

## **Suelos de humedales y trumaos húmedos del sur de Chile**

Víctor Gerding

Dr. Ingeniero Forestal

Universidad Austral de Chile, Instituto de Silvicultura, vgerding@uach.cl

### **Resumen**

Diversos suelos de humedales del sur de Chile y están siendo ocupados en las últimas dos década con plantaciones forestales de especies exóticas. Ello ha conducido a fuertes alteraciones estructurales de estos suelos con el fin de habilitarlos para las plantaciones. Sin embargo, la productividad en casi todos los casos es reducida y muchas veces sin expectativas económicas. En este escenario, el presente trabajo sintetiza las características principales de los humedales y pone énfasis en aquellos del sur de Chile: ñadi, hualve, turbera, vega y mallín. Adicionalmente, se hace referencia a los suelos trumaos húmedos. Se presentan ejemplos de plantaciones establecidas en ñadi, turbera y trumao húmedo de Chiloé.

### **Introducción**

En las últimas dos décadas y principalmente en la última se ha incrementado la superficie de plantaciones forestales con especies exóticas en suelos de humedales del sur de Chile (regiones de Los Ríos y Los Lagos). Actualmente se encuentran plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maiden en ñadis, turberas, hualves y vegas. También ha sido establecido *Pinus radiata* D. Don en vegas y ñadis. Estos suelos presentan naturalmente fuertes restricciones en el régimen de aire y en el espacio arraigable debido al exceso de agua que los satura prolongadamente o permanentemente o también porque son suelos delgados. No obstante los esfuerzos realizados en la preparación del sitio, especialmente con drenajes y camellones para superar las mayores restricciones edáficas para establecer plantaciones forestales, los resultados de rendimiento son bajos y en muchas ocasiones tales plantaciones no tienen justificación técnica ni económica.

Con respecto a los suelos ñadi, por ejemplo, es posible que la expansión de plantaciones de *E. nitens* en ellos haya estado influida por resultados promisorios de evaluaciones muy tempranas de tales establecimientos (Ñancuvilú 1995), sin considerar la evolución de la rotación completa. Por otra parte, pudo haber falsas expectativas para sitios muy restrictivos a partir de plantaciones relativamente exitosas en ñadis excepcionalmente profundos (Muñoz 2001) y con grandes obras de drenaje. No obstante, se conocía la relación entre las limitantes principales de los ñadi y el crecimiento de *E. nitens* (Romeny 1997, Hansen 2001). En relación con las turberas, no se encuentran razones técnicas para su uso en este tipo de plantaciones.

Gran parte de estas plantaciones ha sido favorecida con subsidios estatales derivados del DL 701, permitiendo así que se cuente con los recursos financieros para realizar la plantación. Sin embargo, estos subsidios fiscales condicionan el futuro del propietario a una situación tributaria y de manejo predial que debería afrontar con los beneficios de la cosecha, los cuales pueden estar en serio peligro de no alcanzar el nivel suficiente o definitivamente no se producirán. Es decir, en tales casos se está acometiendo una empresa evidentemente insolvente.

En este contexto, se aprecia que importantes esfuerzos se han focalizado en establecer plantaciones forestales en suelos con limitaciones de fertilidad, sin efectuar previamente un diagnóstico. Por ello, en general, la especie seleccionada es inadecuada para el lugar. Por otra parte, los ecosistemas no han sido evaluados para otros usos posibles que garanticen la conservación y el desarrollo sustentable de los recursos. El presente trabajo tiene por objetivo sintetizar las principales características edáficas y generales

de los tipos de humedales del sur de Chile: ñadi, hualve, turbera, vega y mallín, donde actualmente continúa la presión por establecer plantaciones forestales. También se incluye una síntesis de suelos trumao de Chiloé, que presentan un mayor potencial productivo en esa zona.

## Humedal

Un humedal, desde el punto de vista edáfico, corresponde a un ambiente que no es estrictamente terrestre ni tampoco acuático. Son suelos que están saturados con agua hasta la superficie o cerca de la superficie por períodos prolongados del año o permanentemente. En ellos la vegetación emergente logra arraigar en el suelo, en condiciones de anegamiento, o bien son lo suficientemente húmedos como para permitir la existencia de plantas higrófitas. Los tipos de humedales que se presentan en el sur de Chile son: turbera, mallín, hualve, ñadi y vega (Schlatter *et al.* 2003, Schlatter y Schlatter 2004).

Los humedales pueden presentar un suelo con régimen de humedad ácuico o perácuico según sean sus condiciones de anegamiento. El USDA (2006) define el régimen de humedad ácuico (Lat. *aqua*, agua) como: “un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado con agua. Algunos suelos están saturados con agua pero hay oxígeno disuelto debido a que el agua está en movimiento o porque el medio no es favorable para los microorganismos (por ejemplo: si la temperatura es menor de 1° C); tal régimen no se considera ácuico”. “Es muy común que el nivel del manto freático fluctúe con las estaciones. El nivel está más alto en la estación lluviosa o en el otoño, invierno o primavera, si el tiempo frío virtualmente detiene la evapotranspiración. Existen suelos, sin embargo, en los cuales el nivel freático está siempre en o muy cerca de la superficie. Ejemplos son los pantanos y depresiones cerradas alimentadas por corrientes perennes. El régimen de humedad de esos suelos se denomina perácuico”.

Los humedales son ecosistemas frágiles susceptibles a la acción antrópica directa o indirecta por alteración de áreas circundantes. La CONAMA (2005) estableció los objetivos de la estrategia nacional para la conservación y uso racional de los humedales en Chile, definiendo como objetivo general “promover la conservación de los humedales prioritarios de Chile y de sus funciones y beneficios en un marco de desarrollo sustentable”. Los objetivos específicos dicen relación con la conservación y uso sostenible de los humedales, refiriéndose a: a) conductas para su valoración, b) su conocimiento, c) regulación legal, d) participación ciudadana, e) instrumentos de planificación y gestión participativa, f) participación internacional.

El Decreto Supremo No. 95 de 2001 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República contiene el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, el cual tiene injerencia sobre los humedales. En parte de su artículo 3 declara: “Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:” ... “a.2. Drenaje o desecación de vegas y bofedales ubicados en las Regiones I y II, cualquiera sea su superficie de terreno a recuperar y/o afectar. Drenaje o desecación de suelos “ñadis”, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea igual o superior a doscientas hectáreas (200 ha). Drenaje o desecación de cuerpos naturales de aguas tales como lagos, lagunas, pantanos, marismas, turberas, vegas, albúferas, humedales o bofedales, exceptuándose los identificados en los incisos anteriores, cuya superficie de terreno a recuperar y/o afectar sea superior a diez hectáreas (10 ha), tratándose de las Regiones I a IV; o a 20 hectáreas (20 ha), tratándose de las Regiones V a VII, incluida la Metropolitana; o a treinta hectáreas (30 ha), tratándose de las Regiones VIII a XII.” ...

De lo anteriormente expuesto queda en evidencia una indiscutible participación profesional de los ingenieros forestales para contribuir a la estrategia nacional para la conservación y uso racional de los humedales en Chile, especialmente de la región sur-austral. Igualmente, le cabe una acción destacada a las instituciones públicas como la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Instituto Forestal (INFOR) y otras como las Municipalidades; a las ONG como la Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo

A. G. (AIFBN), el Colegio de Ingeniero Forestales A. G. (CIF), la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo (SCCS) y otras, y a las universidades como la Universidad Austral de Chile por estar ésta ubicada en una zona rica en humedales y contar con especialidades afines a ellos.

## Ñadi

El ñadi es una formación característica de la Depresión Intermedia en paisajes planos y deprimidos del sur de Chile (Valdivia a Chiloé) y se originó después de la última glaciación, asociado al derretimiento de los hielos y sedimentación posterior (Besoain 1985, Schlatter *et al.* 2003, Schlatter y Schlatter 2004). La vegetación original corresponde a los tipos forestales siempreverde y alerce, aunque también se encuentran formaciones de ñirre (*Nothofagus antarctica* Bidr. Egefam) y del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. En Chiloé y Llanquihue se agregan bosques con coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida* (Phil.) Krasser.) (Ramírez *et al.* 1996). El suelo está originado por cenizas volcánicas modernas que se depositaron sobre estratos fluvio-glaciales de distinta granulometría (gravas a arenas) y diferente grado de cementación. En Chiloé, excepcionalmente, se reconocen ñadis con un subsuelo de sedimentos lacustres. En el perfil de suelo, la zona de transición entre los materiales piroclásticos finos y el estrato fluvio-glacial subyacente presenta con frecuencia un horizonte plácico (BCsm) conocido con el nombre común de fierrillo. El perfil original del suelo presenta un horizonte orgánico bien desarrollado, pero si su uso ha sido agropecuario por más de una década el perfil comienza con un horizonte A muy rico en materia orgánica. A continuación se encuentran horizontes de los tipos AEg – Bg – Bsg, que dan cuenta de los intensos procesos de reducción del hierro, eluviación e iluviación de sequioxidos. Luego puede presentarse el horizonte BCsm y, finalmente, está el horizonte 2Cqm correspondiente al depósito fluvio-glacial cementado (Schlatter *et al.* 2003). El solum varía generalmente entre 20 y 80 cm de profundidad (figura 1). Debido a la impermeabilidad del sustrato rocoso subyacente, la poca profundidad del perfil, la topografía plana y la abundante precipitación distribuida todo el año que confluye a los sectores bajos donde están los ñadis, estos suelos se caracterizan por un prolongado período anual de saturación con agua, generalmente seis a ocho meses (figura 2) (Hansen 2001, Thiers *et al.* 2006), que condiciona características de fuerte reducción. No obstante lo anterior, los ñadis comúnmente no presentan rasgos hidromórficos como la tonalidad gris de los suelos gley ni la abundancia de concreciones (Besoain 1985).



Figura 1. A) Perfil de Ñadi. Se observa el orificio de un drenaje topo con proliferación de algas bajo él que denota alta mineralización de la materia orgánica inducida por el drenaje que eutrofica el agua. La flecha indica el horizonte plácico (“fierrillo”) de color anaranjado. B) Ñadi delgado con nivel freático cerca de la superficie. C) Ñadi moderadamente profundo. D) Ñadi profundo.

Los ñadis tienen en el horizonte B (ceniza volcánica sobre el estrato fluvioglacial) un comportamiento altamente tixotrópico (Alcayaga 1989, IUSS *et al.* 2007) que los hace particularmente vulnerables cuando se intervienen en estado húmedo, ya sea mediante presión o amasado del suelo (cultivo, pisoteo animal, tránsito de vehículos y maquinaria agrícola o forestal). La tixotropía del suelo significa que el material edáfico cambia, bajo presión, por frotamiento o por amasado, de un estado de sólido plástico a un estado licuado y vuelve a la condición sólida (IUSS *et al.* 2007). En estos cambios de estado se pierde la estructura favorable que permite drenaje y aireación cuando baja la napa freática.

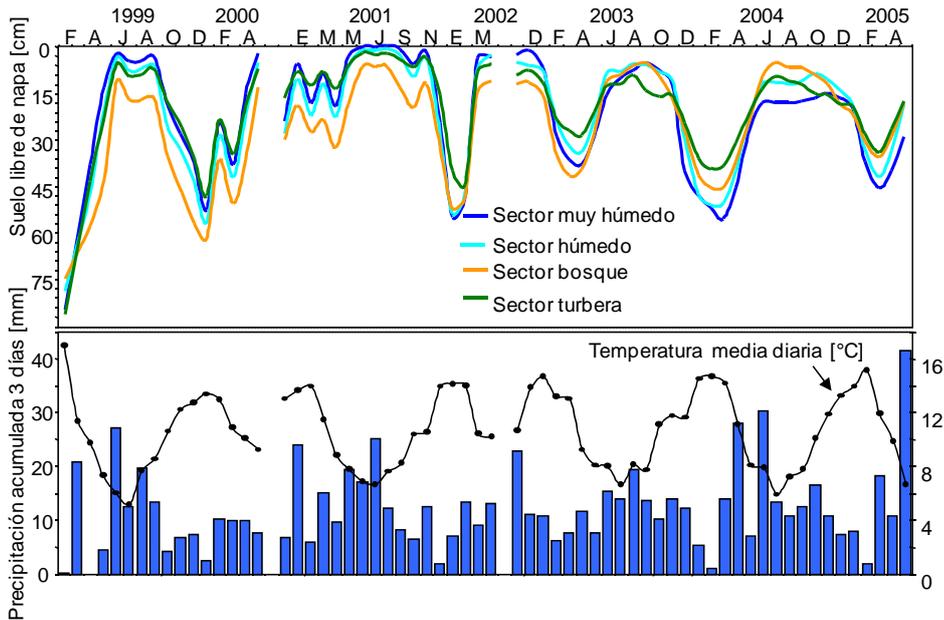


Figura 2. Variación mensual (1999-2005) del suelo (ñadi serie Alerce) libre de napa bajo diferentes usos del suelo, relacionado con la temperatura media diaria y la precipitación acumulada de tres días (Thiers *et al.* 2006).

Los efectos principales de la deforestación y habilitación agropecuaria (drenajes) de los ñadis son (Grez 1993): a) aumento de la movilización de sustancias disueltas dentro y fuera del perfil, debido al aumento de excedente hídrico que ocurre al retirar la cubierta forestal que intercepta la precipitación; uno de los compuestos que se pierden es la materia orgánica fácilmente movilizable. b) Mineralización de la materia orgánica debido a aumentos de temperatura y aireación que incrementan la actividad biológica del suelo; esto genera nutrientes fácilmente lixiviables. c) El drenaje puede ocasionar sequía estival en algunos ñadis delgados, con la consecuente merma para el crecimiento de la vegetación, y una significativa contracción volumétrica (un tipo de subsidencia) que puede reducir el volumen del suelo a la mitad o menos de su condición original; también contribuye al hidrofobismo del suelo superficial (Ellies y Mac Donald 1989), por lo cual las lluvias estivales pueden perderse por evaporación y escurrimiento al no infiltrar y percolar fácilmente en el suelo. d) La alternancia de saturación y desecamiento (aireación) del suelo favorece mayor solubilización de hierro y manganeso y su posterior precipitación que contribuye a la formación del fierro.

En consecuencia, una habilitación con drenajes no garantiza que la morfología actual y la funcionalidad (fertilidad) del perfil de suelo se mantengan en el largo plazo y es posible que el recurso suelo sufra una transformación que atente contra su sostenibilidad. Al respecto, Ramírez *et al.* (1996) advierten sobre los cambios florísticos que se producen al intervenir los suelos ñadi, particularmente con los surcos y canales de drenaje. Por ello, Grez (1993) propone que los ñadis con profundidad de desarrollo (horizontes

A y B) inferiores a 50 cm no sean transformados ni alterados en su estructura (arado, subsolado, drenajes, etc.) y se mantenga en ellos un uso forestal con especies adaptadas a tales sitios. Complementa este límite de profundidad la porción de suelo saturado sobre la napa freática que, en general, para los ñadis es de 5 – 10 cm de altura (Hansen 2001); es decir, por sobre la napa hay un estrato de suelo saturado con agua no apto para el arraigamiento que limita la profundidad fisiológica. Además se debe considerar que los ñadis se comportan de manera similar a los suelos orgánicos (turberas) cuando son drenados en cuanto al asentamiento del material edáfico y a la pérdida de macroporos que limita el drenaje interno (Ellies y Mac Donald 1989).

Desde el punto de vista de la fertilidad, estos suelos son muy variados según sea su profundidad, el grado de impermeabilidad del sustrato fluvio-glacial y el período de saturación con agua. La tendencia general es que suelos más delgados coinciden con períodos más prolongados de inundación. Las limitantes principales de los ñadis son el régimen de aire caracterizado por carencia de oxigenación durante varios meses en el año y su escasa profundidad fisiológica. Los ñadis delgados también presentan déficit hídrico estival, debido a su poca capacidad de agua aprovechable. Además, el régimen de elementos nutritivos es limitante debido a que son suelos muy ácidos, con alta saturación de aluminio y pobres en nutrientes disponibles (muy baja saturación de bases). La oferta nutritiva está basada principalmente en los horizontes ricos en materia orgánica (de colores pardo muy oscuros) en los cuales se concentra el arraigamiento, siendo los horizontes minerales subyacentes (de colores pardo amarillentos) muy pobres y con muy altos niveles de toxicidad de aluminio, donde el arraigamiento es escaso o nulo (Carmona 1981, Moraleta 1982, Ritter 1982, Besoain 1985, Sadzawka y Carrasco 1985, Campillo *et al.* 1997, Romeny 1997, CIREN 2001ab, Hansen 2001, Schlatter *et al.* 2003, Huss 2006).

A continuación se presentan algunos ejemplos de plantaciones de *Eucalyptus nitens* en suelos ñadi de Chiloé:

a) Sitio restrictivo (figura 3). La plantación de *Eucalyptus nitens* se estableció en un suelo de la serie Calonje (Histic Placaquands) que presenta un perfil con horizontes O (0-40 cm), B (44-45 cm) y Cs (45 cm y más) (figura 3). No se hicieron obras de preparación del suelo, sólo había algunas zanjas de drenaje que existían desde su anterior uso pecuario. Se trata de un suelo superficial orgánico, muy fuertemente ácido, con alta relación C/N, alta saturación de aluminio, muy baja suma de bases, muy baja oferta de elementos nutritivos. Sus restricciones principales son: régimen de aire limitado por la prolongada saturación con agua y escaso espacio arraigable; limitaciones nutritivas secundarias. En este sitio la plantación de *E. nitens* de seis años de edad presentaba una sobrevivencia muy alta, una altura media de 4-5 m y máxima de 7 m, el DAP medio era de 4-5 cm y máximo de 8 cm. Los árboles presentaban grados de vitalidad de degeneración a estancamiento, indicando condiciones de alto estrés para los árboles (Roloff 1993). La mayoría de los árboles conservaba hojas juveniles, el follaje era ralo con pérdida de hojas más antiguas en la mitad basal de las ramas vivas. Las hojas eran de uno a dos años de edad, de aspecto sano y color verde oscuro. El sotobosque era denso, dominado por *Pernettya mucronata* (L. f.) Gaud. ex Spreng. (chaura). El rodal presentaba poda baja. En la misma clase de sitio, vecino al rodal de seis años, se presentaba una plantación de *E. nitens* de tres años de edad (figura 4), con un crecimiento medio anual en altura menor a un metro.

b) Sitios moderados a restrictivos (figura 5). La plantación de *Eucalyptus nitens* de seis años de edad en un suelo de la serie Calonje (Histic Placaquands) presentaba en el sector de calidad moderada una altura 10-12 m, DAP 10-17 cm y muy baja mortalidad; grados de vitalidad de degeneración a exploración (Roloff 1993), manifestando niveles moderados de estrés. Sotobosque denso dominado por varias especies arbustivas leñosas. La preparación del suelo para la plantación consideró zanjas de drenaje con profundidad equivalente a la profundidad total del suelo (50-70 cm). El rodal presentaba poda baja. En este rodal se presentaban áreas con suelos delgados y muy delgados, con mayor saturación con agua, donde la altura de los árboles alcanzaba 5-6 m y se apreciaba alta mortalidad. En estos sectores la evacuación del agua mediante los drenajes fue deficiente. El crecimiento en altura de los árboles correlacionó directamente con

un gradiente de profundidad fisiológica del suelo, alcanzando el doble de altura en suelos moderadamente profundos (50 - 70 cm) con drenaje en comparación con suelos delgados a muy delgados (< 40 cm) con mal drenaje.

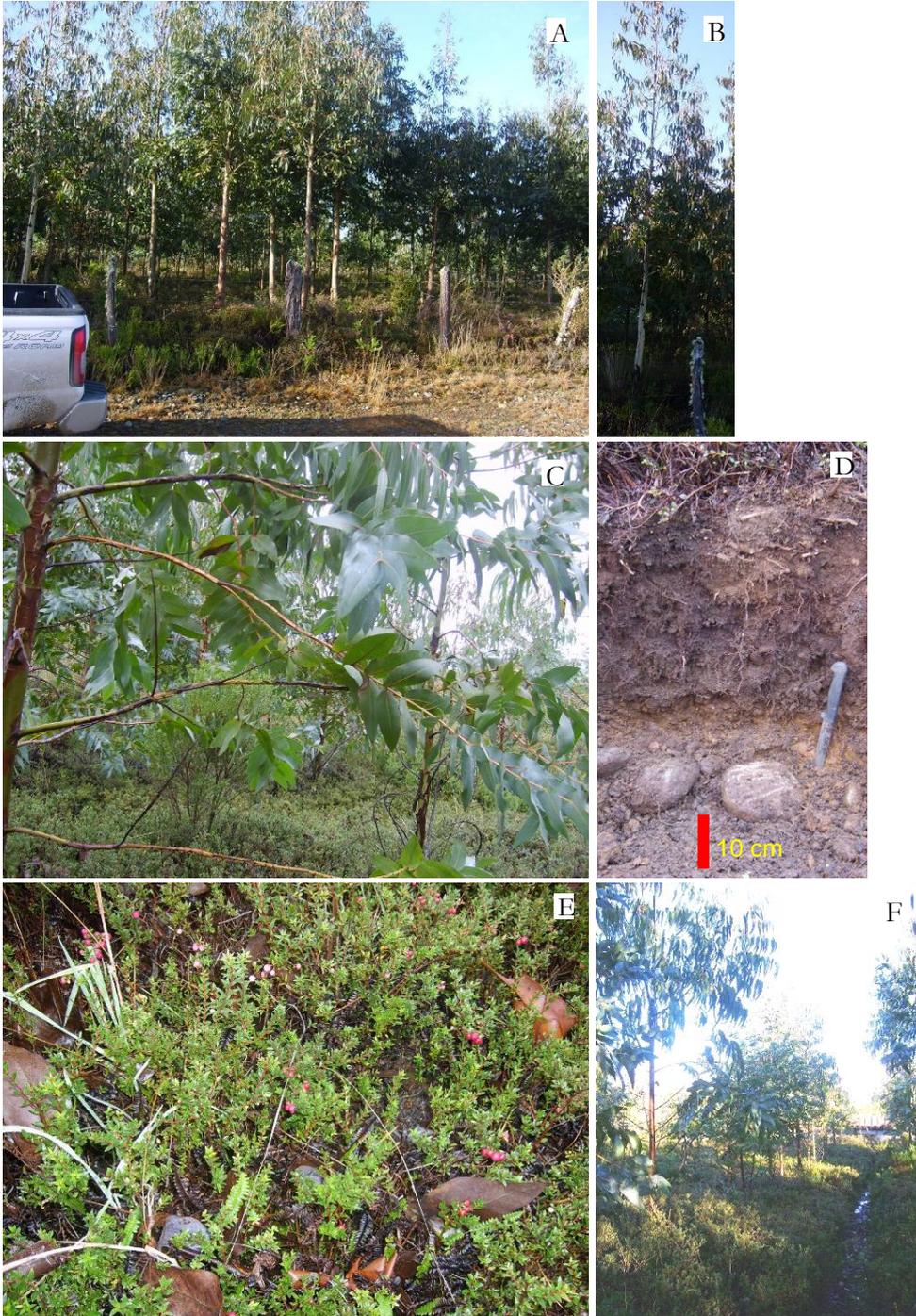


Figura 3. Plantación de *Eucalyptus nitens* de seis años de edad en ñadi Calonje, Quemchi. A) Estado general del rodal. B) Grado de vitalidad de degeneración. C) Ramas iluminadas con defoliación basal. D) Perfil del suelo. E) Sotobosque de *Pernettya mucronata*. F) Canal de drenaje.

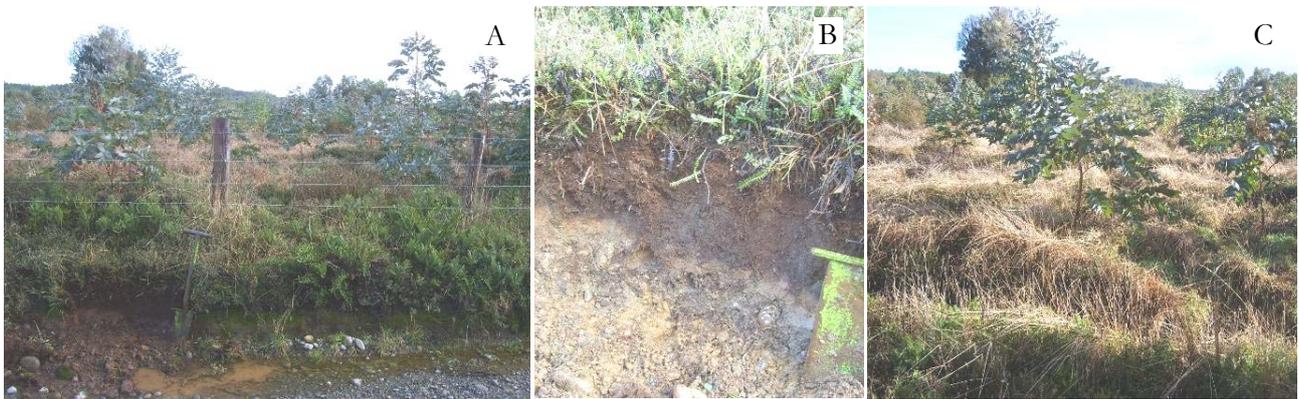


Figura 4. Plantación de *Eucalyptus nitens* de tres años de edad en ñadi Calonje, Quemchi. A) Estado general del rodal, crecimiento medio en altura  $< 1 \text{ m año}^{-1}$ . B) Perfil del suelo delgado. C) Estrato inferior muy denso de herbáceas, arbustos y helechos que compite con la plantación.

La variación del suelo y de productividad ocurre con alta frecuencia en pequeñas superficies ( $< 1 \text{ ha}$ ), indicando una alta variabilidad del suelo a nivel predial y de rodal. En estos suelos *E. nitens* prospera en sectores donde hay suficiente suelo bien aireado tanto en profundidad del perfil como en el tiempo a lo largo del año. Si bien la preparación física del suelo mediante drenajes y camellones puede mejorar el crecimiento de esta especie, el sitio seguirá siendo restrictivo y la productividad será baja. El objetivo de estas plantaciones debe ser analizado en función de las limitaciones edáficas permanentes. Igualmente, es necesario evaluar el balance de carbono entre la fijación que produce la plantación y la liberación que se fomenta desde el suelo al cambiarle sus condiciones de los regímenes de agua y aire. Para lograr un desarrollo sustentable es fundamental, entre otros, decidir correctamente la selección de sitios, la preparación del sitio, la silvicultura y la selección de especies.

c) Sitio inadecuado (figura 6). Ubicado al costado poniente del camino que une Ancud y Castro (UTM aproximadas: 18G 597266 E, 5344239 S). Se trata de una situación de mezcla de ñadi y turbera, variando localmente según las condiciones naturales de drenaje. Presenta formación natural de *Pilgerodendron uvifera* (D. Don.) Florin. (ciprés de Las Guaitecas) (Donoso 1993). El reglamento del decreto ley N° 701 señala que el tipo forestal ciprés de Las Guaitecas “es aquel que se encuentra en forma pura o asociado con otras especies, representado, a lo menos, por 10 individuos de la especie por hectárea, cada uno mayor de 2 metros de altura”. En esta área se construyeron zanjas de drenaje y se formaron camellones (preparación no homogénea en toda la superficie) y se plantó *Eucalyptus nitens*. Este sitio exhibe condiciones edáficas inadecuadas para *Eucalyptus nitens*, ya que el suelo se formó bajo condiciones hidromórficas típicas de esta zona con terrenos planos, debido a la saturación con agua permanente o muy prolongada cada año. Tal ambiente permanece naturalmente en la actualidad haciendo variar al suelo entre ñadi delgado y turbera. Por otra parte, esta área pudiese haber sido calificada como perteneciente al tipo forestal ciprés de Las Guaitecas, lo que debió precisarse con un estudio técnico. En este caso se aprecia una insuficiente consideración de las características edáficas, vegetales naturales y legales para tomar las decisiones de alterar extremadamente el suelo, seleccionar una especie forestal e intervenir un área del tipo forestal ciprés de Las Guaitecas.

Los ejemplos mostrados indican la necesidad de evaluar desde los puntos de vista técnico y económico las plantaciones realizadas en Chiloé, especialmente aquellas con especies exóticas como *Eucalyptus nitens*, ya que con alta frecuencia se aprecian situaciones inadecuadas que no están en concordancia con el planteamiento de CONAF (2009) de pretender “beneficiar” a un alto número de personas (1.489 personas y una superficie de 3.617 ha hasta el año 2008).

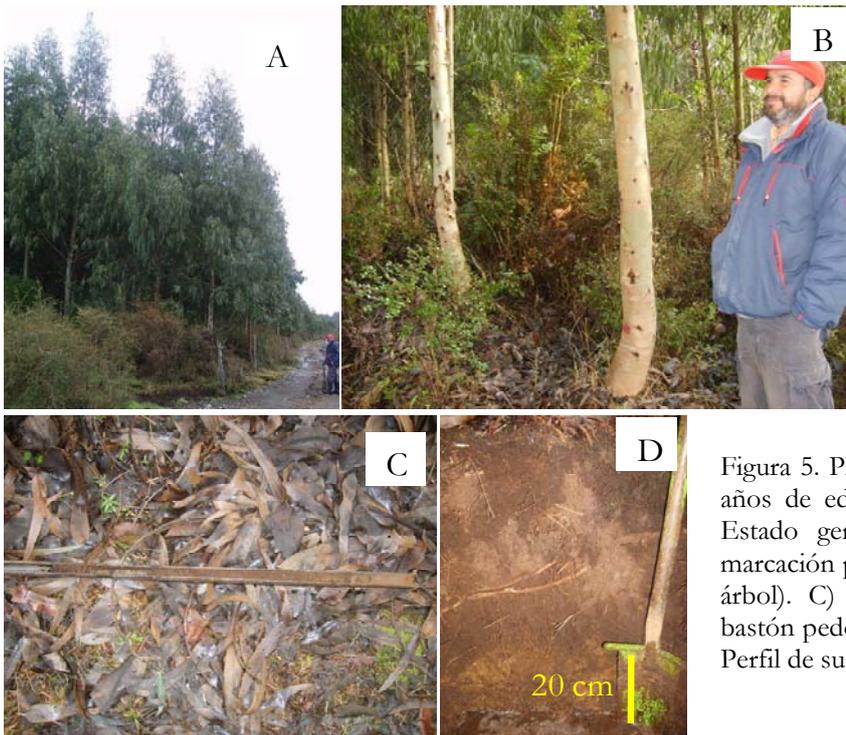


Figura 5. Plantación de *Eucalyptus nitens* de seis años de edad en ñadi Calonje, Quemchi. A) Estado general del rodal. B) Poda baja y marcación para raleo (punto rojo en la base del árbol). C) Mantillo y perfil de suelo en el bastón pedológico (70 cm de profundidad). D) Perfil de suelo profundo.



Figura 6. Plantación de *Eucalyptus nitens* en un sitio con *Pilgerodendron uvifera* (Chiloé). Las flechas muestran la presencia de árboles de *P. uvifera* de más de 2 m de altura. También se aprecia una de las zanjas construidas para drenar el suelo.

## Hualve

El hualve (pantano en mapudungún) corresponde a un tipo de bosque pantanoso siempreverde monoestratificado del sur de Chile formado principalmente por mirtáceas (figura 7). Las especies arbóreas que caracterizan a los hualves son pitra (*Myrceugenia exsucca* (DC) Berg.), temu (*Blepharocalyx cruckshanksii* (Hooker *et* Arnott) Niedenzu; anteriormente llamado *Temu divaricatum*) y canelo *Drimys winteri* (J. R. *et* Forster). El dosel alcanza una altura aproximada de 10 m y una cobertura de 100 %, con una composición promedio de  $14 \pm 4$  especies vegetales considerando todas las formas de vida. La densidad del bosque está en torno a 2.500 árboles/ha, con 75 % de los individuos con DAP entre 5 y 15 cm y rara vez con presencia de árboles de DAP > 40 cm; el área basal está cerca de 36 m<sup>2</sup>/ha. Este tipo de bosque corresponde al grupo de “bosques ombrófilos pantanosos y siempreverdes de la región templada”, antiguamente llamados “bosques de galería” (Ramírez *et al.* 1983).

Los hualves se presentan en suelos saturados con agua permanentemente o casi todo el año por una napa freática de nivel fluctuante que libera temporalmente de agua el suelo superficial en verano (figura 7). Ocurren en áreas deprimidas del paisaje y a orillas de cursos de agua, originando formaciones azonales en la Depresión Intermedia donde están presentes los tipos forestales roble-raulí-coihue, remanente de roble-laurel-lingue y siempreverde (Malleco a Llanquihue). La pitra es la mirtácea mejor adaptada a las condiciones de anegamiento prolongado del suelo en los hualves. Estas formaciones están consideradas dentro de los humedales por su prolongada saturación con agua que permite el desarrollo de vegetación predominantemente adaptada a tal condición edáfica (Ramírez *et al.* 1983, Roig y Roig 2004, Schlatter y Schlatter 2004).

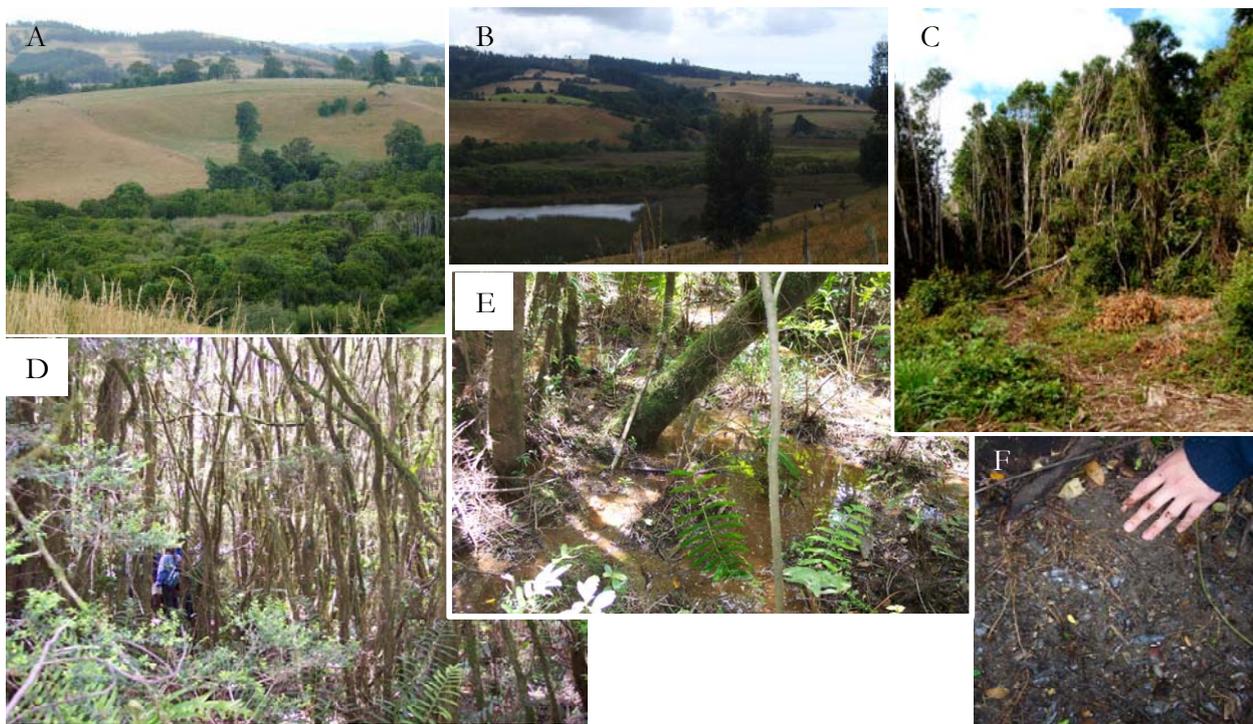


Figura 7. A) Formación de hualve rodeada de actividad agropecuaria. B) Los hualves son áreas tampón y de biodiversidad importantes en las zonas agropecuarias. C) Intervención de un hualve (corta del bosque). D) Formación típica de hualve. E) Suelo saturado con agua hasta la superficie. F) raíces superficiales. (Fotografías A, B y C de Jaque 2004).

Los suelos presentan exceso de agua en forma permanente o prolongada en el año (mayor a seis meses), generando condiciones principalmente reductoras con deficiente aireación. Sin embargo, se trata de aguas con movimiento lateral, con distintas velocidades, que permite renovar el agua y contribuye a la oxigenación y transporte de sedimentos y solutos. En época estival los suelos no están saturados con agua pero permanecen con abundante humedad y la napa freática está cerca de la superficie (< 50 cm de profundidad). La napa fluctuante genera rasgos hidromórficos en el perfil de suelo, como la formación de moteados de color anaranjado o rojizo en una matriz de tonalidades generalmente grises. Existe una escasa o nula diferenciación de horizontes por tratarse de suelos originados de sedimentos aluviales recientes, con gran dinámica de ingreso y salida de material superficial, y por su condición de anegamiento. Es frecuente encontrar restos de carbón producto de la quema del mismo bosque del hualve o por sedimentación desde áreas quemadas aledañas. Los contenidos de materia orgánica son muy variables: a orillas de ríos con escurrimiento rápido del agua generalmente son menores a 10 %, con escurrimiento lento del agua fluctúan entre 10 y 20 % y en hualves de aguas casi estancadas entre 20 y 60 %. La relación C/N es normalmente baja, variando generalmente entre 10 y 15, rara vez con valores superiores a 20. La textura es variable y no presenta relación con el contenido de materia orgánica. Los principales limitantes de la fertilidad están dados por el régimen de aire restringido, debido a la falta de oxigenación por exceso de agua, y la profundidad fisiológica muy delgada limitada por la napa freática alta y fluctuante (Ramírez *et al.* 1983, Schlatter y Schlatter 2004).

Los hualves contribuyen a regular el cauce de los ríos, frenando los procesos erosivos de ribera, controlando inundaciones y actuando como tampones para retener sustancias disueltas o suspendidas en el agua del suelo (sedimentos minerales y orgánicos, nutrientes, contaminantes de la actividad agropecuaria adyacente) (figura 7). Por su ubicación en parches dentro de una matriz de uso agropecuario, son lugar de refugio y corredores para la fauna silvestre (especialmente avifauna) otorgan un recurso paisajístico y de ecoturismo (figura 7). Pueden aportar con madera para combustible de alto poder calorífico o para piezas aserradas de pequeñas dimensiones. Además, presentan especies vegetales de uso medicinal y otros productos forestales no madereros como trepadoras para cestería. También son hábitat de recursos faunísticos alimenticios para las comunidades humanas aledañas (camarón de hualve: *Parastacus nicoletti*, puye: *Brachygalaxias bullocki*, rana grande: *Caudiververa caudiververa*, entre los principales). Los hualves se relacionan estrechamente con la cultura mapuche (Ramírez *et al.* 1995, Jaque 2004, Schlatter y Schlatter 2004).

## Turbera

Las turberas son suelos orgánicos con más de 30 cm de profundidad, formados sobre un sustrato rocoso o un subsuelo con caracteres de reducción, principalmente en climas fríos de altura o de latitudes mayores con un régimen pluvial permanente. Se forman en áreas deprimidas del terreno o sobre sustratos minerales oligotróficos, donde el agua se acumula o fluye muy lentamente y limita la actividad biológica (Schlatter y Schlatter 2004).

El principal componente biológico de las turberas son los musgos del género *Sphagnum*. En el sur de Chile domina *Sphagnum magellanicum* Brid. El musgo forma un ambiente de suelo orgánico pobre en nutrientes, ácido y anóxico, además de encontrarse en un clima frío. Estos suelos presentan un estrato subyacente llamado catotelmo, originado por acumulación de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de descomposición anaeróbica; se trata de ambientes anóxicos, permanentemente saturados con agua y que puede medir varios metros de profundidad; la descomposición de la materia orgánica es muy lenta y el agua tiene un muy reducido movimiento. Sobre él se encuentra un estrato superficial llamado acrotelmo, oxigenado, poroso y que generalmente tiene un espesor cercano a medio metro; es biológicamente activo formado por especies vegetales, entre las cuales predominan las hidrófilas con gran capacidad de retener humedad, en especial los musgos del género *Sphagnum*; en este estrato

ocurren los procesos de acumulación y descomposición de la materia orgánica y la mayor parte de los movimientos de agua. La altura del nivel freático determina la base del acrotelmo (Tapia 2008).

Las turberas cumplen una serie de funciones ecológicas y económicas de gran importancia local y global. Estos sistemas edáficos son reconocidos como los ecosistemas de mayor almacenamiento de carbono del mundo, superando al de los bosques. Por otra parte, proveen de hábitats críticos para comunidades únicas de plantas y animales. Presentan una enorme capacidad de retener agua y con ello contribuyen a la prevención de inundaciones y regulan el drenaje en las cuencas hídricas en las que se encuentran, pues absorben la precipitación y la escorrentía directamente. También protegen la calidad del agua interceptando y filtrando la escorrentía. Por ejemplo, en Chiloé la existencia de turberas es particularmente importante, porque la fuente de agua dulce proviene de la lluvia y de las aguas subterráneas, ya que no hay agua de deshielo proveniente de la Cordillera de Los Andes (Tapia 2008) (figura 8).



Figura 8. Plantación de *Eucalyptus nitens* de cinco años de edad en una turbera, Quemchi, Chiloé. A) Zona de la turbera. B) *Sphagnum magellanicum*, componente principal de las turberas del sur de Chile, cuyas fibras se utilizan en diversas aplicaciones comerciales. Se le conoce con el nombre común de pon-pón. C) Canal de drenaje como preparación del suelo para la plantación. D) Nótese el rendimiento alcanzado por la plantación, que no supera 40 cm de altura por año.

En los aspectos económicos, el material de las turberas es usado en muy diversas aplicaciones, como: sustrato para horticultura, floricultura y otros cultivos intensivos; retenedor de nutrientes para controlar fertilizaciones de cultivos; aislante térmico y acústico; combustible, material adsorbente y absorbente para la fabricación de pañales y otras aplicaciones; tratamiento de aguas residuales; piso orgánico en establos; filtros de distinto tipo; protección en embalajes; etc. (Schlatter y Schlatter 2004, Valenzuela y Schlatter 2004, Tapia 2008). En turberas de la provincia de Llanquihue, Tapia (2008) encontró crecimientos de 3 – 5 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de *Sphagnum magellanicum* (figura 8), lo que se puede considerar de alto nivel en comparación con las productividades de otras regiones del mundo; esto le da un potencial económico a la zona mediante la cosecha y comercialización del musgo.

Las turberas constituyen ecosistemas frágiles y vulnerables a la intervención humana. No obstante, en Chile es creciente la explotación comercial de ellas, sin que se tenga claridad de su estado de conservación ni de prácticas de manejo sustentable (Valenzuela y Schlatter 2004). En Chile la explotación de turberas está parcialmente regulada desde 1997 a través del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental del Decreto N° 30 de la Secretaría General de la Presidencia.

Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las turberas presentan extremas limitaciones en todos los factores: escaso espacio arraigable, carencia de aireación, pobreza de elementos nutritivos disponibles y régimen térmico muy frío; si bien la presencia de agua es constante y abundante, se trata de un recurso oligotrófico, muy ácido y pobre en oxígeno disuelto. Por su naturaleza, sus funciones ecológicas y potencial económico, las turberas no tienen posibilidad de uso forestal (Schlatter *et al.* 2003).

En Chiloé se encuentran muchas plantaciones de *Eucalyptus nitens* sobre suelos de turbera u otros suelos orgánicos. Un ejemplo de ello se aprecia en la comuna de Quemchi, Chiloé (figura 8), donde se observaba una plantación de cinco años de edad que no superaba los 2 m de altura, con evidentes síntomas de extremo estrés y alta mortalidad, no obstante que la turbera había sido intervenida con canales de drenaje. En este caso se omitieron los más básicos principios técnicos para el establecimiento de plantaciones y el desarrollo forestal sustentable. Esto contradice los planteamientos de la imagen objetivo desarrollada por CONAF (2009) de “alcanzar el desarrollo sustentable; mediante el conocimiento, valoración y conservación de lo singular de sus ecosistemas, paisajes y valores culturales de su comunidad.”

De acuerdo con Ellies y Mac Donald (1989), la experiencia en el mundo demuestra que los suelos orgánicos que han sido drenados sufren un asentamiento (un tipo de subsidencia) que permanece por varias décadas. Ello disminuye la porosidad gruesa del suelo y, consecuentemente, reduce la gradiente hidráulica que limita el drenaje. Se cambia una condición de exceso de agua por acumulación a una condición de exceso de agua por retención.

## Vega

La vegas corresponden a terrazas fluviales planas formadas por los sedimentos que arrastran y depositan esteros y ríos de poca pendiente en sus orillas (Schlatter *et al.* 2003, Schlatter y Schlatter 2004). En la medida que el curso de agua profundiza su cauce y baja la napa freática, las terrazas no reciben nuevos sedimentos, el suelo mejora su drenaje y las inundaciones se hacen esporádicas, dando origen a las vegas (figura 9). La napa freática del suelo es dependiente del nivel del río adyacente. La textura del suelo es variable en profundidad y en superficie debido a los cambios de velocidad del agua a lo largo del período de sedimentación que formó la terraza. Con el aumento de la velocidad del agua aumenta el tamaño de las partículas sedimentadas; con aguas tranquilas los sedimentos son más finos. El drenaje interno varía según la textura, más lento con texturas finas, más rápido con texturas gruesas. Si bien pueden tener un régimen de aire adecuado, sin drenaje restringido, pueden conservar algunos rasgos hidromórficos de su origen con saturación de agua; el subsuelo frecuentemente presenta gleización.

Como son suelos recientes y con materiales mixtos generalmente de diversos orígenes, nutricionalmente son adecuados aunque muchas veces son pobres en materia orgánica. La oferta de agua es abundante ya que tienen napa freática cercana, pero que permite suelos de moderada profundidad a profundos. Los principales limitantes de la fertilidad están dados por variaciones temporales de la napa freática que limitan la profundidad fisiológica y el régimen de aire. En la capacidad de uso deben considerarse los riesgos de inundación en cuanto a su frecuencia y duración. Normalmente presentan vegetación adaptada a condiciones periódicas de alta humedad edáfica o inundaciones; tienen uso agropecuario con restricciones.



Figura 9. Vegas formadas por terrazas fluviales del río Calle-Calle, Valdivia.

### Mallín

El mallín (mapudungún: lugar bajo y anegadizo) es un tipo de humedal que se origina en sectores topográficos hundidos, cóncavos, de terrenos planos o inclinados, con sustrato geológico impermeable en el subsuelo. Por su condición topográfica concentra las aguas lluvias, las que se acumulan en invierno y tienen impedimento de su salida en sentido horizontal y vertical. Los mallines presentan napa freática superficial en la época de lluvias. Los suelos, en general, son originados por sedimentos eólicos o aluviales que se acumulan en estos sectores hundidos (figura 10). Debido al alto contenido de humedad, el subsuelo presenta características de gley y en



Figura 10. Mallines con diferente grado de humedad en la Patagonia argentina.

que los suelos colindantes de mejor drenaje. Su vegetación natural es de especies tolerantes al suelo saturado con agua, pero que se desarrolla en forma exuberante, dando origen a suelos ricos en materia orgánica (Schlatter y Schlatter 2004, Quintanilla 2005).

La vegetación asociada a los mallines varía de acuerdo con su ubicación geográfica y con el grado de saturación de agua (Gandullo y Schmid 2001, Schlatter y Schlatter 2004, Quintanilla 2005, Gaitán *et al.* 2006, Ciari 2010). Generalmente presentan juncáceas, ciperáceas y gramíneas; pero también especies arbóreas como las que se encuentran en los hualves. En la Patagonia argentina los mallines están más

asociados a comunidades pratenses con fisonomía típica de una pradera húmeda, siempreverde, densa y con abundancia de junquillos y gramíneas (Gandullo y Schmid 2001).

Una clasificación de los mallines patagónicos argentinos, según Gandullo y Schmid (2001), diferencia dos grandes grupos: mallines de agua permanente, aquellos en que la napa freática está presente todo el año en o cerca de la superficie, y mallines de agua temporaria, cuando la napa freática está en o cerca de la superficie temporalmente, sólo una parte del año. Ambos tipos se diferencian también por la vegetación que pueden contener.

Para el norte de la Patagonia argentina, provincia de Río Negro, Gaitán *et al.* (2006) reconocen cinco tipos de mallín: muy húmedo, húmedo, subhúmedo-húmedo, subhúmedo-seco y seco-subhúmedo. Este gradiente coincide con su ubicación topográfica (menor a mayor distancia de un curso de agua), el drenaje interno (de mayor a menor restricción), la profundidad de la napa freática (de más superficial a más profunda), el contenido de materia orgánica (de mayor a menor) y la salinidad (de menor a mayor). Como consecuencia, varía la composición florística de estos mallines y su productividad pratense; con mayor humedad dominan las juncáceas por sobre las gramíneas y en ambientes menos húmedos es a la inversa; la producción de biomasa decrece del mallín muy húmedo al seco-subhúmedo.

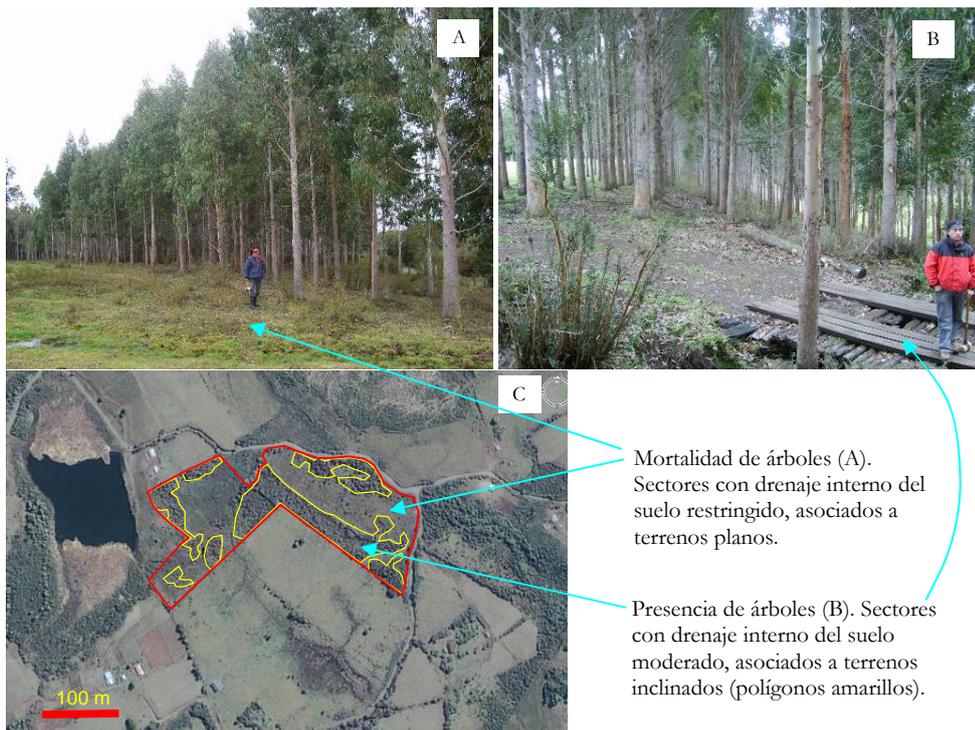
En las estepas patagónicas los mallines son suelos muy productivos en comparación con los terrenos circundantes, por su humedad permanente o muy prolongada. Actúan como reserva de agua, permitiendo su aprovechamiento en épocas de escasa o nula precipitación. También son receptores de sedimentos producidos por la erosión de terrenos más elevados que los circundan (Ciari 2010).

## **Trumaos húmedos**

Los trumaos (andosoles) son suelos derivados de cenizas volcánicas jóvenes posteriores a la última glaciación. Fueron depositadas en forma eólica o aluvial sobre diversos materiales rocosos o sobre suelos antiguos. Se caracterizan por su textura media, alta capacidad de agua aprovechable, baja densidad aparente y abundante materia orgánica. Estructuralmente presentan poco desarrollo de agregados, pero sus propiedades físicas son muy buenas para el arraigamiento, el almacenamiento de agua aprovechable y el drenaje del suelo (Besoain 1985, Schlatter *et al.* 2003, CIREN 2001ab).

En la zona sur de Chile, desde los 41° 30' S (Puerto Montt), donde el régimen de humedad permite un superávit pluviométrico a lo largo de todos los meses del año, se presentan los trumaos húmedos. Sus características de origen, morfológicas y físicas son similares a las de los trumaos. Pero en los trumaos húmedos aumentan el contenido de materia orgánica y la proporción de cenizas riolíticas respecto a las andesíticas, en comparación con los trumaos, lo que influye en la mayor acidez que en los suelos de más al norte. A partir de lo 38° S (Collipulli) hacia el Sur se observa un notorio aumento del contenido de materia orgánica y de acidez del suelo y una menor oferta nutritiva (Sadzawka y Carrasco 1985). Las limitantes más frecuentes de los trumaos húmedos son el drenaje interno restringido en terrenos planos o de poca pendiente, la escasa profundidad arraigable en áreas de pendientes fuertes y la pobreza nutritiva en ambiente muy ácido. No obstante, cuando presentan buen drenaje, estos suelos están entre los más productivos de la zona sur de Chile (Llanquihue, Chiloé, Palena).

En Chiloé un caso típico de estos suelos lo constituye la serie Mechaico (Acrudoxic Durudands) (CIREN 2001b). Un ejemplo de plantación forestal en este tipo de suelo es un rodal de *Eucalyptus delegatensis* adulto en la comuna de Quemchi, el cual presentó éxito en las laderas bien drenadas y fracasó (mortalidad total) en las áreas planas mal drenadas (figura 11).



Mortalidad de árboles (A). Sectores con drenaje interno del suelo restringido, asociados a terrenos planos.

Presencia de árboles (B). Sectores con drenaje interno del suelo moderado, asociados a terrenos inclinados (polígonos amarillos).

Figura 11. A) Rodal de *Eucalyptus delegatensis* adulto; terreno plano (pradera) sufrió la mortalidad de los árboles en etapa de establecimiento. B) Rodal en terreno con pendiente. C) Imagen del rodal con áreas de mortalidad (planas) y sobrevivencia de árboles (laderas con pendiente). Suelo de la serie Mechaico, comuna de Quemchi.

## Referencias

- Alcayaga S. 1989. Origen, distribución y caracterización de los suelos de drenaje restringido. En Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo eds. Los suelos de drenaje restringido. Boletín N° 9. SCCS. Santiago. p. 1-25.
- Besoain E. 1985. Los suelos. Capítulo 1. En Tosso J ed. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago. p. 25 – 106.
- Campillo R, H Zúñiga, J Quilaqueo. 1997. Los suelos de Chiloé y sus limitaciones nutricionales. En Campillo R y G Bortolameo eds. Seminario: Diagnóstico nutricional de los suelos de la Isla de Chiloé. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile. Serie Remehue N° 65. p. 27-46.
- Carmona A. 1981. Caracterización química de suelos ñadis, provincia de Llanquihue, Décima Región de Los Lagos. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 90 p.
- Ciari G. 2010. Funcionamiento hidrológico de los mallines y sus cuencas asociadas. Carpeta Técnica, Medio Ambiente N° 13, Febrero 2010. EEA INTA, Esquel, Argentina. <http://www.inta.gob.ar/esquel/info/documentos/ambiental/mallines13.htm>
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, CL). 2001a. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Estudio agrológico X Región. Tomo 1. Santiago. p. 1-199.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, CL). 2001a. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Estudio agrológico X Región. Tomo 2. Santiago. p. 200-408.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2009. Proyecto Gestión Territorial. Plan Acción Provincial. Oficina Provincial Chiloé. Castro. 108 p.

[http://gestionterritorial.conaf.cl/shop\\_image//Planes%202/Plan%20de%20%20Accion%20Provincial%20Chiloe%201parte.pdf](http://gestionterritorial.conaf.cl/shop_image//Planes%202/Plan%20de%20%20Accion%20Provincial%20Chiloe%201parte.pdf);

[http://gestionterritorial.conaf.cl/shop\\_image//Planes%202/Plan%20de%20Accion%20Provincial%20Chiloe%202%20parte.pdf](http://gestionterritorial.conaf.cl/shop_image//Planes%202/Plan%20de%20Accion%20Provincial%20Chiloe%202%20parte.pdf)

- CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente, CL). 2005. Estrategia nacional para la conservación y uso racional de los humedales en Chile Aprobada por el Consejo Directivo de CONAMA, diciembre 2005. 26 p. [http://www.sinia.cl/1292/articulos-35208\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articulos-35208_recurso_1.pdf)
- Donoso C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Santiago. Universitaria. 484 p.
- Ellies A, R Mac Donald. 1989. Las propiedades físico-mecánicas en los suelos que afectan su drenaje. En Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo eds. Los suelos de drenaje restringido. Boletín N° 9. SCCS. Santiago. p. 46-63.
- Gaitán JJ, C López, J Ayesa, G Siffredi, D Bran. 2006. Investigación en mallines en Patagonia Norte (Argentina): avances recientes y próximos pasos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Bariloche. Comunicación Técnica N°110. 6 p.
- Gandullo R, P Schmid. 2001. Análisis ecológico de mallines del parque provincial Copahue, Neuquén, Argentina. Agro Sur 29(2): 83-99.
- Grez R. 1993. Los suelos ñadis ¿Suelos agropecuarios o forestales? En Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo eds. Suelos forestales. Boletín N° 10. SCCS. Santiago. p. 200-208.
- Hansen NE. 2001. Efecto del nivel freático de un suelo ñadi sobre las condiciones de crecimiento de una plantación de *Eucalyptus nitens* Maiden de dos años. Tesis Magíster en Ciencias mención Silvicultura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 90 p.
- Huss Catalán E. 2006. Restauración ecológica de alerce: evaluación de una plantación de cuatro años y medio en la provincia de Llanquihue, X Región. Tesis Magíster en Ciencias mención Recursos Forestales. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 65 p.
- IUSS (International Union of Soil Sciences), ISRIC (International Soil Reference and Information Centre), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos N° 103. Roma, FAO. 117 p.
- Jaque Jaramillo XA. 2004. Evaluación y lineamientos de restauración fitosociológica de los humedales de la cuenca del río Budi, región de La Araucanía. Tesis Licenciado en Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias. Temuco. 179 p.
- Muñoz Le-Bretón FA. 2001. Balance nutritivo de una plantación de *Eucalyptus nitens* (Dean et Maiden) Maiden de 7 años de edad en un gradiente de suelos ñadi. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 70 p.
- Ñancuvilú J. 1995. Efecto de la preparación del suelo y del tipo de planta en el primer año de establecimiento de *Eucalyptus globulus* (Lab.) spp. *globulus* y *Eucalyptus nitens* en suelos ñadis de la comuna de Calbuco, Décima Región. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 72 p.
- Quintanilla V. 2005. Estado de recuperación del bosque nativo en una cuenca nordpatagónica de Chile, perturbada por grandes fuegos acaecidos 50 años atrás (44°-45° S). Revista de Geografía Norte Grande 34: 73-92.
- Ramírez C, F Ferriere, H Figueroa. 1983. Estudio fitosociológico de los bosques pantanosas templados del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56:11-26.
- Ramírez C, R Mac Donald, C San Martín. 1996. Uso forestal de los ecosistemas de «ñadi»: Riesgos ambientales de la transformación de suelos en la Región de Los Lagos. Ambiente y Desarrollo 12(21): 82 -88.

- Ramírez C, C San Martín, J San Martín. 1995. Estructura florística de los bosques pantanosos de Chile Sur-Central. p. 215-234. En Armesto J, C Villagrán, M Arroyo eds. Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago Chile. 469 p.
- Roig C, FA Roig. 2004. Consideraciones generales. Capítulo 1. p. 5-21. En Blanco DE, VM de la Balze eds. Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Buenos Aires. Wetlands International. 149 p.
- Roloff A. 1993. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten. Band 93. Frankfurt am Main, Alemania. Sauerländer's Verlag. 258 p.
- Romeny G. 1997. Efercto de la cal y del superfosfato triple sobre el desarrollo radicular de plantas de *Eucalyptus nitens* Maiden en un suelo ñadi con niveles tóxicos de aluminio. Tesis Bioquímica. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias. Valdivia. 70 p.
- Sadzawka MA, MA Carrasco. 1985. Química de los suelos volcánicos. En Tosso J ed. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Santiago. p. 337 – 434.
- Schlatter JE, R Grez, V Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. 114 p.
- Schlatter RP, JE Schlatter. 2004. Los turbales de Chile. Capítulo 5. p. 75-85. En Blanco DE, VM de la Balze eds. Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Buenos Aires. Wetlands International. 149 p.
- Tapia Mansilla CF. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. en turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. 74 p.
- Thiers O, V Gerding, A Lara, C Echeverría. 2006. Variación de la napa freática en un suelo ñadi bajo diferentes tipos vegetacionales, X Región, Chile. En Tercer Congreso Chileno de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 8 p.
- USDA (United States Department of Agriculture, US). 2006. Claves para la taxonomía de suelos. Décima ed. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. USA. 339 p.
- Valenzuela J, R Schlatter. 2004. Las turberas de la Isla de Chiloé (Xª Región, Chile): aspectos sobre usos y estado de conservación. Capítulo 7. p. 87-92. En Blanco DE, VM de la Balze eds. Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Buenos Aires. Wetlands International. 149 p.