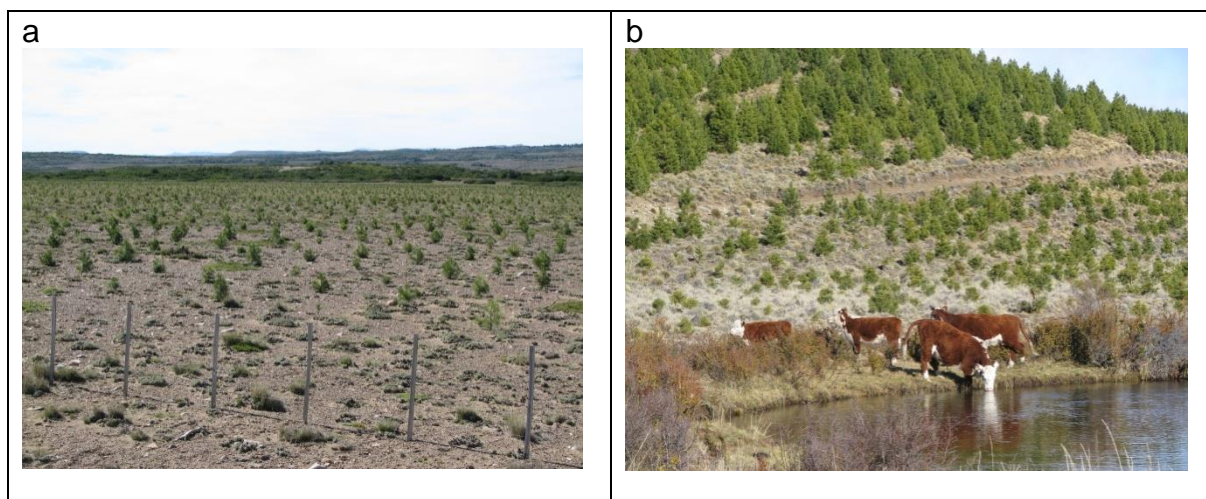


Figura 6. a) Plantaciones jóvenes de pino en áreas con formación de “pavimentos” en la superficie del suelo, evidencia de erosión eólica severa. b) Plantación lograda generando espacios protegidos para la vegetación y el ganado.

Actualmente existe en toda la región el conocimiento, la capacidad técnica, la disponibilidad de herramientas financieras y la experiencia para cultivar pinos en amplias superficies. El éxito en la implantación depende fundamentalmente de la oferta de humedad durante los primeros años y de evitar el ramoneo de las pequeñas

plantas por parte de animales silvestres (liebre) y domésticos mediante un control de población y/o clausura o protección individual. El pino se adapta a sitios con baja fertilidad, no requiere fertilizantes y resiste a la sequía. Los árboles aumentan la infiltración, ralentizan el escurrimiento del agua y disminuyen la erodabilidad.

Superficie estimada de aplicación: El ámbito geográfico donde se promueve esta práctica es la Región Andina, en áreas que no presentan ni han tenido vegetación natural boscosa y en la Extrandina, en la Subregión subhúmeda de planicies, colinas y serranías. Ha sido promovido a partir de los años 80 en la zona Norte de la provincia. De acuerdo al inventario del año 2013, el área forestada cubre unas 58.192 ha.

Normas técnicas: El manejo silvícola adecuado para fines comerciales de las plantaciones implica realizar varias intervenciones de podas y raleo a lo largo de su ciclo productivo. El turno de corta de una plantación depende de la calidad de sitio y se estima entre 35 – 45 años. Estas actividades buscan maximizar los crecimientos y obtener madera de calidad. Las sucesivas podas tienen como objetivo disminuir el riesgo de incendio y favorecer un fuste libre de nudos. Asimismo, los raleos favorecen el aprovechamiento de los recursos (luz y agua) por parte de los mejores árboles que se seleccionan para la corta final.

Equipos necesarios: Todas las actividades para la implantación y posterior manejo del bosque de pino insumen muchas horas hombre. En general, para las primeras actividades las herramientas son manuales (pala, serrucho, motosierra, etc.). En los raleos con mayores volúmenes de madera y en la corta final, se suelen utilizar maquinarias para el movimiento de troncos (tractor, carro, camión, etc.). También algunos establecimientos recurren a maquinaria (trituradora, chipeadora, etc.) para el manejo de los desechos leñosos (ramas). El volumen de ramas producido en las sucesivas podas, raleos y corta final puede ser muy importante; su adecuada disposición es imprescindible para disminuir el riesgo de incendios. Además, en ciertos lugares es conveniente el uso de maquinaria vial para el trazado y mantenimiento de caminos cortafuegos.

Mantenimiento: Las tareas de mantenimiento más importantes en las plantaciones de pino son: i) el control del ramoneo por liebre o ganado durante los primeros años del establecimiento; ii) el control de plagas (principalmente insectos), cuya presencia se ve facilitada por un inadecuado manejo que puede provocar el estrés de los árboles; y iii) el manejo del combustible leñoso, para disminuir y controlar los incendios.

2. Nombre de la práctica: Clausura de campos o potreros

Definición: Cierre de los campos o potreros por medio de alambrados. Se trata de restaurar las condiciones de la composición de especies, estructura y función de la vegetación.

Objetivo: Evitar el ingreso de animales (caprinos, ovinos, bovinos y caballares) a efecto de restaurar las condiciones de la composición de especies, estructura y

función de la vegetación. El uso ganadero (cuando supera la capacidad de carga de los campos) ha producido una disminución sistemática de la vegetación en todo el territorio provincial y el objetivo es devolver al ecosistema su funcionalidad.

Condiciones para su aplicación: Esta práctica genera muchas controversias en principio por las dificultades económicas y sociales de aplicación.

Los resultados de clausuras efectuadas en diversos ambientes muestran que es más efectiva en ambientes de mallines (ambientes con régimen de humedad de suelos ácuico) y más azarosa en suelos con régimen de humedad arídico.

En el caso de plantaciones forestales, se utilizan los cerramientos con alambrados previos a la implantación y durante los primeros años de desarrollo. La consecuencia ha sido también el aumento de la cobertura de las pasturas y la mejora de la respuesta hidrológica.

En algunos tramos de las rutas de arreo se han realizado callejones a efecto de evitar el tránsito de animales en las rutas para vehículos. El resultado ha sido por un lado la recuperación del monte protegido y por otro la degradación y erosión en el callejón de arreo debido al sobrepastoreo y pisoteo que ocurre en los períodos de arreo (noviembre- diciembre y marzo-abril) [Figura 7].

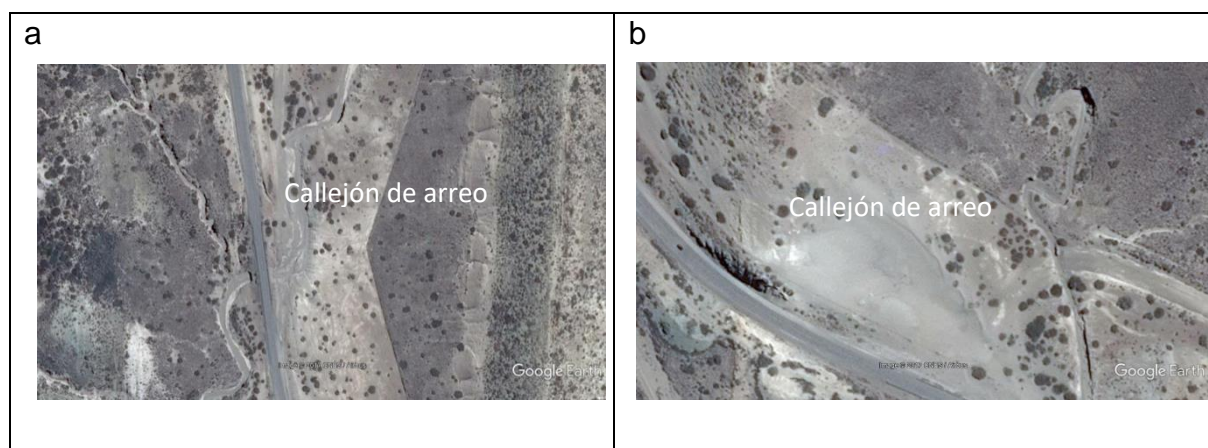


Figura 7. Callejón de arreo en el tramo Chos Malal – El Alamito limitado por la ruta y el alambrado. Se observa la disminución de cobertura vegetal y aumento de erosión hídrica (a) y eólica (b).

Superficie estimada de aplicación: Se realiza prácticamente en los 95.000 km² de superficie de la provincia. En las Regiones Andina y Extrandina, de pastoreo extensivo, se ha promovido el cierre de campos para favorecer la recuperación de la vegetación natural. Esta decisión ha producido el efecto deseado, en particular en la Región Andina Húmeda y Subhúmeda y en la Subregión Extrandina Subhúmeda, pero ha generado sobrepastoreo y pisoteo en los caminos de arreos con el consiguiente aumento de erosión hídrica, laminar y eólica.

Normas técnicas: No aplica.

Equipos necesarios: Elementos para la construcción de alambrados.

Mantenimiento: Control periódico del estado general de los alambrados. Revisión y reparación si es necesario, luego de inviernos con mucha nieve o luego de lluvias torrenciales que generan procesos aluvionales.

3. Nombre de la práctica: Manejo de mallines

Definición: Los mallines son pastizales húmedos o vegas que ocupan el 4 a 6 % de la superficie de la Patagonia y sustentan el 60 – 70% de la producción ganadera. La explotación sustentable de estos ecosistemas requiere de prácticas de manejo, entre las más importantes el pastoreo rotativo, el control del nivel freático, el uso de fertilizantes, la siembra de especies forrajeras y la realización de fardos y rollos de pasto.

Objetivo: Preservar la cobertura de pasturas naturales o implantadas y las condiciones hidrológicas del mallín.

Condiciones para su aplicación: En humedales naturales (mallines) se han realizado algunas experiencias de intersiembra con especies nativas y exóticas (agropiro, alfalfa) por parte del INTA y particulares con diferentes resultados. El aumento de la cobertura vegetal por resiembra debe ir acompañado del manejo del pastoreo también fuera del mallín. La falta de manejo lleva a la degradación y erosión del mallín. En algunos campos se ha realizado el reemplazo de especies de menor valor forrajero (*Cortaderia speciosa* “cortadera”) por otras de mayor valor (entre otras: *Poa pratensis* “poa”, *Trifolium repens* “trébol blanco”, *Holcus lanatus* “holcus”, *Bromus unioloides* “cebadilla criolla”, *Alopecurus pratensis* “cola de zorro”).

El manejo del agua en mallines se realiza a través de canales superficiales en curvas de nivel que redistribuyen el agua mediante tomas o azudes en el cauce central (Figura 8). A partir de este diseño base, existen dos enfoques teóricos diferentes que lleva a prácticas diferentes (Horne *et al.*, 2003). Un diseño tradicional consiste en regar la superficie del mallín por inundación o presurizado. El otro diseño, busca incrementar la infiltración para recargar el acuífero libre y lograr almacenar el agua en el subsuelo y favorecer la subirrigación del mallín. De esta manera el agua almacenada retrasa la llegada del déficit hídrico durante el período de estiaje (Dufilho *et al.*, 1999). Y por otro lado, este nivel posibilita el ascenso capilar y la subirrigación de las pasturas para suplir la demanda evapotranspirativa y aumentar en consecuencia el área cubierta por pasturas naturales (Horne *et al.*, 1999). En la práctica ambos métodos conviven dado que en la conducción mediante canales sin revestir se producen pérdidas que se infiltran y recargan al acuífero.

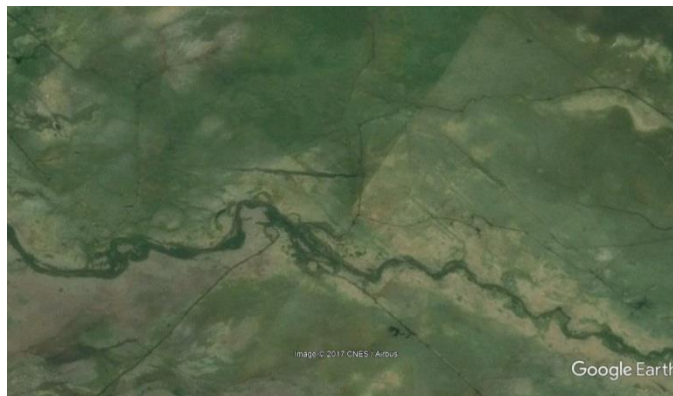


Figura 8. Manejo del agua tradicional mediante canales de distribución a partir del cauce central en un mallín de la zona de El Huecú, Departamento Ñorquín.

El manejo del agua en el mallín que favorece la infiltración, cuando se realiza en la etapa inicial de degradación, disminuye la escorrentía superficial evitando la erosión hídrica y la generación de cárcavas. La erosión avanzada del cauce central ha generado procesos erosivos en cárcavas en mallines de la Región Árida Serrana (Figura 9). Estas cárcavas son de difícil control y para la recuperación se requieren obras costosas que no se han realizado. En algunos lugares con agua presente en el subálveo se ha realizado forestación de los cauces que disminuye la velocidad del flujo y la erosión del lecho y aumenta la retención de sedimentos.

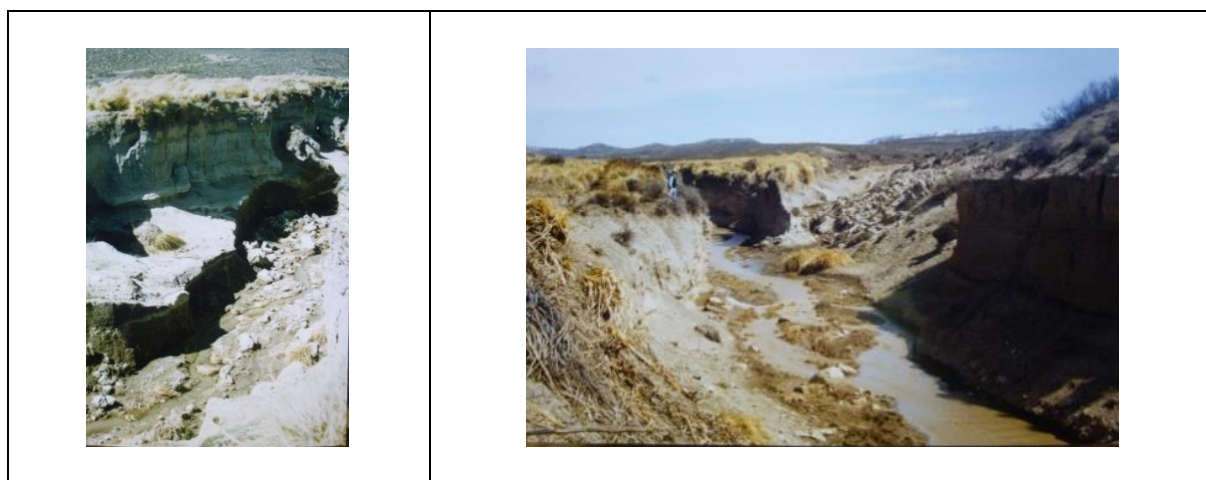


Figura 9. Erosión laminar y luego encauzada en el cauce central formando cárcavas en mallín de la Comunidad Filipin, Aguada del Sapo, Departamento Zapala.

La vegetación es de cortaderas, el pastoreo rotativo y el corte y acopio de pasto requieren del apotramiento de los mallines debiendo responder a los objetivos productivos del campo y a la estrategia de uso previamente definidas. La fertilización de mallines es una práctica generalizada por el aumento de la producción y calidad del forraje, que se traduce en un incremento del consumo y ganancia de peso de los animales. Los nutrientes más difundidos agregados son

nitrógeno y fósforo, con los consiguientes riesgos de eutrofización de los cuerpos de aguas asociados.

Superficie estimada de aplicación: Existen unas 376.000 ha ubicadas en la Región Andina Húmeda y Subhúmeda y Extrandina Subhúmeda con condiciones adecuadas para el manejo y excepcionalmente alguna área de la zona Árida que bordea a la subhúmeda. El manejo del agua en mallines a través de canales es una práctica generalizada, predominando el que se realiza por superficie, aunque existen diversos ejemplos de mallines manejados con subirrigación.

Normas técnicas: La implantación de nuevas especies y pasturas requiere el conocimiento del clima local y del suelo.

El manejo del agua a través de canales requiere el conocimiento del balance hidrológico del mallín y el período de déficit hídrico. El control de la freática para la subirrigación requiere además conocer las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos. Los suelos más favorables para la subirrigación son los Andisoles dado que el alto contenido de cenizas volcánicas favorece el ascenso capilar, en altura y en caudal, necesario para suplir la demanda evapotranspiratoria. El diseño de canales de infiltración debe ser controlado y corroborado mediante una red de freatómetros.

Equipos necesarios: Azudes, retroexcavadora (para canales), alambrados, semillas. Para el diseño ingenieril del riego se requieren datos de clima, suelos, caudales y niveles freáticos, por lo que es necesario en general aforar los cauces, realizar calicatas e instalar freatómetros.

Mantenimiento: En el sistema de riego por subirrigación requiere la limpieza periódica de los canales para mantener su capacidad de infiltración y el monitoreo de los niveles freáticos en el acuífero. Es necesario verificar el estado de los azudes y obras de toma en el cauce central.

4. Nombre de la práctica: Revegetación con especies nativas del monte

Definición: Es la implantación de especies nativas en las áreas degradadas para recobrar las comunidades vegetales y el medio natural que existía antes del disturbio. En la Región Extrandina de la provincia la actividad hidrocarburífera es la que mayor impacto ha tenido sobre la degradación de la vegetación y el suelo. La realización de unos 12.000 pozos desde el año 1918 a la actualidad necesitó la construcción de caminos, picadas y locaciones que generó fenómenos de erosión hídrica no encauzada y encauzada de manera generalizada.

La mejora de la tecnología utilizada en la exploración de hidrocarburos ha permitido pasar de la exploración sísmica 2D a la 3D (Figura 10). Actualmente en toda la provincia se utiliza el “vibro” para producir las ondas necesarias para la investigación del subsuelo. Esta técnica no requiere arrancar la vegetación para la construcción de picadas (caminos) como se hacía en la sísmica 2D y sólo se aplasta la vegetación debido a la circulación del equipo. Esto facilita en condiciones hidrológicas medias, la

recuperación de la cobertura vegetal sin necesidad de revegetación y evita la erosión hídrica de los suelos.

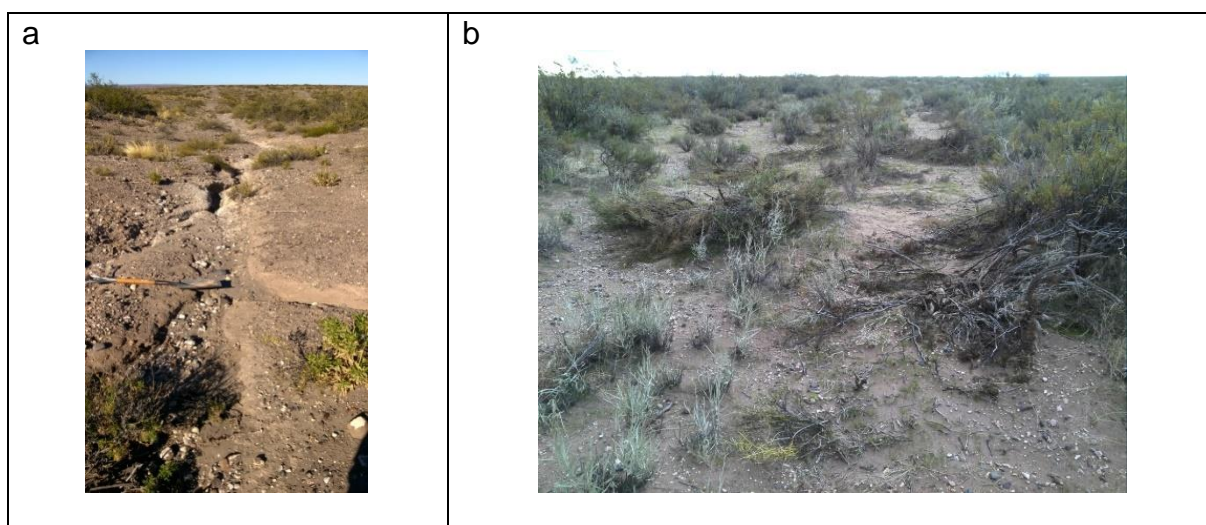


Figura 10. a) Antigua picada para exploración sísmica 2D que produce una zona de drenaje preferencial con encauzamientos y erosión, y b) Picada reciente para exploración 3D donde se observan las jarillas aplastadas y rotas debido a la circulación del equipo.

Objetivo: Restablecer las relaciones ecológicas del sitio y la revegetación se convierte en el primer paso.

Condiciones para su aplicación: La revegetación con especies nativas de monte se realiza de manera habitual (Figura 11) en los yacimientos de hidrocarburos localizados en la Región Extrandina, con el objetivo de repoblar las picadas y las locaciones abandonadas.



Figura 11. a) Pozos para implantación de especies nativas en una locación hidrocarburífera, b) Colocación de hidrogel alrededor de las raíces de Atriplex, y c) Área implantada protegida del tránsito. Fotografías: Santiago Kölher.

Superficie estimada de aplicación: Se estima que unas 200 ha ocupadas por locaciones abandonadas ya han sido revegetadas y están en proceso de recuperación. Toda la Región Árida Extrandina con actividad petrolera (aproximadamente 30.000 km²) es potencialmente apta para esta práctica.

Normas técnicas: El método requiere una escarificación previa del suelo compactado por el tránsito de los vehículos. Las especies implantadas requieren riego hasta su completo establecimiento. El éxito de esta práctica es variable desde 30 a 90 % de sobrevivencia en el primer año en diferentes yacimientos de la provincia. Las especies que mayor éxito han tenido en la fase de recuperación inicial son *Atriplex lampa* y el coirón en la región Este de la provincia (Ing. S. Kölher comunicación personal). En la zona norte de la provincia las herbáceas superan el 50 % de sobrevivencia mientras que *Atriplex lampa*, *Cercidium praecox* y *Prosopis flexuosa* ente el 30 al 75 % (Dalmaso, 2010).

Equipos necesarios: El primer paso requiere equipos de escarificado para romper las costras formadas en superficie, aumentar la rugosidad y la infiltración. Luego con una hoyadora y/o pala se harán los pozos para colocar las plantas nativas con hidrogel. El sistema de riego (goteo o manual) es necesario durante los primeros años hasta lograr el afianzamiento de las plantas. Las plantas de monte utilizadas son realizadas con semillas recolectadas en la zona y desarrolladas en viveros de la región.

Mantenimiento: Es necesario controlar el establecimiento de las plantaciones que en general requiere reimplantes debido a pérdidas. El sistema de riego por goteo debe ser controlado a efecto de evitar que los goteros se obturen con sales principalmente y reparar roturas.

5. Nombre de la práctica: Control de la erosión en márgenes de cursos de agua

Definición: Se trata de diferentes obras realizadas en las márgenes de los ríos y en los cauces efímeros que permiten atenuar los efectos de las crecidas.

Objetivo: Impedir la erosión de las márgenes y fondo de los cauces, originada por la velocidad del agua que escurre sobre materiales susceptibles a la erosión, mediante obras localizadas.

Condiciones para su aplicación: En arroyos, ríos y cauces efímeros, la erosión de las márgenes se ha controlado parcialmente con la construcción de gaviones, enrocados, empalizadas, geoductos (Figura 12).

Obras transversales como muros y diques de contención son empleados en pequeñas cuencas con cauces efímeros con el objetivo de retener sedimentos y suelos y limitar la erosión retrogradante. Se han utilizado muros flexibles (gaviones), rígidos (hormigón), caños hincados atravesados al cauce, dando mejor resultado los muros flexibles.



Figura 12. b y b) Tablestacas de madera de álamo y gaviones rellenos con rodados del lugar para protección de márgenes del río Curileuvú en el Norte de la provincia. c) Protección de márgenes con geoductos en cauces aluvionales efímeros en la cuenca del río Colorado.

El empleo de mallas anti erosivas es menos frecuente y se han realizado para la protección de infraestructuras. Se han aplicado para la estabilización de taludes, retención del suelo y disminución de la erosión hídrica (Figura 13). Los materiales empleados son geotextiles, mallas geosintéticas, suelo cemento.



Figura 13. Geotextil para protección de la erosión laminar y la estabilización del talud de relleno en edificio Honorable Legislatura de Neuquén.

Superficie estimada de aplicación: Se aplica en toda la provincia asociada a la defensa de márgenes en las zonas agrícolas ubicadas a orillas de los principales ríos y en la protección de obras viales e instalaciones hidrocarburíferas.

Normas técnicas: El dimensionamiento de las obras de control de la erosión en zonas áridas con cauces efímeros, requiere estimar la respuesta de la cuenca ante la ocurrencia de una lluvia de recurrencia definida. En el caso de instalaciones hidrocarburíferas se ha establecido una recurrencia o período de retorno de 100 años. Una vez estimada la crecida de diseño en el sitio problema habitualmente mediante modelación hidrológica, se calculan las velocidades del agua y su capacidad erosiva en las rocas y suelos que forman los márgenes y el fondo del cauce. Luego se proponen las alternativas de control a nivel de ingeniería conceptual y por último se realizan los cálculos de materiales y las especificaciones técnicas del proyecto. En la medida de lo posible se utilizan los materiales del lugar para la construcción.

Existe numerosa bibliografía hidrológica en relación al estudio aluvional, las lluvias de diseño y el diseño de obras en la región patagónica árida. Algunos de ellos son: Dufilho *et al.* (2001), Marizza *et al.* (2010), Fattorelli y Fernández (2011).

Una obra de defensa de ribera es la intervención o efecto de un encauzamiento de protección frente a la erosión encausada. El diseño de los componentes de una defensa de ribera no es en sí solo un conocimiento de la hidráulica, sino de la dinámica fluvial (geomorfología fluvial), pues está relacionado y ligado a la estabilidad local de la corriente, justamente porque la erosión del cauce está ligada al tipo de encauzamiento de la corriente y las propiedades de los sedimentos que los secundan. A partir de la experiencia y funcionamiento de construcciones efectuadas es conveniente, previo a la ejecución de la obra, modelar el avance o arrastre de sedimentos y el modelo puede brindar parámetros de ajuste para la obra a proyectar.

Los tipos de defensas más conocidos y usados en la Provincia de Neuquén son:

- Diques con material impermeable de préstamo y protección de escollera.
- Diques con material de cauce y protección de escollera.
- Diques y mantas de gaviones.
- Mantas prefabricadas de hormigón o geosintéticos.
- Defensas vivas.

Equipos necesarios: Son variables según el sitio y el diseño escogido. Desde rocas y maderas del lugar hasta hormigón, caños y gaviones llevados al sitio. Según las dimensiones de la obra pueden ser realizadas con o sin ayuda de maquinaria (topadoras, retroexcavadoras, etc.).

Mantenimiento: Todas estas obras requieren mantenimiento periódico previo al inicio de las lluvias o luego de algún evento aluvional.

Bibliografía

Cabrera, A. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II Fs. 1. Ed. ACME. Bs. As. Argentina. 1-85 pp.

Dalmaso, A. D. 2010. Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45(1-2), 149-171. Recuperado en 17 de diciembre de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722010000100011&lng=es&tlng=pt.

Dufilho A. C., F. Horne, G. Polla. 1999. Dinámica del agua en mallines de Patagonia. III Comportamiento espacial del escurrimiento subterráneo. III Congreso Chileno de Ingeniería Agrícola – Volumen II, 6 páginas.

Dufilho A. C., F. Horne, R. Navedo y G. Polla. 2001. Diseño de obras de control de aluviones basada en simulación de procesos hidrológicos torrenciales en cuencas de la Patagonia. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering* ISSN 1415-4366. Vol 5-2.

FAO-PNUMA-UNESCO. 1990. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 86 p.

Fattorelli, S., & P. C. Fernández. 2011. *Diseño Hidrológico 2da. Edición (Edición Digital)*. Fernández, P., Segerer, C., Fernández, J. M., Segerer, E. D., Delgado, S. C., & Buk, E. M., 1980. *Estudio hidrológico de cuencas aluvionales en la Provincia del Neuquén y curvas generalizadas para el cálculo hidráulico de estructuras viales*. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas. 48 p.

Ferrer, J. A. 1982. Geografía y propiedades de los suelos de Patagonia. Primeras Jornadas Regionales de Suelos de la Patagonia, pág. 11-58, Editado por INTA, Neuquén.

Ferrer, J. A., J. Irisarri y J. M. Mendía. 1991. Suelos de la prov. del Neuquén. 3 volúmenes, 5 tomos, 900 páginas, 38 planos. CFI (Buenos Aires), COPADE (Neuquén).

Ferrer, J. A., F. X. Pereyra y D. Villegas. 1999. Geoformas y suelos en el valle del río Traful, prov. del Neuquén. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* 54(3): 270-280.

Figueira, H. 1984. Horizonte vesicular: Morfología y génesis en un Aridisol del Norte de la Patagonia. *Ciencia del Suelo*. Volumen 2- Nº I.

Horne F., A. C. Dufilho, G. Polla. 1999. Dinámica del agua en mallines de Patagonia. II Movimiento del agua en el perfil del suelo. Memorias III Congreso Chileno de Ingeniería Agrícola – Volumen II. 8 pág.

Horne F., C. Dufilho, G. Polla, P. Schmid. 2003. Degradación de Mallines en Patagonia y Propuesta para un Manejo Sustentable. Encuentro Trinacional de Lucha contra la Desertización – Argentina, Paraguay y Bolivia. Santa Cruz de la Sierra – Bolivia.

Irisarri J. A., F. X. Pereyra, D. C. Villegas, y J. A. Ferrer. 1990. Regiones edáficas en el noroeste de Patagonia, Argentina, Actas XI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo Cuba La Habana.

Irisarri J., C. Dufilho. 2015. Estado de la erosión hídrica actual de la provincia de Neuquén. En Tomo II del libro “El Deterioro del Suelo y del Ambiente en la Argentina”, R. Casas y G. Albarracin (Ed). FECIC.

La Manna L., C. Buduba, V. Alonso, M. Davel, C. Puentes, y J. Irisarri. 2007. Comparación de métodos analíticos para la determinación de materia orgánica en suelos de la región Andino – Patagónica: efectos de la vegetación y el tipo de suelo. Ciencia del Suelo 25 (2): 179 – 188.

Marizza, M. S., R. Rapacioli, & L. Vives. 2010. La problemática aluvional en el Alto Valle del Río Negro, Argentina. *Tecnología y ciencias del agua*, 1(1), 21-34.

Pereyra F. X., J. A. Irisarri y J. A. Ferrer. 2011. Suelos: Factores de formación, procesos pedogenéticos y distribución. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. Neuquén, 2011.

Shoji, S., M. Nanzyo & R.A. Dahlgren. 1993. Volcanic ash soil: Genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 288 p.

Wada, K, 1980. Mineralogical characteristics of Andosols. pp. 87-107. In: Theng BKG (ed.). *Soils with variable charge*. N. Z. Soc. Soil Sci. Bureau, Dept. Scient. Ind. Res. Lower Hutt, New Zealand.