

BOLETIN Nº 17

**REALIDAD Y
PERSPECTIVAS DE LA
HABILITACION DE SUELOS
MAL DRENADOS EN EL SUR
DE CHILE
REGIONES IX y X.**

COMISION NACIONAL DE RIEGO

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE



GOBIERNO DE CHILE



Sociedad Chilena
de la Ciencia del Suelo



MAYO 2001

INDICE

El Drenaje en Chile Luis Salgado Universidad de Concepción	7
Diagnóstico del Drenaje en la IX Región Luis Muñoz Arévalo y Julio Burgos Arratia Dirección de Obras Hidráulicas IX Región, SAG IX Región	21
Concursos de Drenaje Resultado de la Ley N° 18.450. Miguel A. Guajardo R. Comisión Nacional de Riego	45
Caracterización del nivel freático y del movimiento de agua en un suelo aluvial de la Décima Región. Juan Nissen M. Universidad Austral de Chile	45
Sistemas y alternativas de drenaje a aplicar en el Centro-Sur de Chile Roberto Daroch P. Universidad Austral de Chile	51
Propiedades que caracterizan a los suelos formados en condiciones de exceso de agua Walter Luzio, Wilfredo Vera E., Carlos Benavides Z. y Manuel Casanova P. Universidad de Chile	57
Cambio de las propiedades físicas del suelo con el drenaje Achim Ellies Sch. Universidad Austral de Chile	66
Efectos del drenaje sobre la biodiversidad vegetal en suelos de la X Región de Chile Carlos Ramírez G., Cristina San Martín, y Roberto H. Mac Donald Universidad Austral de Chile	73
Convención Ramsar y la Biodiversidad de Humedales: ¿Porque surge la necesidad de estudiar y cautelar el uso de su drenaje? Roberto P. Schlatter Universidad Austral de Chile	91

Proposiciones de investigación de drenaje en la zona Centro Sur de Chile
Wilfredo Vera E., Walter Luzio L., Carlos Benavides Z. y Manuel Casanova P.
Universidad de Chile 99

**“Visión del sector productor respecto de la formulación y ejecución
de proyectos de drenaje de la Ley 18.450”**
Miguel Santamaría D.
SAVAL F.G. 108

CONCLUSIONES 111

PROLOGO

La convocatoria cumplió con el objetivo de analizar la realidad y las perspectivas de la habilitación mediante el drenaje de algunos suelos del Centro Sur de Chile. En este evento distintos actores aportaron con ideas y antecedentes para esbozar una política que estimule el drenaje para mejorar las condiciones en la producción agrícola de los suelos húmedos. Para la formulación de esta política fue necesario identificar los efectos positivos y negativos del drenaje agrícola, para alentar aquellos métodos de drenaje que aumentan la productividad y donde se mitiguen los efectos adversos en el ambiente. La necesidad de drenar se debe a la presencia de una humedad dañina en el suelo, en especial a salidas de invierno y/o a inicio de primavera. Con el drenaje se remueve artificialmente el exceso de agua, con lo cual se mejora la aireación y la transitabilidad del suelo. Con el drenaje se mejoran algunas propiedades físicas, donde el resultado es un cambio en las propiedades mecánicas, químicas y biológicas del suelo a favor de mejores condiciones para el desarrollo de las plantas cultivadas. El drenaje permite además adecuarse mejor al calendario agrícola. Estos cambios dependen de las propiedades y constituyentes del suelo.

Las causas de un mal drenaje en los suelos se debe a factores externos e internos, entre los primeros se encuentran los sitios ubicados en posiciones bajas que no tienen una pendiente adecuada para lograr un escurrimiento superficial y el clima. Entre los factores internos se cuenta a la baja permeabilidad, las características de subsuelo, la excesiva estratificación del perfil y la cercanía del agua freática a la superficie del suelo.

El drenaje produce también costes ambientales al aumentar el escurrimiento superficial, la tasa de transporte de sedimentos y los contaminantes que afectan la calidad de los recursos hídricos superficiales. Esto afecta la calidad del agua corriente y superficial en todos sus aspectos. Con el drenaje excesivo se produce una pérdida del hábitat de la flora y fauna. La pérdida de los humedales y los beneficios asociados a la función de los ecosistemas saludables se ha vuelto un problema medioambiental importante. Una política pragmática de drenaje debe conjugar los objetivos de un aumento en la productividad agrícola y rentabilidad sin intensificar los problemas medioambientales.

La habilitación de suelos húmedos es exitosa cuando las alteraciones ambientales se minimizan. Para lograr esto se requiere actuar en conjunto con agricultores, especialistas en el manejo hidrológico, edafólogos y especialistas en el manejo ambiental, todas estas partes fueron convocadas a este seminario para formular a partir de experiencias individuales una política de drenaje de los suelos del Centro Sur de Chile.

La habilitación de los suelos con problemas de drenaje es eficiente cuando se consideran las propiedades de una cuenca hidrográfica. El drenaje a nivel predial no siempre logra los resultados esperados. Las redes de drenaje resultan ser más eficientes, cuando se diseñan para áreas grandes dentro de una cuenca hidrográfica. Esta es la razón de las ventajas por realizar proyectos con asociaciones o comuneros de usuarios de suelo. En esto difiere el mejoramiento vía drenaje, con el subsolado, aradura profunda o mejoramiento de la estructura estos últimos se aplican preferentemente a nivel predial.

En la IX y X Región existe una interesante superficie susceptible de ser drenada con metodologías que deben adaptarse a las características del terreno. Un suelo húmedo susceptible de ser drenado es aquel donde se dispone de una cota adecuada para evacuar el agua y que no tiene otras propiedades que limitan su uso, como profundidad, textura y clima. Es decir, donde no se avizoran dificultades latentes que dificulten o imposibiliten su uso. Pero en una superficie superior a 230.000 ha en la X Región con Nadis el drenaje no es razonable por falta de una pendiente o donde el escaso grosor del suelo se conserva como una limitante permanente.

En este seminario se recogieron las inquietudes de distintos estamentos, para que estos se consideren como proposiciones para una política de drenaje en Centro Sur e Chile. En este evento se contó con las ponencias de representantes de organismos gremiales como MUCECH y SNA, Instituciones del estado que centralizan la materialización de estas políticas y investigan en esta materia como CNR, CONAMA, FIA, INIA, las Universidades y la Sociedad de la Ciencia del Suelo.

La participación de la Sociedad Chilena de Suelos con los otros organismos reunidos con un propósito central se ha repetido en otras oportunidades. Creemos que nuestra sociedad puede efectuar aportes importantes. Desde ya comprometemos una cooperación en materias donde somos capaces de brindar apoyo. Creemos que la interacción con los distintos representantes de organismos institucionales y gremiales es una vía expedita para lograr éxitos.

Achim Ellies
Presidente
Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo

EL DRENAJE EN CHILE ⁽¹⁾

Dr. Luis G. Salgado, Profesor Titular
Facultad de Ingeniería Agrícola
Universidad de Concepción

1. EL PASADO DEL DRENAJE EN CHILE

Al contrario de lo que ocurre con el riego, cuyos inicios se remontan a la era precolonial en el norte y al período colonial en la zona central, no existe un claro conocimiento en relación a cuando se iniciaron las primeras obras de drenaje privadas y/o estatales en el país. Lo que sí está claro es que este desarrollo ha sido muy heterogéneo en atención a las diferencias climáticas que existen entre el extremo norte y sur del país.

En el norte y la zona central la mayoría de los problemas existentes están asociados a suelos que han sido incorporados a una agricultura extensiva bajo riego y por ende los excedentes que han causado dicho problema provienen ya sea de las filtraciones de una extensa y ramificada infraestructura de riego o de las aplicaciones de agua mediante técnicas de riego de baja eficiencia. Consecuentemente, podemos deducir que las obras de drenaje se iniciaron con posterioridad a la puesta en riego ya que es muy probable que estos suelos no hayan tenido problemas de drenaje inicialmente.

Por el contrario, en la zona centro sur y sur del país, donde las precipitaciones exceden largamente la evapotranspiración de los cultivos, la lluvia ha sido la causante principal de los problemas de drenaje que, por decirlo de alguna forma, han estado siempre presentes en forma natural sin que se haya requerido la intervención humana para manifestarse. Tal es el caso de los suelos ñadis de la IX y X regiones.

Estas dos condiciones, determinadas básicamente por el origen y magnitud de la recarga, sin embargo, son modificadas por factores locales tales como tipo de suelos y topografía que determinan situaciones particulares.

De la lectura de documentos que hablan de la historia del riego en Chile⁽¹⁾ es posible deducir que tanto los incas como otras culturas anteriores que poblaron el extremo norte del país, tenían clara noción del daño que provocaban a los cultivos el exceso de agua y sales. Por tal razón, construyeron ingeniosos sistemas de riego, con los “canchones” que permitían la agricultura a partir del agua que se abastecía por capilaridad desde niveles freáticos poco profundos, así como la incorporación de sistemas para drenar los excedentes de agua que se acumulaban en las terrazas. Este conocimiento fue lo que permitió que dichos pueblos pudieran sobrevivir y prosperar en un ambiente tan difícil. La incorporación del riego masivo durante el período colonial, para aprovechar al máximo los escasos suelos cultivables en los valles del norte, fue el detonante para generar los problemas de drenaje que hoy tenemos. Un interesante y paradigmático ejemplo de este tipo de obras es el ocurrido en el valle de Lluta, lo que probablemente constituye la primera y gran intervención del estado en esta materia.

Efectivamente, en 1942 en dicho valle se inició un proceso de parcelación por parte de

la antigua caja de Colonización Agrícola que en 1951 terminó en un verdadero desastre ya que, debido al riego, el nivel freático de los suelos ubicados en la parte baja del valle estaba a no más de 40 cm de profundidad. Para solucionar este problema la Caja de Colonización Agrícola hizo construir tres grandes drenes que cortaban el valle desde el río hasta el cerro con el propósito de impedir que las aguas subterráneas afloraran en los sectores de riego pues se suponía que un río subterráneo corría a poca profundidad por el valle. Años mas tarde se comprobaría que el problema era de otro origen ya que dichos drenes jamás condujeron agua⁽²⁾.

Posteriormente, en la década del 60 la Corporación de Reforma Agraria intensificó la agricultura y para evitar mayores problemas de drenaje construyó una red constituida por grandes colectores a 2.5 m de profundidad y una extensa red de drenes laterales a 1 m de profundidad. Nuevo fracaso ya que tarde más se comprobó que los drenes tampoco funcionaron debido a las características de los suelos y al sellado de los mismos debido a la acumulación de sedimentos y óxidos de fierro.

Este proyecto realizado en el valle de Lluta es posiblemente la primera intervención estatal para dar solución a un problema de drenaje intrapredial. En la gran mayoría de los casos el Estado se ha limitado sólo a la construcción de la red extrapredial asociada a un proyecto de riego.

No existiendo antecedentes fidedignos al respecto, podemos suponer que las primeras obras de drenaje en el sur del país, y muy particularmente en la Xa Región, se iniciaron a mediados del siglo XIX con la llegada de los colonos alemanes. Debemos recordar que en aquellos años esa zona era una selva húmeda impenetrable donde, en opinión del explorador inglés Fitzroy, "cada pulgada de terreno parecía una esponja empapada de agua, inhabilitable para el ser humano"

Para transformar esos terrenos de bosque nativo a ganaderos fue necesario eliminar la tupida vegetación, limpiar cauces y seguramente iniciar la construcción de algunos drenes troncales para eliminar los excesos de agua. Aún hoy es posible encontrar algunas de esas verdaderas obras de ingeniería que no obstante su sencillez, pues sólo se trataba de zanjas con tablones en su interior, han perdurado en el tiempo.

Asimismo, fueron estos colonos quienes incorporaron un implemento que hoy puede ser la gran solución en muchos terrenos. Se trata del arado topo, implemento de origen inglés, que en esta zona se conoce con el nombre de "camahueto". Dicho implemento apareció en Europa a fines del siglo XVIII y para construir los túneles, el arado era tirado por caballos, en forma similar a como aún se práctica en el sur del país, cuando las condiciones impiden el uso de tracción mecánica.

2. SITUACION ACTUAL DEL DRENAJE EN CHILE

Como ha quedado de manifiesto, el drenaje en Chile ha sido una actividad preferentemente realizada por los particulares. Sólo recién a contar del año 1986, con motivo de la promulgación de la ley 18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje, el estado ha tomado un rol activo en este proceso, subvencionando obras de

este tipo que decidan construir los particulares.

Sin embargo, este esfuerzo aún es insuficiente tanto por la magnitud de la obra que es necesario realizar como por el limitado interés que los particulares han demostrado, no obstante los espectaculares resultados obtenidos en aquellos lugares donde se ha realizado algunas obras.

En cuanto a la magnitud del problema (ver tabla 1) es necesario tener presente que en Chile, según se puede deducir de los distintos estudios de suelo realizados a lo largo del país, existen alrededor de 1.300.000 has. con drenaje entre muy pobre a imperfecto. Si a lo anterior agregamos aquellos terrenos que tienen drenaje moderado, la cifra se eleva a más de 1.600.000 has., con este tipo de limitaciones.

Como se puede comprender esta es una realidad alarmante si es que consideramos que dicha cifra supera a la superficie regada con 85% de seguridad (1.2 millones de hectáreas) y representa alrededor del 25% de la superficie total arable del país (5.2 millones de hectáreas).

No obstante lo anterior, el interés de los particulares por realizar obras de drenaje acogiéndose a los beneficios que otorga la ley 18.450 han sido mínimos, tal como se puede observar en la tabla 2. De dicha tabla es posible deducir que en 15 años de ejercicio

Cuadro 1: Superficies afectadas con problemas de drenaje en Chile. Resumen por cuencas

CUENCAS	TOTAL CLASIFICADOS (ha)	SUPERFICIE CON PROBLEMAS DE DRENAJE (ha)			
		Muy pobre	Pobre	Imperfecto	Total
Lluta	4262.8	131.9	262.4	231.1	625.4
Azapa	3464.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Copiapó	17517.4	-	-	-	152.0
Huasco	14223.5	92.6	113.9	603.6	810.1
Elqui	56508.2	0.0	1248.3	1743.4	2991.7
Limarí	-	-	-	-	-
Choapa	38791.5	122.0	65.2	8488.4	8675.6
Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca	132369.4	1261.5	4036.5	25801.4	31099.4
Maipo	392299.9	1412.9	5231.6	32517.9	39162.4
Rapel	204427.0	0.0	3930.0	51544.0	55474.0
Convento Viejo	179410.0	0.0	3295.5	47268.6	50564.1
Mataquito	140170.7	4109.3	7196.2	54669.8	65975.3
Mauco	531101.0	0.0	3298.0	140557.0	143855.0
Pencahuc	14785.3	0.0	238.1	5999.0	6237.1
Itata	474276.8	7719.9	7450.4	93738.2	108908.5
Bío-Bío	277402.5	1030.4	103961.0	47014.6	152006.0
IX Región	-	-	-	-	167031.0
X Región	-	-	-	-	405821.0
XI Región	-	-	-	-	-
XII Región	47135.1	1072.1	11697.4	20039.2	31908.7
TOTALES	2528145.1	16952.6	152024.5	530216.2	1271297.3
(-) Sin información.					

de la ley sólo ha sido posible drenar 17822.1 ha que han permitido beneficiar a 926 agricultores.

Más importante que lo anterior, sin embargo, es notar que este interés ha decrecido fuertemente en los últimos dos años, aún cuando la superficie total bonificada por beneficiario se ha mantenido en un rango de 15 a 30 ha. Esta falta de interés puede tener su origen en el desconocimiento de los agricultores sobre los beneficios del drenaje; la escasez de consultores capacitados; los escasos recursos disponibles y/o la aparente complejidad de los proyectos que deben preparar para ser los Concursos de la Ley.

Efectivamente, y no obstante los esfuerzos que se han realizado en materia de transferencia tecnológica, aún los agricultores no tienen un conocimiento cabal de la incidencia que tienen los problemas de drenaje en los rendimientos, en la calidad del producto cosechado y por lo tanto en los ingresos. En general se atribuye a otros factores los efectos que tienen los problemas de drenaje. Falta investigación al respecto y particularmente faltan estaciones demostrativas o piloto donde se conduzcan experiencias que demuestren los beneficios que significa invertir en drenaje.

Por otra parte, es imprescindible que exista una política clara en materia de drenaje, tal como existe en el caso del riego, con el propósito que el Estado tome un rol más activo en este tema y no lo deje sólo a la libre decisión de los particulares.

2. EL FUTURO DEL DRENAJE EN CHILE

Desde el punto de vista agropecuario, el desafío de Chile en los próximos años es incrementar la producción tanto en cantidad como calidad si es que desea mantenerse vigente en un escenario altamente competitivo y globalizado. La única forma de lograrlo

Cuadro 2: Resultados de la Ley de Fomento 18.450, período 1986-2000. Proyectos aprobados, drenaje, por fecha de resolución.

Fecha Resolución	Nº Beneficio	Costo total (UF)	Bonif. Aprobada (UF)	Superficie Drenada
1986	1	2.761,65	1.242,74	50,2
1987	9	31.129,81	21.709,40	505,5
1988	21	59.857,97	37.677,25	567,6
1989	29	88.822,39	41.608,70	390,2
1990	13	36.684,77	18.643,82	244,4
1991	21	33.398,61	17.051,44	362,1
1992	25	62.106,87	31.094,67	791,4
1993	33	67.845,16	35.291,21	613,3
1994	242	157.501,33	92.371,47	3.299,6
1995	154	93.719,90	59.164,82	2.572,4
1996	71	61.195,89	40.837,39	1.658,5
1997	94	44.592,68	31.651,84	1.403,9
1998	109	82.470,06	53.935,68	3.929,1
1999	71	19.480,58	14.488,38	676,9
2000	33	42.537,62	25.107,66	827,0
Total General	926	884.105,29	527.876,47	17.8221

será incorporando más y mejor tecnología en las distintas etapas del proceso productivo. Desde el punto de vista de los recursos hídricos este aumento de la productividad y de la producción se puede lograr aumentando la superficie bajo riego (incorporando suelos actualmente de secano a una agricultura bajo riego); tecnificando el riego a nivel predial (incorporando métodos de riego de alta eficiencia) y/o rehabilitando masivamente los suelos que presentan problemas de drenaje restringido (realizando obras de drenaje superficial o subsuperficial a nivel predial).

Hasta el momento el Estado ha tomado bajo su responsabilidad la primera vía de solución, esto es, a través de la construcción y rehabilitación de obras de riego mayores y medianas, dejando a los particulares la decisión de mejorar el riego intrapredial haciendo uso de la ley de fomento. Sin embargo, el Estado no ha asumido el rol que realmente le corresponde en relación al tercer aspecto.

Efectivamente, la rehabilitación de los suelos con drenaje restringido representa un aporte adicional y altamente ventajoso al problema productivo por cuanto éstos, por lo general, tienen una infraestructura vial completa; una infraestructura predial avanzada; generalmente se encuentran localizados cerca de los centros urbanos mas importantes y su costo de recuperación es por lo general inferior a la puesta en riego de terrenos marginales. Sin embargo, de la comparación de las tablas 1 y 2 es posible concluir que el camino seguido no es suficiente para solucionar los problemas de drenaje que afectan a una extensa superficie de terreno agropecuariamente útil del país. Es necesario que el Estado se involucre mas activamente si quiere hacer un uso óptimo de los escasos recursos de suelo disponibles. Como puede lograrse esto?. En mi opinión, algunas de las alternativas posibles son:

1. Crear un Centro Nacional de Rehabilitación de Suelos de Drenaje Restringido.

Los objetivos fundamentales de este Centro debieran ser: Investigación (en todos los aspectos relativos al drenaje superficial y subsuperficial); formación (capacitando profesionales para que aborden en propiedad los proyectos de drenaje que se les encomienden); certificación (de los materiales y equipos que se comercializan en el país); validación (mediante la conducción de áreas piloto a lo largo del país donde se validen técnicas y materiales y cuyos resultados sean extraprobables a áreas vecinas); estudio de proyectos (realizar los estudios básicos pertinentes y las propuestas de proyectos específicos de drenaje de gran envergadura).

2. Construir macro redes de drenaje.

Esto es particularmente importante en la zona sur del país (regiones IX y X) donde no será posible realizar drenaje intrapredial en la medida que no se disponga de una red adecuada de colectores y drenes principales donde evacuar las aguas provenientes del drenaje predial. Esta labor debe ser emprendida por el Estado (al igual que las redes de riego en la zona norte y central del país) y financiada parcialmente por los usuarios similarmente a lo que exige el DFL 1123 referente a las obras de riego.

3. Establecer una política nacional sobre drenaje agrícola.

Esta política debe manifestar en forma explícita el interés del Estado en abordar el problema en forma integral, es decir riego-drenaje-medio ambiente definiendo áreas de desarrollo y áreas de protección a través del establecimiento de un plan de acción concreto, de corto, mediano y largo plazo y la asignación de los recursos respectivos.

4. Organizar Comunidades de Drenaje.

Al igual que las obras de riego, las de drenaje requieren de una adecuada operación y mantenimiento para prolongar su vida útil y garantizar su adecuado funcionamiento. Consecuentemente, deberá proveerse la asesoría y recursos necesarios para que ello ocurra, antes de la ejecución de la obra.

ANEXOS

SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE CUENCA DEL LLUTA⁽¹⁾

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	131.9	3.09
2 Pobre	262.4	6.16
3 Imperfecto	231.1	5.42
4 Moderado	1020.2	23.93
5 Bueno	1336.2	31.35
6 Excesivo	1281.0	30.05
TOTAL CLASIFICADO	4262.8	100.00

⁽¹⁾ IREN. 1976. Estudio de recursos naturales. I Región.

SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE CUENCA DEL SAN JOSE⁽¹⁾

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	0.0	0.00
3 Imperfecto	0.0	0.00
4 Moderado	133.2	3.85
5 Bueno	1986.4	57.34
6 Excesivo	1344.4	38.81
TOTAL CLASIFICADO	3464.0	100.00

⁽¹⁾ IREN. 1976. Estudio de recursos naturales. I Región.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL HUASCO⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	92.6	0.66
2 Pobre	113.9	0.73
3 Imperfecto	603.6	4.17
4 Moderado	60.6	0.36
5 Bueno	10525.0	73.93
6 Excesivo	2877.8	20.16
TOTAL CLASIFICADO	14223.5	100.00

⁽¹⁾ CEDEC. 1985. Estudio integral de riego del Valle del Huasco

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL ELQUI⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	1248.3	2.21
3 Imperfecto	1746.4	3.09
4 Moderado	2950.4	5.22
5 Bueno	32239.9	57.05
6 Excesivo	18323.2	32.43
TOTAL CLASIFICADO	56508.2	100.00

⁽¹⁾ INA. Ing. Consultores. 1997. Estudio integral de riego del Valle del Elqui.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL CHOAPA**

CLASE	SUPERFICIE ⁽¹⁾		SUPERFICIE ⁽²⁾	
	HAS	%	HAS	%
1 Muy pobre	122.0	0.31	0.0	0.00
2 Pobre	65.2	0.17	137.6	0.45
3 Imperfecto	8488.4	21.88	9140.4	29.4
4 Moderado	5889.0	15.18	7349.1	24.6
5 Bueno	1063.2	2.74	13494.2	44.0
6 Excesivo	23163.7	59.72	410.9	1.35
TOTAL CLASIFICADO	38791.5	100.00	30532.2	1000

⁽¹⁾ Ingeniería Agrícola Ltda. 1993. Estudio de suelos del Valle del río Choapa y sus tributarios

⁽²⁾ INGENDESA. 1995. Estudio integral de riego Proyecto Choapa.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCAS DEL ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA ⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	1261.5	0.95
2 Pobre	4036.5	3.05
3 Imperfecto	25801.8	19.49
4 Moderado	18608.5	14.06
5 Bueno	82661.1	62.45
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	132369.4	100.00

⁽¹⁾ CICA; Binnie & Partners y Hunting Technical Service Ltda. 1982. Estudio integral de riego de los valles Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL MAIPO⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	1412.9	0.36
2 Pobre	5231.6	1.33
3 Imperfecto	32517.9	8.29
4 Moderado	73508.4	18.74
5 Bueno	237412.8	60.52
6 Excesivo	42216.3	10.76
TOTAL CLASIFICADO	392299.9	100.00

⁽¹⁾ AGROLOG Chile Ltda. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL RAPEL⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	13329.0	6.52
3 Imperfecto	48103.0	23.53
4 Moderado	7410.0	3.63
5 Bueno	135585.0	66.32
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	204427.0	100.00

⁽¹⁾ AGROIPLA Ing. Consultores (Chile) y Engineering Science, INR (USA). 1978. Estudio de prefactibilidad hoya del río Rapel.

⁽²⁾ Adaptado del original que utiliza otro tipo de clasificación

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
AREA CONVENTO VIEJO-VI REGION⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	3295.5	1.84
3 Imperfecto	47268.6	26.35
4 Moderado	41292.0	23.02
5 Bueno	46678.6	26.02
6 Excesivo (2)	40875.3	22.77
TOTAL CLASIFICADO	179410.0	100.00

⁽¹⁾ Tahal Consulting Engineers (Israel) e ICA Ing. Consultores Asociados (Chile). 1978. Proyecto Convento Viejo. Estudio de factibilidad y desarrollo.

⁽²⁾ Incluye categoría de "algo excesivo" y "excesivo".

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL MATAQUITO⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	4109.3	2.93
2 Pobre	7196.2	5.13
3 Imperfecto	54669.8	39.00
4 Moderado	19464.8	13.89
5 Bueno	54730.6	39.05
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	140170.7	100.00

⁽¹⁾ B&P; CICA y HTS. 1978. Estudio integral de riego de la cuenca del río Mataquito.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL MAULE⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	3298.0	0.62
3 Imperfecto	140557.0	26.47
4 Moderado	50408.0	9.49
5 Bueno	336838.0	63.42
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	531101.0	100.00

⁽¹⁾ CEDEC. 1977. Estudio integral de riego de la cuenca del río Maule. Prefactibilidad

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
VALLE DE PENCAHUE⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	238.1	1.61
3 Imperfecto	5999.1	40.57
4 Moderado	1757.3	11.89
5 Bueno	6790.8	45.93
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	14785.3	100.00

⁽¹⁾ HYDROSOLVE Ingenieros Consultores. 1978. Riego del Valle de Pencahue. Estudio de factibilidad.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUENCA DEL ITATA⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	7719.9	1.63
2 Pobre	7450.4	1.57
3 Imperfecto	93738.2	19.76
Moderado a imperfecto	2056.8	0.43
4 Moderado	58494.6	12.33
5 Bueno	266770.4	56.25
6 Excesivo	38046.5	8.03
TOTAL CLASIFICADO	474276.8	100.00

⁽¹⁾ CONSORCIO AGROLOG CHILE Ltda. y R&Q Ingenieros Ltda. 1987/1988. Estudio de suelos proyecto Itata, Etapas I y II y Estudio de suelos del área del proyecto Laja-Diguillín.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
CUANCA DEL BIO-BIO⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	1030.4	0.01
2 Pobre	103961.0	37.61
3 Imperfecto	47014.6	17.08
4 Moderado	32144.2	11.72
5 Bueno	70149.1	25.42
6 Excesivo	23103.2	8.43
TOTAL CLASIFICADO	277402.5	100.00

⁽¹⁾ Hydroconsult Ltda. 1999. Estudio de factibilidad mejoramiento canal Laja-Los Anteles.

Mella, A.; Raggi, R. y Sarpi, A. 1977. Estudio agrológico de la cuenca del río Bio-Bio. Informe Técnico N°2.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
DECIMA REGION⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	0.0	0.00
2 Pobre	19060.0	12.89
3 Imperfecto	89823.0	60.76
4 Moderado	38943.0	26.35
5 Bueno	0.0	0.00
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	147826.0	100.00

⁽¹⁾ R&Q Ingeniería Ltda. 1990. Investigación de riego y drenaje en la Xa Región.

**SUPERFICIES SEGÚN CLASES DE DRENAJE
XII REGION⁽¹⁾**

CLASE	SUPERFICIE	
	HAS	%
1 Muy pobre	1072.1	2.27
2 Pobre	11697.4	24.82
3 Imperfecto	20039.2	42.52
4 Moderado	14326.4	30.39
5 Bueno	0.0	0.00
6 Excesivo	0.0	0.00
TOTAL CLASIFICADO	47135.1	100.00

⁽¹⁾ AC Ingenieros Consultores Ltda.; GEOFUND Ltda.; e Hydroconsult Ltda. 1997. Estudio integral de riego y drenaje de Magallanes.

⁽¹⁾ Documento presentado en el Seminario "Realidad y perspectivas de la habilitación de suelos mal drenados en el sur de Chile. Regiones IX y X", realizado el 24 y 25 de mayo del 2001 en Valdivia.

⁽¹⁾ Historia del riego en Chile. Comité Nacional Chileno de Riego y Drenaje. Octubre 1989.

⁽²⁾ Acayaga, S. 1989. Origen, distribución y caracterización de los suelos de drenaje restringido. Soc. Chilena de Ciencia del suelo. Boletín N°9.

DIAGNÓSTICO DEL DRENAJE EN LA IX REGIÓN

Luis Muñoz Arévalo, Ingeniero Civil

Director de Obras Hidráulicas de la IX Región

Julio Burgos Arratia, Ingeniero Civil Agrícola

Encargado de Riego y Drenaje, Servicio Agrícola y Ganadero IX Región.

INTRODUCCIÓN

La región de la Araucanía se encuentra entre los 37° 35' y los 39° 37' de latitud Sur y desde los 70°50' de longitud oeste hasta el Océano Pacífico y cubre una superficie aproximada de 31.842,3 Km².

Se distinguen en el relieve regional: planicies litorales, Cordillera de la Costa, depresión intermedia, precordillera y Cordillera de los Andes.

En la región se observa una transición entre los climas de tipo mediterráneo con degradación húmeda y los climas templado lluviosos con influencia oceánica.

En la región de la Araucanía, las principales cuencas hidrográficas que drenan en forma natural al Pacífico son la parte sur de la Cuenca del Bio Bio, la del Imperial, Toltén, parte de la cuenca del río Cruces afluente del Valdivia y por algunas hoyas costeras de menor magnitud como las del río Queule, Moncul y lago Budi.

La Araucanía se caracteriza por alta ruralidad (38,7%, INE 1993), lo que corresponde a 65.000 explotaciones rurales. En el medio rural se concentra más del 70% de la población indígena Mapuche, en una Región que presenta los mayores indicadores de pobreza del país, con un 36,5% de su población bajo el límite de pobreza, fundamentalmente ligada al sector rural y a la población indígena. La principal actividad productiva de la Región es la actividad agropecuaria con una participación en el PIB Regional superior al 25% en los últimos años y una ocupación del 34,5% del empleo (INE, 1998).

Las obras de drenaje buscan crear las condiciones adecuadas para el desarrollo de cultivos, que implique obtener mayores rendimientos, eliminando el exceso de agua que se puede acumular (tanto superficialmente, como en profundidad) con el fin de mantener las condiciones óptimas de aireación y actividad biológica, indispensables para cumplir los procesos fisiológicos relativos al crecimiento radicular de las especies vegetales de interés agrícola o pecuario.

El desarrollo de proyectos de drenaje en la región presenta particularidades respecto de la problemática que se observa en el resto del país. La condición más característica, se encuentra asociada a inundaciones de terrenos planos bajos, producto del desborde del dren natural (río o estero).

Esta condición plantea soluciones, en el ámbito de una cuenca o subcuenca, lo cual implica alteraciones significativas del medio ambiente, de allí surge la necesidad de que los proyectos que se desarrollen en el área, permitan la sustentabilidad de los ecosistemas alterados.

La firma de tratados internacionales del Estado de Chile sobre la materia, como la Convención de Ramsar (Protección de humedales), la Convención sobre la Biodiversidad y la Convención de Washington (Protección de flora, fauna y bellezas escénicas), son un claro ejemplo de las consideraciones en las cuales tiene que enmarcarse el desarrollo de proyectos de drenaje.

CAUSAS QUE CONDICIONAN EL DRENAJE RESTRINGIDO

En términos generales, el drenaje restringido que se produce en un área determinada, se debe a una serie de factores que solos o conjugados dan origen a la situación, estos factores pueden ser las precipitaciones, inundaciones de cauces naturales, riegos deficitarios en zonas más elevadas, suelos, topografía y/o filtraciones subterráneas o subsuperficiales.

Para el caso específico de la novena región, se observan características diferentes, dependiendo del sector y de la región que se trate.

En sectores precordilleranos y parte del valle central, el mal drenaje está asociado a condiciones de suelos arcillosos o con estratos impermeables cercanos a la superficie, con topografía muy plana o compleja generando sectores sin escurrimiento natural.

En los pequeños valles asociados a la cordillera de la costa, especialmente en el sector Mahuidanche, la gran cantidad de agua que captan la subcuencas y microcuencas del área, normalmente no tienen un cauce evacuador con capacidad suficiente para extraer la totalidad de las aguas.

En el sector costero, varias de las cuencas presentan características similares a las recientemente descritas, con el problema adicional de no contar con el suficiente desnivel respecto del mar, impidiendo un escurrimiento adecuado, dado que el drenaje natural está fuertemente condicionado al ciclo de las mareas.

Una de las falencias más evidentes en la novena región, con respecto a este tema es que no existen los suficientes conocimientos sobre las interrelaciones naturales asociadas al desarrollo del drenaje, como tampoco se tienen estudios científicos que caractericen adecuadamente estas áreas. El único estudio de importancia, realizado en esta región, es el denominado "Programa de Recuperación y Rehabilitación de tierras con Riego y Drenaje; Regiones IX y X", desarrollado para la Dirección de Obras Hidráulicas con fondos de Preinversión MIDEPLAN-BID.

Este estudio tenía como principales objetivos identificar y caracterizar un universo inicial de unas 500.000 has, con diversos grados de problema, de drenaje y a partir de allí, para una superficie de unas 120.000 has, en ambas regiones, dimensionar los problemas e identificar a nivel de perfil proyectos específicos de drenaje que resultaren atractivos de llevar a cabo. El resultado final en esta etapa es seleccionar los proyectos que resulten técnica y económicamente más convenientes y que totalicen unas 40.000 has en ambas regiones.

Para caracterizar las áreas de mal drenaje, se elaboraron fichas con información con respecto a la identificación del sector, pluviometría, distritos agroclimáticos, cauces

principales pertinentes, tipo de suelos y capacidad de uso, origen del problema de drenaje (y su grado de importancia), sistema actual de drenaje, factibilidad de un drenaje efectivo, condiciones socioeconómicas, situación agropecuaria actual, potencialidad productiva (con sistema de drenaje), necesidad de riego al drenar, externalidades y conclusiones.

Con respecto al origen del problema, este Estudio identificó las causas, teniendo en cuenta aspectos contenidos en estudios básicos de hidrología y suelos y de acuerdo a las observaciones efectuadas en reconocimientos de terreno. Para efectos de un mejor entendimiento, las principales causas de mal drenaje detectadas por este Estudio se pueden dividir en lo siguiente:

a) Asociado a Posición o Característica Topográfica desfavorable:

Terrenos planos donde el agua lluvia no tiene suficiente pendiente para escurrir hacia los cauces naturales, terrenos bajos en relación con los cauces naturales lo que impide la adecuada evacuación del agua lluvia y son áreas expuestas a inundaciones.

Áreas bajas en terrenos de topografía compleja sin adecuada salida al drenaje natural.

b) Asociado a los cauces naturales:

Incapacidad de los cauces naturales para evacuar aguas lluvias de importante extensión de áreas por tener cuencas aportantes muy grandes o impedimentos para un flujo correcto. Situación que en eventos críticos normalmente produce inundaciones a los terrenos planos adyacentes.

c) Asociado a Suelos:

Suelos con drenaje interno lento debido a estratas impermeable cercanas a la superficie (Fierrillo, turba, grava cementada), suelos estratificados o de textura pesada que limita el drenaje vertical del suelo y aumenta la escorrentía superficial.

d) Asociado al ciclo de las mareas:

Terrenos bajos cercanos a la desembocadura de los ríos (Toltén, Imperial, Moncul, Queule, Budi), que durante el ciclo de las mareas alteran el tirante hidráulico del río a lo largo del día impidiendo en su posición más desfavorable la evacuación de las aguas lluvias de los terrenos ribereños.

e) Efecto Dique de la infraestructura vial:

Terrenos donde las líneas de flujo natural del agua se han interrumpido producto de la ubicación de caminos, con alcantarillas insuficientes o muy altas.

Estas situaciones de mal drenaje, la mayoría de las veces actúan combinadas. Los problemas asociados a cauces naturales se observan en un 63.4% de los casos analizados, siguiendo en orden decreciente, con un 59.8% drenaje restringido asociado a suelos, 38.9% a topografía, 12.1% marea y 5.2% obras viales.

El origen de la recarga es en su gran mayoría un efecto de las precipitaciones asociado a una recarga externa como inundaciones y/o escorrentía superficial o subsuperficial de

zonas más elevadas topográficamente.

Los problemas de drenaje ocasionados por un mal manejo de las aguas de riego, no tienen relevancia significativa, en esta región. Existen pequeñas áreas del valle de Angol, del sistema de riego Allipén, entre otras, pero el estudio MIDEPLAN BID no los consideró y no identificó ninguna área relevante con este problema.

AREAS DE DRENAJE RESTRINGIDO EN LA IX REGIÓN:

Según antecedentes bibliográficos, el MINAGRI (Marco General de la Política Ambiental 1995), estimaba en 83.200 has de suelos mal drenados considerando como criterio, las clases de drenaje, imperfecta, pobre y muy pobre (Clasificación adoptada por la Sociedad Chilena de las Ciencias del Suelo). Sin embargo el estudio Mideplan-BID, detectó que las principales áreas con problemas de drenaje representan una superficie de 167.031 hectáreas, sin considerar varias áreas, como el sector cordillerano de Lonquimay, entre otros.

La mayor parte ubicada en la provincia de Cautín, con un total cercano a las 156.000 has. En Malleco, se detectó solo el área del sector Purén Lumaco, con algo más de 10.000 has.

El detalle de las principales áreas de mal drenaje detectadas por el Estudio MIDEPLAN

Cuadro 1: Areas de mal drenaje en la IX Región.

Nombre Sector	Superficie (Has)
Purén Lumaco	10.873
TOTAL MALLECO	10.873
Hualpin	5.159
Toltén Viejo	4.255
Nueva Toltén Queule	2.400
Fintucue Nueva Tolten	3.623
Boldo Boroa	5.964
Coliman Camahuei	1.138
Boldo y Pichiboldo	3.769
Mahuidanche	5.859
Lastarrias Quitratue	2.785
Quinque	1.390
Melipeuco bajo norte	3.870
Melipeuco bajo sur	1.583
Melipeuco alto	2.151
Galvarino	1.230
Villarrica Collico	1.953
Temuco Norte	478
Licanco Metrenco	2.011
Moncul	4.622
Ranquilco	1.560
Puerto Saavedra	1.741
Nehuentue	1.087
Pocoyan Ranquicura	1.208
Ranco Collico	931
Cullinco Amuley	616
Temuco Labranza	746
Labranza Nueva Imperial	1.379
Chol Chol Sur	1.596
Chol Chol Sur	935

BID y su correspondiente superficie se encuentra resumida en la tabla siguiente:

La mayor superficie se concentra en la provincia de Cautín, sigue una tendencia en importancia hacia el sur y oeste, geográficamente se pueden dividir en:

Sector costero (Comunas de Teodoro Schmidt, Saavedra, Carahue y Toltén) con 35.000 has.

Valles intramontanos de la cordillera del Mahuidanche (Comunas de Gorbea, Pitrufulquén y Loncoche) con 40.000 has.

Sectores desarrollados sobre suelos pesados de topografía compleja (Comunas de Temuco, Padre las Casas y Nueva Imperial) con 10.000 has.

Sectores del valle central (Comunas de Temuco, Freire y Galvarino) con 40.000 has.

Sectores cordilleranos y precordilleranos (Comuna de Melipeuco, Cunco, Pucón y Villarrica) con 25.000 has.

Las áreas seleccionadas para realizar un perfil de proyecto se determinaron sobre la base de la Factibilidad Técnica (25%), Impacto productivo (25%), Condiciones Socioeconómicas (25%), externalidades del proyecto de drenaje (18%) y la eventual dependencia del riego al drenar (7%). Este análisis llevó a considerar los siguientes sectores (La totalidad de ellas en la provincia de Cautín, en parte porque el área drenable de Purén y Lumaco se desarrollará integralmente con el proyecto de embalse y riego que desarrolla la D.O.H).

Cuadro 2 : Areas de drenaje restringido, con proyecto a nivel de perfil con la valoración económica.

Sector	Sup. Total (ha)	Sup. Benef (ha)	VAN MM\$ social	TIR (%) social
Nueva Toltén Queule	1.929	1.859	957,0	21.6
Fintucue Nueva Toltén	1.795	1.325	550,6	23.2
Boldo Pichiboldo	3.770	1.883	-322,9	10.1
Mahuidanche	3.342	3.342	144,7	12.3
Lastarrias Quitratuc	2.918	2.853	2.037,2	23.6
Quinque	1.564	1.407	1.123,6	26.2
Melipeuco bajo norte	4.775	3.880	1.077,5	24.8
Melipeuco Bajo sur	2.045	1.565	345,4	20.5
Melipeuco Alto	2.344	2.079	472,8	20.3
Galvarino	1.289	1.289	970,6	28.1
Villarrica Collico	1.984	1.679	998,6	19.9
Licanco Metrengo	2.560	1.810	-2,52	12.0
Ranquileo	2.084	1.337	756,2	20.6
Puerto Saavedra	1.788	1.632	312,7	15.3
Ranco Collico Calof	1.008	890	353,9	18.0
Labranza Nueva Imperial	1.367	852	497,4	29.5
Gorbea	1.447	1.072	187,4	13.9
Dollinco	1.322	505	231,9	21.4
TOTAL	39.331	31.259		

Sobre la base de la evaluación económica, características técnicas y condiciones sociales en las áreas drenadas, la Dirección de Obras Hidráulicas en conjunto con el MIDEPLAN, decidieron que los proyectos que tenían mayor posibilidad de desarrollarse y por tanto seleccionados para ser analizados en la etapa de prefactibilidad. (Significa una superficie de 16.905 has) son las siguientes:

a) Lastarrias – Quitratue (2.709 ha)

El área del proyecto es atravesada por el río Puyehue o Quitratue, dejando una parte de ella al oriente del río y otra al occidente de este. El área drenable tiene unos 12 Km de largo por 4 de ancho, encontrándose a unos 3 km de Gorbea, Lastarrias se encuentra dentro del sector. El origen de la condición de drenaje restringido, es la típica condición de un valle intramontano, es decir un cauce natural de evacuación insuficiente para dar salida al aporte de la cuenca.

Existen 2.185 has con suelos con algún problema de drenaje clasificados en IIw, IIIw, IVw y VIw (predominan IIIw con 927 has), que con el desarrollo del proyecto dejarían de tener como limitante esta situación.

La inversión total necesaria alcanza una cifra cercana a los M\$1.500 (moneda de diciembre del 98), de las cuales un 70% se invertiría en la limpieza y aumento de sección de los cauces naturales involucrados, un 15 % en drenes y canales interceptores y un 10% en obras de arte.

La mayor parte de los 130 predios del área, tienen una superficie menor a las 40 has, con un uso actual dedicado a pastos naturales y vegetación nativa.

La evaluación económica arrojó como resultado un TIR social del 14.58%, por lo que cumple los niveles de rentabilidad mínimos exigidos.

b) Quinque (1.623 ha)

El área del proyecto se encuentra en un valle angosto, aislado por cerros que lo rodean. El valle tiene una longitud aproximada de 11 km y un ancho máximo de 1.5 km. Es atravesado longitudinalmente por el río Quinque. El origen de la situación de mal drenaje tiene básicamente dos motivos, incapacidad del río para evacuar la totalidad de las aguas que aporta la cuenca y una estrata impermeable en el suelo.

Existen 3.739 has de suelos con algún problema de drenaje clasificados en IIw, IIIw, IVw y VIIw, que podría ser drenados en su gran mayoría

El costo total de las obras implica una inversión de M\$500.000 (moneda de diciembre del 98), que en un 40% se destina a la construcción de drenes y canales, un 35% intervención en el cauce y un 15% en obras de arte.

En este sector se encuentran 123 predios, en su gran mayoría menores de 80 has, con un uso del suelo básicamente de praderas naturales, papas y vegetación nativa.

La evaluación económica es altamente positiva, obteniendo un TIR social de 19.94%.

Vale la pena mencionar que este sector, ha sido recientemente intervenido con un proyecto a través de la ley de fomento al riego y drenaje, realizándose obras para unas 860 has con una inversión del orden de los M\$200.000.

c) Melipeuco Bajo Norte (3.668há)

Se encuentra en la cuenca del río Allipén, entre las localidades de Melipeuco y Villa García, el área esta conformada por un valle de 17 km de longitud y 4.5 km de ancho máximo. El origen del problema se encuentra en la abundante pluviosidad de la zona, conjugado con la textura y estratificación de los suelos (en algunas partes con presencia de fierrillo).

Unas 2.640 has se encuentran con problemas severos, con suelos clasificados en IIIw, IVw, VIw y VIIw (predominan los IIIw con 1.808 has). Existen 46 predios en el área, pero la mayor superficie la ocupa un solo predio.

La rentabilidad es alta un TIR social del 31.71%, pero dada las características de la distribución de la tierra parece mejor alternativa el uso de la ley de fomento para realizar esta inversión.

d) Villarrica – Collico (1.915 ha)

Se encuentra en la cuenca del río Voipir, inmediatamente al sur de Villarrica y entre esta localidad y Calafquén. El sector tiene aproximadamente 15 km de Oriente a Poniente y 10 Km de Norte a Sur. El origen del mal drenaje se debe básicamente a la presencia de fierrillo y toba en el perfil del suelo combinado con baja capacidad de evacuación del cauce natural.

Los suelos que presentan limitantes de uso atribuibles a la condición de drenaje, son alrededor de 1.442 has (predominan los suelos VIIw con 761 has), que con el desarrollo de un eventual proyecto se mejoraría en gran parte.

El monto de la Inversión alcanza a los M\$ 280.000 (moneda de diciembre del 98), en un 65 % se invertiría en limpieza e intervención en el cauce y un 35% en la construcción de drenes.

Este sector tiene 57 predios, de tamaño medio a grande, con superficies menores a 200 has. El uso actual se restringe a pastos naturales y vegetación nativa.

La rentabilidad de este proyecto supera la rentabilidad mínima exigida que alcanza a 14.57% de TIR social.

e) Galvarino (1.202 ha)

El área del proyecto se encuentra en la cuenca del río Quillen. Corresponde a un área de 6 Km de longitud máxima, en sentido oriente occidente y un ancho máximo de 3 Km, atravesada por el río Quillen. El motivo del mal drenaje se debe a las inundaciones del río producto de la posición baja de los suelos respecto de este.

La mayor parte de los suelos del área se encuentran con limitantes de uso atribuibles al drenaje, existen 1.445 has con suelos clasificados en clases IIw, IIIw, IVw y VIw (predominan los IIIw con 438 has y los IVw con 440has), potencialmente mejorables en su mayoría.

La inversión total estimada alcanza a los M\$325.000 (moneda de diciembre del 98), que en un 75% se utilizaría en el mejoramiento de la condición de escurrimiento del río Quillen y un 25% en la construcción de drenes y obras de arte.

Existen 89 predios en el área, la mayor parte menores a las 100 has, con un uso del suelo dedicado básicamente en empastadas y menores proporciones de trigo y papas. La rentabilidad del proyecto es buena, alcanza un TIR social de 17.89%..

f) Labranza – Nueva Imperial (1.365)

El área del proyecto se encuentra en la cuenca del río Cautín. El sector esta constituido por una angosta y larga franja de terrenos que se extiende en forma paralela al río Cautín, tiene aproximadamente 9 km de longitud, en sentido este oeste y un ancho máximo de 1.5 km. En el extremo oriental de esta área se encuentra la localidad de Labranza.

Gran parte de los suelos se encuentran bajo drenaje restringido, con clasificaciones IIw, IIIw, IVw, VIw y VIIw (Predominan los IIIw con 870 has), que pueden ser recuperados en su mayoría.

El monto de la inversión alcanza a los M\$150.000 (moneda de diciembre del 98), que un 85% se invierten en mejoramiento e intervención en cauces naturales.

En esta área se encuentran unos 182 predios, la mayoría menor a las 20 has de propiedad indígena.

La rentabilidad de este proyecto es alta, tiene un TIR social de 24.09%.

g) Melipeuco Alto (2.606 ha)

Se encuentra en la cuenca del río Zahuelhue, afluente del río Allipén, entre la cordillera de Llancahue y la localidad de Melipeuco. El motivo de la situación se debe a las características de los suelos con drenaje imperfecto, en partes, con presencia de fierrillo. Además de la alta pluviosidad de la zona.

Existen unos 1.963 has de suelos con problemas de drenaje, suelos clasificado en IIw, IIIw, IVw, VIw y VIIw (predominan los VIIw con 714 has), que pueden ser recuperados en buena parte.

El Costo de las obras alcanza a los M\$150.000 (moneda de diciembre del 98), que en un 75% se utilizaría en la construcción de drenes.

Existen un total de 197 predios, la mayor parte, pequeño (menor a las 40 has), con un uso actual de pastos y vegetación nativa.

La rentabilidad es interesante, el TIR social alcanza al 22.61%

h) Boldo – Pichiboldo (1.817 ha):

El área de este proyecto se encuentra en la cuenca del río Boldo al este de la localidad del mismo nombre. El origen del problema en esta área esta dada fundamentalmente, por la condición de escurrimiento de los cauces y el gran aporte de la cuenca por tratarse de valles intramontanos.

Actualmente los suelos del sector se encuentran severamente afectados por problemas de drenaje. Se han clasificado 1.414 has en suelos IIIw, IVw, VIw y VIIw (predominan los IVw con 578 has), que mejorarían ostensiblemente su capacidad de uso si se desarrolla el proyecto.

El costo total estimado alcanza los M\$ 600.000 (moneda de diciembre del 98), del cual un 50% se utilizaría para la limpieza de cauces naturales (Estero Pichiboldo y Boldo) y un 40% en la construcción de drenes y canales interceptores.

La mayor parte de los predios es de tamaño mediano menores a las 50 has y actualmente están dedicados a empastadas naturales y vegetación nativa

La evaluación económica indica bajo los criterios de MIDEPLAN, que el eventual proyecto no es rentable. Tiene un TIR social de 10.09%.

La inversión directa del Estado en drenaje puede realizar asociando estas obras con las grandes obras de riego realizadas a través del Decreto 1.123, sin embargo, las complejidades de desarrollar este tipo de obras, solo se observa al mediano plazo el proyecto de Riego y Drenaje de Purén, Lumaco y Los Sauces.

Lo anterior implica, que la principal herramienta para invertir en drenaje es la ley 18.450, que nace de la iniciativa privada. De los proyectos mencionados, podría aplicarse esta herramienta a los proyectos Labranza - Nueva Imperial y Melipeuco Alto, por los montos inherentes los restantes, solo podrían realizarse por etapas cuando ello sea técnicamente factible. En el sector Quinque, ya se ha utilizado la ley 18.450, intervenido en parte, con el proyecto de drenaje Botacura que cubre una superficie de 860 hectáreas del área alta de la cuenca

Desarrollo de proyectos de drenaje en la IX Región:

Si bien en décadas pasadas existieron obras de drenaje construidas por el Estado, que consistían básicamente en el mejoramiento de la sección de cauces naturales para un mayor escurrimiento de las aguas, en la actualidad, la mayor parte de la inversión se ha realizado a través de la ley de fomento al riego y drenaje. Con esta herramienta se han ejecutado 10 proyectos con un costo total superior a los \$1.320 millones, con un aporte del Estado superior al 70% de la inversión total, las obras realizadas con este instrumento de fomento se pueden resumir en el siguiente cuadro:

Cuadro 3: Inversión realizada a través de la ley de fomento al riego y drenaje

PROYECTO	COMUNA	SUPERFICIE HA	COSTO UF
ILLAF CUDICO	TEMUCO	46	5.598,37
COLIMAN	TOLTEN	677	11.900,00
CAMAGUEY	TOLTEN	171	7221,77
CHANQUIN	TOLTEN	127	4896,44
FINTUCUE	TOLTEN	196	11.052,16
RINCONODA	TOLTEN	40	2.493,05
POCOYAN			
LAS QUINIENTAS	GORBEA	587	15.662,6
CHACAY	CARAHUE	163	4.374,25
CAYULFE	TOLTEN	304	6970,00
MAITINCO			
BOTACURA	GORBEA	866	13.416,11
TOTAL		3177	83.584,75

Esta inversión se ha concentrado entre los años 1994 y 2000, sin embargo, desde el año 1998 no se presentan proyectos nuevos. Esto no es más que un índice de la dificultad inherente a los proyectos de drenaje, es difícil plantear en esta región soluciones individuales o prediales. Las soluciones técnicas van por el camino, de acciones a niveles de subcuenca, por tanto los estudios son más complejos y la mayoría de las veces se requiere además de una evaluación ambiental. También, la realidad socioeconómica de los potenciales beneficiarios y los inciertos resultados de llevar adelante las obras, ha limitado la aplicación de este instrumento.

Por otra parte, la ejecución y operación de estos proyectos, ha mostrado una serie de problemas que han limitado la vida útil de estas obras. No existe un estudio sistemático que identifique las principales causas de esta problemática, sin embargo la experiencia profesional nos señala que ellas podrían ser las siguientes:

- Inadecuada o inexistente organización de drenantes, lo cual ha significado falta de mantenimiento de las obras, disminuyendo su vida útil.
- Falta de puesta en drenaje de los predios beneficiados por estos proyectos. Normalmente las obras consisten en el mejoramiento de la sección de cauces o la construcción de drenes matrices. La siguiente etapa, donde se requiere evacuar las aguas de los predios, muchas veces no se ha realizado, limitando los beneficios esperados.
- Los proyectos de drenaje desarrollados en áreas con influencia de las mareas en los ríos, solo ha permitido ganar tiempo para las labores agrícolas, pero no han solucionado efectiva y totalmente las causas de mal drenaje. Básicamente, porque las obras proyectadas no son adecuadas para evacuar todas las aguas. La solución técnica requiere de plantas elevadoras, pero por razones de costos operativos, resultan muy onerosas para el beneficio esperado.
- En otros casos, las obras proyectadas normalmente solo toman una sección de una cuenca o subcuenca, cuando las causas del mal drenaje son de la cuenca o subcuenca completa, por tanto, la efectividad del drenaje se encuentra muy limitada.
- Falta de desarrollo productivo. La mayoría de las obras no han significado cambios en estos términos.
- Muy poca capacitación y casi nula aplicación de nuevas propuestas técnicas y tecnología en drenaje y sistemas productivos.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES DE LOS PROYECTOS DE DRENAJE:

El documento "Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile" detectó 23.184 has cubiertas en la región por humedales, ubicados principalmente en las Comunas de Lonquimay (3.947 has), Carahue(3.844 has), Toltén(3.654 has), Melipeuco(2.249 has), Saavedra(1.826 has), T. Schmidt(1.499 has) y Gorbea(1.182 has). Estas áreas tienen especial importancia en la conservación de la biodiversidad.

Por otra parte, las características naturales de la región condicionan que las soluciones técnicas para resolver problemas de drenaje restringido, en muchas ocasiones pasa necesariamente por la alteración de cauces naturales, que como consecuencia tiene

efectos al alterar ecosistemas asociado a ríos, esteros o humedales aledaños. Esta condición implica, que la gran mayoría de las obras de drenaje que se proyecten deben ser evaluadas a través del SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental). La Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente señala que: Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, entre los cuales enumera los “Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas; presas, **drenaje**, **deseccación**, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas”.

El reglamento del SEIA indica el límite de superficie a drenar en los proyectos para ser evaluados ambientalmente, tratándose de las regiones VIII a XII, cuyo valor corresponde a treinta hectáreas (30 ha), con una excepción respecto de los suelos cuya principal fuente de abastecimiento de agua provenga de aguas lluvias, tales como los suelos “ñadis”.

El desarrollo de un proyecto de drenaje, implica la mayoría de las veces, una serie de cambios y alteraciones al medio circundante, inherentes a una habilitación de suelos. Muchos de estos cambios son esperados, la disminución del agua permite que el aire pueda penetrar más fácilmente en el suelo y quedar disponible para las plantas, sin embargo, mejorar estas condiciones de aireación implica que el agua estará más difícilmente disponible para las plantas y por lo tanto, estas deberán realizar un esfuerzo adicional para extraerla. Los cambios en la flora adaptada a este tipo de condiciones y la fauna asociada implica una serie de consideraciones a tener en cuenta al momento de diseñar (o proyectar una obra de drenaje).

En el análisis desde el punto de vista ambiental, los principales efectos de un proyecto de drenaje, están asociados al suelo, al agua, al régimen hidrológico, a la fauna y flora, al paisaje y que obviamente inciden en cambios en el medio sociocultural.

La novena región tiene experiencia, en el proceso de evaluación del SEIA, han ingresado 3 proyectos y los resultados de esta evaluación se pueden resumir en lo siguiente::

- 1) Proyecto de drenaje Fundo Nueva Etruria (Comuna de Gorbea): Consistente en la recuperación de vegas del sector Nueva Etruria, para lo cual se construían drenes y se intervenía el río Mahuidanche y el canal Venegas, fue aprobado técnicamente por la CNR. Ingresado a CONAMA como Declaración de Impacto Ambiental (DIA), rechazado por la COREMA, debido a la falta de antecedentes y por encontrarse en una zona de protección del Huillín. El proyecto no se construyó y perdió la bonificación del Estado.
- 2) Proyecto Cayulfe Maitinco (Comuna de Toltén), para recuperar vegas del mismo nombre, a través de la construcción de drenes, alcantarillas y la intervención en un cauce natural afluente del río Queule. En las alcantarillas se dispuso de válvulas clapetas para evitar la influencia marina del cauce receptor. Aprobado técnicamente por la CNR. Ingresado a CONAMA como DIA. Rechazado en primera instancia por la COREMA, pero acogida la apelación por CONAMA nacional. Se construyó y durante la construcción modificó algunas obras, recibiendo una sanción de Amonestación por parte de la COREMA. La obra se terminó y se encuentra en operación.
- 3) Proyecto Botacura (Comuna de Gorbea), consistente en mejorar la condición de

drenaje del sector Botacura, para lo cual se proponía una intervención en el río Quinque, aprobado técnicamente por la CNR. Ingresado a CONAMA como DIA, fue rechazado en primera instancia por COREMA debido a motivos similares a los de Nueva Etruria.. La apelación no fue acogida, por lo cual, se modificó el proyecto técnico incluyendo una solución distinta, que básicamente implicaba la construcción de drenes paralelos al cauce natural y el compromiso de no-intervención en el. Además se incluía una zona de protección en el río Quinque, fue finalmente aprobado en todas las instancias, se construyó y actualmente esta en operaciones.

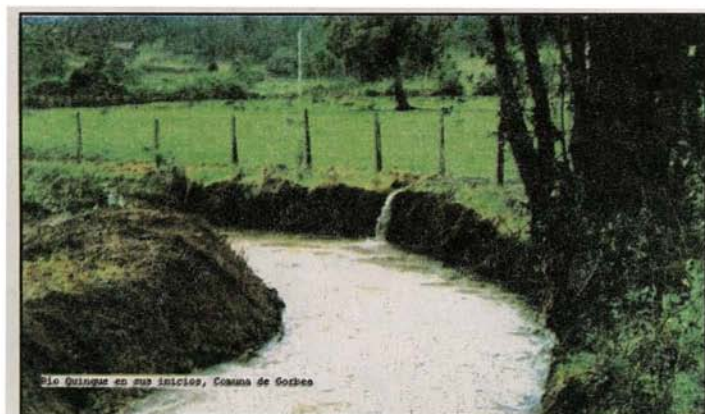
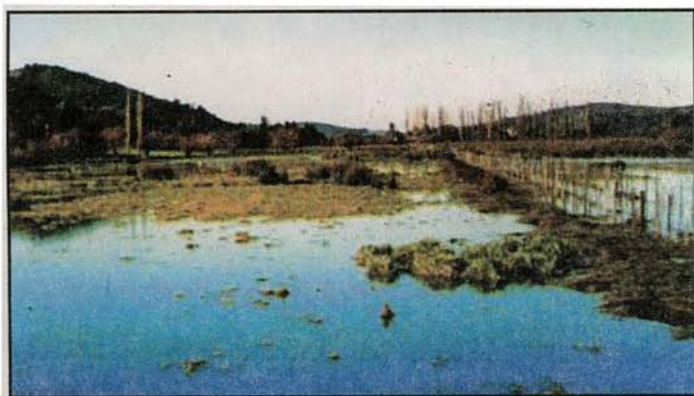
Los procesos de evaluación arrojaron algunas experiencias interesantes de rescatar, por una parte queda claro, que en el futuro las obras que se proyecten deben de considera la variable ambiental previa al diseño definitivo de las obras y por otra parte, esta evaluación debe de considerar las particularidades, no todas las áreas implican ante acciones similares efectos equivalentes en el medio ambiente.

CONSIDERACIONES FINALES:

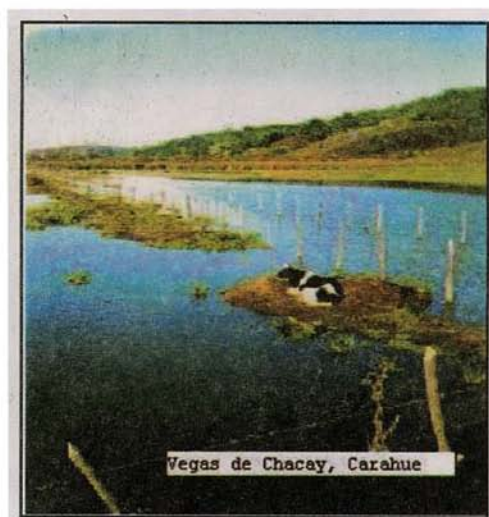
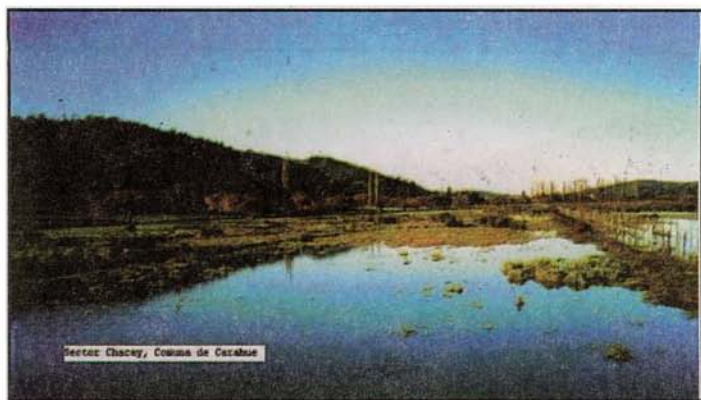
- El drenaje en la IX región tiene particularidades que dificultan el desarrollo de proyectos, en muchas ocasiones, las condiciones que generan áreas de mal drenaje, están dadas por las características de la cuenca o subcuenca donde se encuentra inserta y por ende las soluciones deben considerar la totalidad de esta y no secciones o partes de ella.
- Una Superficie importante de áreas con drenaje restringido de la IX región, tienen como solución técnica, el uso de plantas elevadoras que extraigan el agua desde los drenes para conducirlo a cauce natural receptor, sin esta planta elevadora el drenaje es parcial y deficiente. Pero esta solución tiene un alto costo operativo y no es conveniente en términos económicos, siendo la única alternativa posible la que la unidad productiva considere esta condición de drenaje parcial, manejando adecuadamente las variables hídricas y agronómicas.
- En áreas de suelos planos, el drenaje debe considerar la posibilidad de manejar el recurso durante los meses del periodo estival, es decir, desarrollar un proceso de drenaje controlado, que por una parte evacue los excesos producidos, también sea capaz de utilizar el recurso para realizar riegos subsuperficiales.
- El desarrollo de proyectos de drenaje debe considerar la evaluación de impacto ambiental previo al diseño definitivo de las obras, ya que esta evaluación puede entregar antecedentes o consideraciones que necesariamente deben reflejarse en el proyecto técnico.
- Por las dificultades que implica al Estado invertir en Obras de drenaje, donde la recuperación de la inversión es nula, la priorización debe centrarse en aquellas áreas con gran impacto social. Además considerando lo anterior, continuará la ley de fomento al riego y drenaje como la principal herramienta para invertir en Drenaje.
- Dada la importancia de la ley 18.450 para la inversión en Drenaje, y como el nivel de Estudios previos son significativamente mayores a los de un proyecto de riego, deberá

apoyarse con mayor fuerza la preinversión para estos efectos.

- La región necesita de crear capacidades profesionales, públicas y privadas que entiendan y sean capaces de resolver problemas técnicos en este ámbito y puedan además integrar elementos y diseños ambientalmente sustentables.



Rio Quingut en sus inicios, Comuna de Gorbea





CONCURSOS DE DRENAJE RESULTADOS DE LA LEY N° 18.450

Miguel A. Guajardo R., **Ingeniero Agrónomo**
Comisión Nacional de Riego, Secretario Ejecutivo.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 1986 viene operando la Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje, bonificando proyectos hasta un 75% del costo total. En el caso particular que nos ocupa, para “habilitar suelos agrícolas de mal drenaje”.

Esta Ley es administrada por la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Riego, con el apoyo de las Comisiones Regionales de Riego, las cuales están conformadas por diferentes instituciones, tales como la DOH, el SAG, el INDAP, entre otras.

Para optar a los beneficios de la Ley, se debe presentar un proyecto suscrito por un consultor habilitado. Esta presentación debe ser realizada en la región a la cual pertenece el predio solicitante. Dicho proyecto, para ser admitido a Concurso, debe cumplir con las exigencias indicadas en la Ley, Reglamento y Bases de Concurso al cual postula. Posteriormente, una vez verificado el cumplimiento de dichos requisitos, se ordenan los proyectos de mayor a menor prioridad, en función del costo, aporte del solicitante y número de beneficiarios, de acuerdo con las fórmulas indicadas en el Reglamento.

Los proyectos admitidos a Concurso, pero no bonificados, podrán repostular a un Concurso siguiente, en el cual no se revisará nuevamente el proyecto y sólo se deberá adjuntar la carta de presentación y de porcentaje de aporte del solicitante y aquellos documentos que hayan perdido vigencia.

Otras consideraciones que deben ser tomadas en cuenta, en la aplicación del Programa de Fomento, se refieren a:

- a) Que los proyectos de drenaje a diferencia de los de riego, no pueden acogerse al inicio anticipado indicado en el Art. 4° de la Ley.
- b) Los proyectos de drenaje aprobados se dividen en dos grandes grupos, superficial y subsuperficial, -siendo los costos unitarios de estos últimos equivalentes al doble del de aquéllos-.
- c) Las exigencias técnicas del proyecto de drenaje superficial son menores que para drenaje subterráneo.
- d) Los profesionales especialistas de la CNR responden las dudas que se producen en la realización de los estudios, antes y después de abierto el proceso concursal.
- e) La CNR periódicamente está financiando cursos de preparación de consultores de riego y drenaje.
- f) La CNR también ha financiado revistas y libros especializados en el tema del drenaje y riego.
- g) La CNR ha financiado ensayos y parcelas demostrativas en diferentes lugares del país.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Magnitud del drenaje en el Programa de Fomento

El Tabla 1 muestra los parámetros pertenecientes a los Concursos de drenaje, comparados con el total de proyectos presentados a los beneficios de la Ley de Fomento.

Los datos presentados sobre drenaje corresponden a proyectos de avenamiento tanto superficial como subsuperficial, sin distinción.

El año indicado corresponde al año de Resolución y no al de presentación a Concurso.

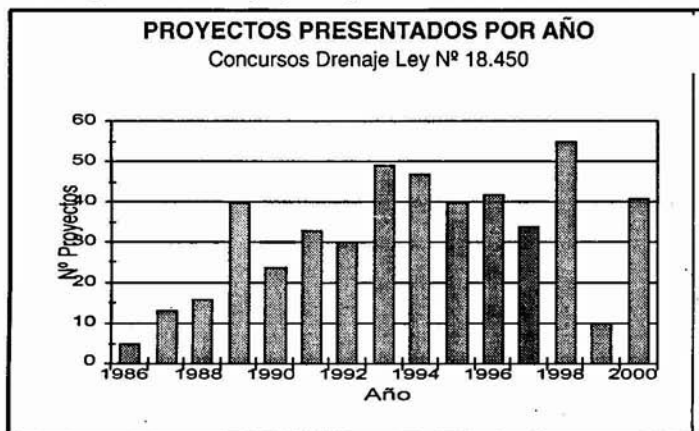
Cuadro 1: Comparación Drenaje v/s Total de Proyectos de Riego y Drenaje (1986-2001).

	Total	Drenaje	(%)
Nº proyectos presentados	12.994	479	3,7
Bonificación disponible (UF.)	9.949.786	809.462	8,1
Bonificación aprobada (UF.)	8.312.327	536.564	6,5
Costo total proyectos (UF.)	15.240.003	896.602	5,9
Superficie beneficiada (há)	900.360	17.842	2,0
Nº beneficiarios	102.514	926	0,9

Desde el año 1986 hasta el año 2000 se ha llamado a 28 Concursos de drenaje de un total de 191 de riego y drenaje llamados por la CNR, correspondiendo a un 14,7% del total.

Evolución de la presentación de proyectos

Cuadro 2: se entrega el número de proyectos presentados a Concurso en cada año.

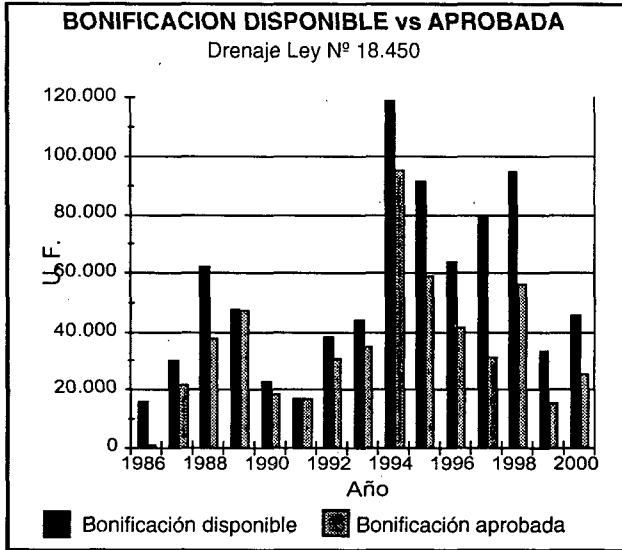


Después de la etapa inicial de aumento en la presentación de proyectos a Concurso, dicho número se estabiliza en torno a los 40 proyectos, repartidos normalmente en un par de Concursos al año. El bajo número de proyectos presentados el año 1999 puede ser consecuencia del período de sequías que aquejaba a todo el país.

Evolución de la bonificación disponible

Los recursos económicos dispuestos por el Estado para fines de bonificación, se presentan en el Tabla3.

Cuadro 3: Bonificación disponible vs Aprobada.



La cantidad de recursos destinados a bonificaciones ha oscilado entre las UF.16.273.- (año 1986) hasta UF.119.629.- (año 1994), presentando una gran variabilidad de año en año, pero se puede ver que a partir del año 1994 comenzó un periodo en que se aumentó considerablemente los montos.

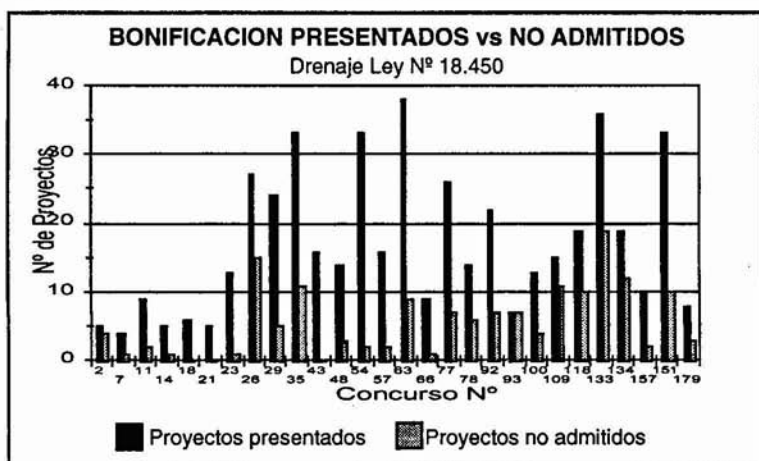
De la Tabla también se desprende que los recursos no son adjudicados en su totalidad, excepto un par de años (1989 y 1991). Esto también sirve como explicación para que en los últimos años, se disminuya la cantidad disponible. En otros casos se explica porque un proyecto con prioridad solicita una bonificación superior al monto disponible, en consecuencia, pasa a considerarse proyecto “no seleccionado” y además, por su ubicación no permite que otros proyectos de menor valor sean bonificados.

Evolución del rechazo de proyectos

a) Proyectos presentados y proyectos no admitidos

En el Tabla 4 se analiza la situación del número de proyectos presentados a concurso en comparación al número de no admitidos.

Cuadro 4: Proyectos Presentados vs No Admitidos



La Tabla presentado demuestra que, invariablemente, parte de los proyectos presentados no son admitidos a Concurso; esta cifra ronda en torno al tercio (32,2% promedio aritmético).

b) Causales de rechazo

El rechazo corresponde al proyecto que no cumple con las exigencias definidas en la Ley, el Reglamento y Bases de Concurso.

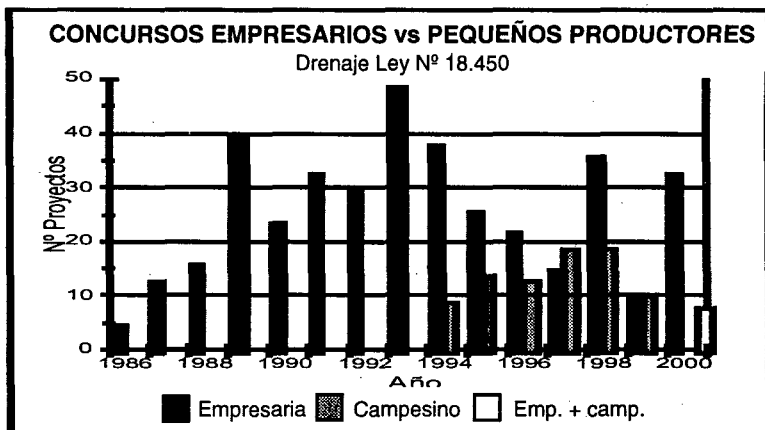
Las causas principales de rechazo son:

- a) Proyectos técnica y/o legalmente incompletos.
- b) Obras sobredimensionadas.
- c) Costos considerados fuera de mercado.
- d) Error en calculo del presupuesto.
- e) Incluir IVA, cuando no corresponde.
- f) Errores en el diseño (origen de la recarga, cálculos hidráulicos, etc.).

Concursos de drenaje y focalización

A partir del año 1993 se decide separar los Concursos entre empresarios y pequeños productores agrícolas. Tal situación se refleja en el Tabla 5:

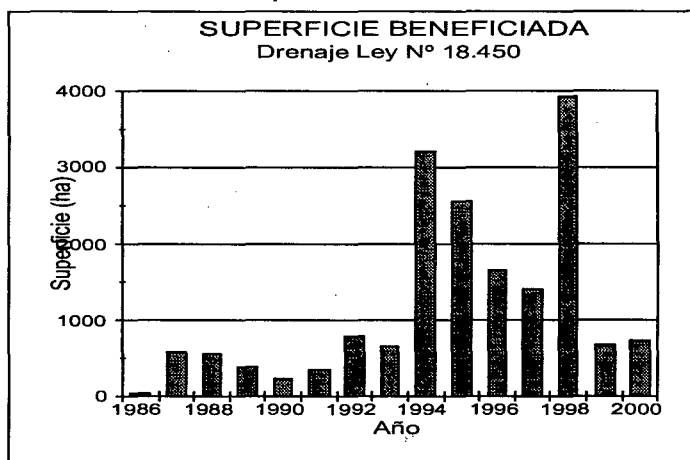
Cuadro 5: Las cifras indican que la cantidad de proyectos presentados es más o menos parecida entre un tipo de postulante u otro.



Se debe indicar también que, frecuentemente, los empresarios agrícolas presentan proyectos subsuperficiales individuales y en contraste con los proyectos colectivos y de drenaje superficial de los pequeños agricultores, que a su vez son apoyados por el INDAP. El número de proyectos presentados por campesinos no supera la veintena anual. Últimamente pueden presentarse juntos a Concurso pequeños agricultores y empresarios medianos. La causa es que el bajo número de proyectos y la disponibilidad de recursos de bonificación no justifican su segregación.

Superficie beneficiada

Cuadro 6: Muestra la cantidad de superficie beneficiada año en año.

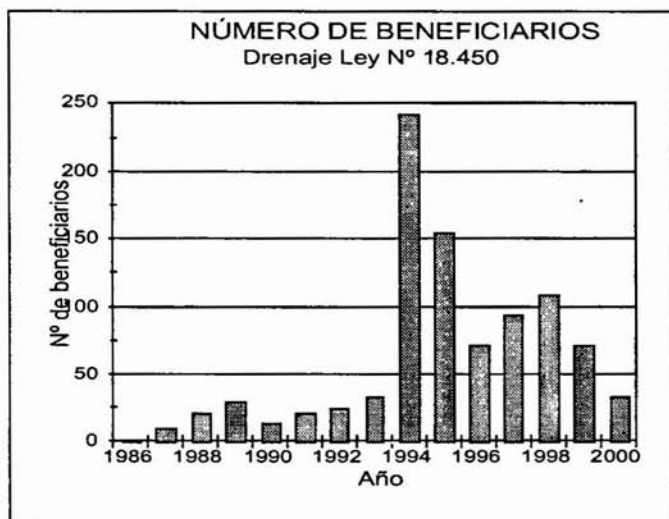


La superficie beneficiada o drenada aumenta considerablemente a partir del año 1994, pasando de unas 500 hectáreas anuales desde el año 1986 hasta 1993, a un promedio de 2.000 hectáreas, a partir del año 1994 hasta el año 1998. El decrecimiento de los últimos años puede explicarse por los años de sequía anterior.

Beneficiarios

A continuación, se muestra se entrega el cuadro 7 con el número de beneficiarios año tras año.

Cuadro 7: Número de Beneficios



El número de beneficiarios guarda directa relación con la superficie beneficiada, es decir, de una veintena de beneficiarios por año hasta 1993; esta cifra aumenta a un centenar por año, promedios aproximados.

CONCLUSIONES

A contar del año 1993, se aumentan los recursos económicos disponibles para la bonificación de los proyectos de drenaje. Esta cifra aumenta de UF.35.000.- a UF.90.000.- promedio aproximados. En los últimos años, esta cifra vuelve a los valores iniciales por falta de demanda.

La CNR reacciona a la mayor o menor demanda de recursos, pero en función de mantener una cierta competencia (concurso).

La CNR fomenta la realización de proyectos de drenaje no sólo mediante la bonificación a través de concursos, sino además, con cursos de preparación de profesionales, publicaciones, parcelas de ensayos, días de campo y charlas.

El mayor número de proyectos presentados a Concurso fue de 55 en el año 1998, con un

promedio de 32 por año aproximadamente.

Un tercio de los proyectos presentados es rechazado, por no cumplir con las exigencias de la Ley, el Reglamento y las Bases de Concurso.

CARACTERIZACION DEL NIVEL FREATICO Y DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN UN SUELO ALUVIAL DE LA DECIMA REGION

Juan Nissen M.

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Austral de Chile.

Casilla 567, Valdivia

E-mail : Jnissen@uach.cl

RESUMEN

En la cuenca del río Calle Calle, Valdivia, se realizó un estudio para recolectar información acerca de las características del nivel freático y del movimiento de agua en un suelo de tipo aluvial. Para ello, se midió la altura topográfica del terreno, la altura topográfica del nivel freático y la conductividad hidráulica saturada subsuperficial del suelo en 210 puntos de observación y sobre un área de 45 hectáreas. Las alturas del nivel freático tienen la misma tendencia que el relieve de la superficie. La malla de escurrimiento indica que existen vías preferenciales para el movimiento del agua en el subsuelo. La conductividad hidráulica presenta una distribución heterogénea y no guarda relación muy clara con el tipo de material depositado por el río. El nivel freático se asemeja a uno de tipo permanente.

INTRODUCCION

En el Sur de Chile existen amplias áreas con problemáticas de drenaje, siendo el más extensivo el concerniente a los suelos denominados ñadis (aprox. 600.000 ha), los cuales por la razón anterior han sido objeto de numerosas investigaciones. Sin embargo, también existe un tipo de suelo menos importante en superficie dentro de la Décima Región, que corresponde a los suelos vega. Sobre este tipo de suelo existe poca información respecto a su extensión y sub-clasificación a nivel regional. Siempre fueron incluidos dentro del grupo «R», junto a todos los suelos con problemas de exceso de agua, y han sido objeto de muy pocos estudios en esta zona. En la provincia de Valdivia se puede sólo estimar su presencia en forma absolutamente aproximada en alrededor de 40.000 ha. Por lo anterior, se propuso recopilar algunos antecedentes preliminares acerca de las características del nivel freático y del movimiento de agua subsuperficial en un suelo aluvial de un río importante de la zona.

MATERIALES Y METODOS.

El presente estudio se realizó en una vega a orillas del Río Calle-Calle, perteneciente a la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile, a 1 km al norte de la ciudad de Valdivia. El suelo está ubicado a aproximadamente 3 m sobre el nivel medio del mar, presenta

una topografía plana a ligeramente ondulada y una textura limo-arenosa de composición mixta, formada por las innumerables depositaciones de sedimentos que han realizado las crecidas del río.

El estudio se realizó sobre una superficie de aproximadamente 45 ha. Todas las mediciones se efectuaron sobre un reticulado simétrico en cuadrado, con distancia entre puntos de 50 metros. El área de estudio quedó cubierta con una malla de 210 puntos de observación, los cuales mediante el apoyo de mediciones topográficas fueron materializados con estacas en el terreno.

Sobre cada uno de estos 210 puntos estacados se realizaron las siguientes mediciones: Altura topográfica del terreno, altura topográfica del nivel freático en el suelo (ambas mediciones realizadas con instrumental topográfico) y conductividad hidráulica saturada del subsuelo, mediante el método del agujero con barreno (Millar, 1978). El nivel freático se midió dentro de los agujeros excavados con barreno (o mini-pozos), como también sobre la superficie del suelo, según como se presentara.

Con esta información se confeccionaron las siguientes figuras: Plano topográfico con curvas de nivel de la superficie del terreno; representación topográfica tridimensional de la misma; plano con curvas de nivel para las alturas del nivel freático y su representación tridimensional; malla de escurrimiento (con las líneas de flujo y equipotenciales) y un plano de la distribución de la conductividad hidráulica saturada subsuperficial en el área de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION.

En las Figuras 1 y 2 se presenta el plano topográfico con curvas de nivel cada 0,3 m y una representación tridimensional del área estudiada. En ambas figuras se observa claramente la presencia de ondulaciones ó cunetas naturales con dirección descendente hacia el nor-poniente. Las pendientes fluctúan entre 0,2 y 2%, aproximadamente .

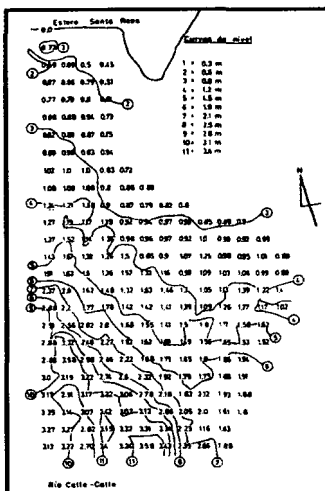


Figura 1: Plano topográfico del área, con curvas de nivel cada 0,3 m.
Topographic map of area, with level curves every 0,3 m.

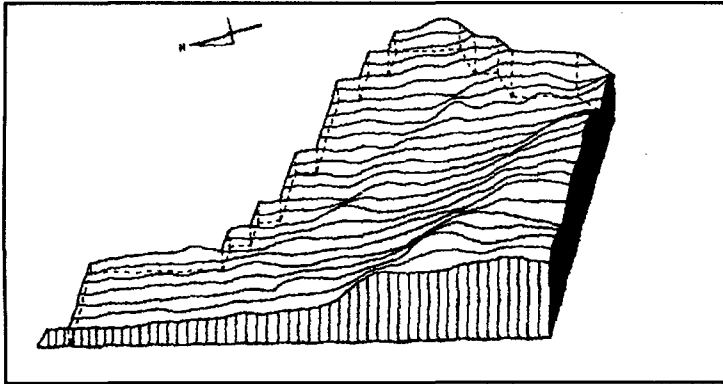


Figura 2: Presentación topográfica tridimensional del área estudiada.
 Three-dimensional topographic representation of studied area.

El punto topográfico más alto del terreno está a 3,58 m sobre el nivel referencial del estero Santa Rosa, que tiene prácticamente la misma cota que el río Calle-Calle. El sector más alto, cercano al río Calle-Calle, corresponde principalmente a depositaciones de arena por parte del río. La arena, por constituir la fracción más pesada de los materiales arrastrados en suspensión por la corriente del río, es la primera en sedimentar ante una reducción de la velocidad de las aguas. Por esta razón es el material que más se deposita durante una crecida, localizándose de preferencia en las cercanías de la ribera. El material más fino como limo y arcilla, es depositado en menores cantidades más alejado del lecho.

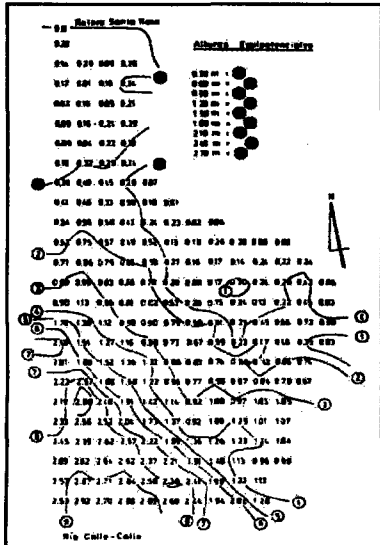


Figura 3: Altura del nivel freático respecto al nivel del estero en todos los puntos observados y el recorrido de algunas líneas equipotenciales (25/11/1984).

Water table hight related to week level at all observation points, and the course of some equipotenciañil lines (25/11/1984).

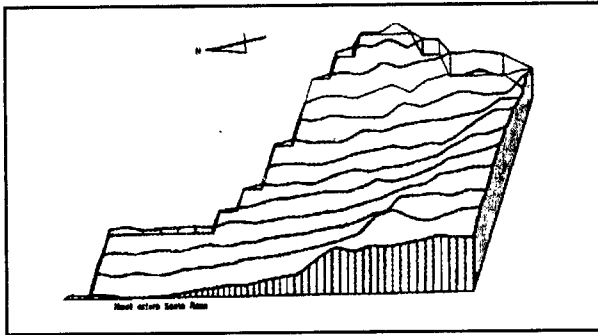


Figura 4: Representación tridimensional del nivel freático en el suelo (fecha: 25/11/1984).
Three-dimensional representation of soil water table (date: 25/11/1984).

En las Figuras 3 y 4 se presentan las alturas del nivel freático en el suelo con respecto al nivel de agua en el estero Santa Rosa, para todos los puntos de observación y la representación tridimensional del mismo, respectivamente. En la Figura 3 es posible observar líneas equipotenciales cada 0,3 m, que muestran una distribución muy similar a las curvas de nivel correspondientes a la superficie del terreno (Figura 1), es decir, con una tendencia descendente hacia el nor-poniente. El nivel freático puede ser considerado de tipo permanente, ya que se cumplen casi todas las siguientes condiciones: a) en los agujeros practicados en el suelo, el agua se llenó con velocidades y hasta niveles de reposo similares; b) existe una relación, aunque no del tipo vaso comunicante, entre el nivel freático y el sistema hidrológico cercano; c) de existir un estrato impermeable, éste debe estar localizado a una profundidad superior de 1,3 m .

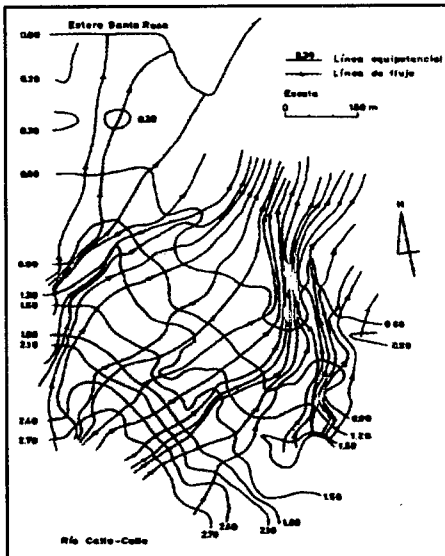


Figura 5: Malla de escurrimiento, con líneas equipotenciales cada 0,3 m y algunas líneas de flujo (fecha: 11/11/1984)

Flow net, with equipotentials every 0,3 m and some stream lines (date: 11/11/1984).

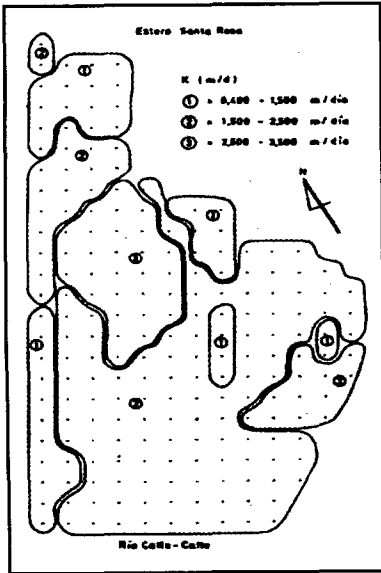


Figura 6: Distribución de la conductividad hidráulica saturada subsuperficial, según rangos seleccionados (25/11/1984)
saturated hydraulic conductivity of subsoil, according to selected ranks (25/11/1984)

La Figura 4 ilustra el relieve del nivel freático en el suelo en forma tridimensional. Aquí se observa claramente que se vuelven a repetir las ondulaciones con tendencia descendente hacia el nor-oeste comentadas para las curvas de nivel de la superficie del terreno (Figura 2). En este sentido, la forma del nivel freático guardaría más relación con la geomorfología de la superficie que con sistema hidrológico más cercano, que corresponde al nivel de aguas en estero Santa Rosa y del río Calle-Calle. El nivel freático manifiesta la tendencia de permanecer paralelo a la superficie del suelo.

A partir de la Figura 3 es posible construir la malla de escurrimiento, que es la representación gráfica de la distribución de los potenciales hidráulicos, los gradientes y las direcciones del flujo del agua dentro del suelo. En la Figura 5 se presenta la malla de escurrimiento, con algunas líneas de flujo trazadas durante la época de noviembre. En esta figura es posible observar, que en el sector estudiado, dada la distribución de las líneas equipotenciales, el agua subterránea fluye principalmente en dirección del estero Santa Rosa, siguiendo el gradiente topográfico. Además, es posible distinguir la existencia de vías preferenciales para el movimiento del agua. El lado cóncavo de una línea equipotencial concentra las líneas de flujo, generando gran desplazamiento de agua en ese lugar. En el diseño de sistemas de drenaje esto último es de gran importancia. Para que un dren funcione en forma eficiente, debe tener una orientación tal, que permita interceptar lo más perpendicularmente posible estas líneas de flujo, sobre todo en los lugares con mayor densidad de estas líneas. Por lo tanto, sectores de este tipo son importantes de considerar y deben ser aprovechados al máximo al diseñar redes de drenaje.

En la Figura 6 se presenta la distribución de la conductividad hidráulica saturada subsuperficial del área de estudio. La mayor parte de esta superficie posee una conductividad hidráulica rápida (1-10 m/día), de acuerdo a la clasificación de Thomasson (1975). Se puede observar además, que la distribución de esta característica del suelo está poco relacionada con los tipos de materiales sedimentados por el río. De acuerdo a estos últimos, el sector más arenoso, ubicado en las cercanías del lecho del río Calle-Calle, debería presentar las conductividades hidráulicas más altas y aquel más alejado del río, las más bajas. Estos valores medidos aparentemente no tienen un efecto muy marcado sobre la nivelación hidrostática del nivel freático. En un estudio aparte, se trató de observar la influencia de los cambios de marea del estero Santa Rosa sobre la altura del nivel freático del suelo adyacente. Una diferencia de altura de 35 cm en el nivel del estero por efecto de marea, hizo fluctuar el nivel freático 15 y 2 cm a 25 y 125 m de distancia horizontal desde la ribera, respectivamente.

LITERATURA CITADA.

- MILLAR, A. 1978. Drenagem de Terras Agrícolas: bases agrônômicas. Mc. Graw-Hill do Brasil Ltda. Sao Paulo. 276 p.
- THOMASSON, A. 1975. Soils and field drainage. Adford. Harpenden, England. 80 p.

SISTEMAS Y ALTERNATIVAS DE DRENAJE A APLICAR EN EL CENTRO-SUR DE CHILE.

Roberto Daroch P. Ing Agr. Msc.
Profesor Titular y Consultor MOP
Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos
Universidad Austral de Chile
Casilla 567
E-mail : rdaroch@uach.cl

GENERALIDADES

Considerando la definición aceptada en la Ley 18.450 que establece: “ las obras de drenaje son aquellas construcciones y elementos destinados a evacuar el exceso de aguas superficial y subsuperficial de los suelos “ y dadas la variedad de causas que provocan esta anomalía, se hace necesario el análisis de algunos sistemas, y mezcla de ellos, que pueden constituir una serie de manejos, construcciones e instalaciones, que permitan la solución mas adecuada al problema de drenaje, en las condiciones particulares que se pueden presentar en la zona Centro-Sur de Chile.

Causas del problema en la zona .-

Los problemas de drenaje se originan por:

- la naturaleza de la recarga de agua
- las características internas del suelo
- y la característica topográfica de la zona.

De la recarga

En términos generales, la recarga de agua que causa el problema de mal drenaje puede ser originado por lluvia, por riego, por filtraciones, etc.... o por una combinación de estas causales.

Sin lugar a dudas, en la zona centro sur de Chile, la recarga por agua se produce a causa del alto monto de precipitaciones que ocurren principalmente durante el período otoño-invernal, durante el cuál la evapo-transpiración es excedida.

De aquí que, para iniciar un buen estudio de factibilidad de obras de drenaje, es necesario contar con estadísticas pluviométricas que hayan sido recopiladas en alguna estación meteorológica cuyas características climatológicas sean lo más similares posible al lugar de estudio en cuestión.

Es necesario recordar que, en el sur de Chile, no siempre una estación meteorológica geográficamente más cercana a un lugar, establece una mayor similitud climática con este lugar a tratar.

Así, en base a un buen registro pluviométrico se puede estimar la cantidad de agua llovida diariamente y la frecuencia de ocurrencia, o períodos de retorno de éstos.

De los suelos

Sin embargo, el sólo exceso de lluvia no causa el problema de mal drenaje. Es así que propiedades físicas del suelo como la permeabilidad y en especial los parámetros de velocidad de infiltración y conductividad hidráulica establecen condiciones que agravan el problema.

Sin perjuicio de lo anterior, en esta zona se pueden presentar situaciones que, aun cuando los suelos acusen velocidades de infiltración y conductividad hidráulica de valores adecuados, se presentan sectores de anegamiento. Estas condiciones se pueden deber al tercer factor mencionado, una topografía inadecuada, que puede o no ir acompañada de presencia de horizontes cementados. Este último es el caso típico de los suelos llamados Nadis.

De la topografía

Los dos factores ya mencionados son de gran importancia, tanto para dimensionar el problema, como para proyectar su posible solución. Pero, con la tecnología y las condiciones agrícolas actuales nos es impracticable modificar ambas características.

Sin embargo, esta tercera condición, que si bien podría parecer secundaria es la que físicamente puede ser modificada, tanto mediante la construcción de ductos que permitan la evacuación gravitacional del agua en exceso, como la nivelación de la superficie del suelo, si las condiciones topográficas establecen un gradiente hidráulico adecuado. Pero pueden presentarse situaciones en que la instalación de sistemas de bombeo mecanizado sean indispensables si la posición del o los ductos evacuadores impiden el normal curso de las aguas.

Es claro que la selección del o los sistemas a considerar estará determinada en una primera condición por los tres parámetros indicados, pero el costo que origine cada sistema factible, será el factor de decisión final.

Sistemas probables

Los sistemas de drenaje que se podrían aplicar podrían ser los que se detallan a continuación:

- el sistema de aradura
- la nivelación del suelo
- la construcción de drenes topo
- la excavación de zanjas abiertas
- la construcción de drenes tapados
- instalación de tuberías

Sistema de aradura.

En las áreas planas a menudo se presentan sectores de empozamiento del agua debido a la costumbre generalizada de realizar las araduras en forma repetida, usando el sistema de aradura llamado “en troya”. Con el transcurso del tiempo, y la repetición de este sistema, se irá formando una depresión en el centro del potrero y una acumulación de suelo en los límites.

Este efecto negativo puede ser obviado, ya sea usando un sistema de aradura alternado “abriendo-cerrando” si se ara con arados corriente, que voltean el suelo hacia la derecha solamente, o también usando el llamado arado “de vuelta y vuelta”, que permiten voltear el suelo ya sea a la derecha o a la izquierda, a voluntad.

Nivelación del suelo.

Para minimizar los efectos de un microrrelieve defectuoso, pueden realizarse labores de micronivelación mediante el uso de rastrones de madera, los que si están bien contruidos permitirán realizar un trabajo altamente satisfactorio.

Si la profundidad del suelo lo permite, es posible realizar labores de nivelación de cierta consideración. Aún cuando esta modalidad requiere un análisis edáfico y topográfico muy exhaustivo, dado el alto costo que implica.

Construcción de drenes topo.

Si las características físicas del suelo lo permiten, es posible considerar la construcción de un sistema de dren topo o “camahueto”. como se denomina habitualmente en la región.

La principal propiedad del suelo condicionante al éxito de esta labor es la cantidad de arcilla presente en el subsuelo. En general, se estima que un suelo con un porcentaje de arcilla igual o superior al 50 %, a la profundidad de l dren sea construido, sería adecuado para ser aplicado este sistema.

Otra condición de gran importancia es la oportunidad de la operación, en relación al contenido de humedad del suelo en el momento de construir el sistema. Un suelo con exceso de humedad establecerá un inmediato flujo al interior del tubo, provocando el desmoronamiento de éste al no estar aún consolidado. Por otra parte, si se realiza la operación en condiciones de suelo muy seco, la falta de plasticidad de éste impedirá la formación de un tubo de paredes estables, que permitan una vida útil adecuada, más de 4 años.

En definitiva, este es un sistema que, aún cuando su costo de relativamente bajo, la incertidumbre que establece es bastante alta.

Es necesario considerar además, que si bién el topo puede ser establecido como dren primario, su descarga debe estar dirigida a un dren receptor secundario, que puede ser de tipo abierto o tapado.

Excavación de zanjas abiertas

La excavación de zanjas constituye un sistema de drenaje en sí, pero también forma parte de sistemas integrados como ser topos, drenes tapados o tuberías.

Este sistema es el más utilizado en esta zona, en parte por el costo, por la facilidad de construcción, mantenimiento y por último, por tradición, ya que la mayoría de los sistemas de drenaje construidos en el pasado, han sido confeccionados bajo este sistema.

El mayor inconveniente que presenta, se debe a que divide la superficie de trabajo, a veces en forma inconveniente, haciendo que la eficiencia de las operaciones agrícolas se realicen ineficientemente.

Por otra parte, al quedar expuestas las zanjas al acceso de animales, es posible que la destrucción que éstos realizan adquiera características tan graves que sencillamente se impida el libre curso de las aguas. Por lo tanto, es razonable considerar en la construcción de un sistema como éste, la disposición de cercos que eviten este problema.

El diseño de la sección transversal del canal puede ser realizado buscando la forma trapezoidal, procurando la mayor eficiencia hidráulica. Sin embargo, esta forma de excavación no es la más eficiente, desde el punto de vista de la rapidez de trabajo.

Otra forma de considerar la forma trapezoidal es mediante el ángulo de reposo del suelo. Este criterio permite, para el caso de nuestros suelos, taludes con pendientes de 5:1 o más, pudiendo ser posible la construcción de canales con paredes verticales, sin perjuicio de la estabilidad de éstas.

Con un diseño como éste se facilita enormemente el trabajo de excavación y se disminuye el ancho efectivo del canal, cuando la profundidad éste es considerable.

Construcción de drenes tapados

Para evitar el inconveniente antes mencionado y contar así con una disposición superficial eficiente que permita lograr un buen manejo administrativo, se puede optar por la construcción de drenes tapados. Ésto puede realizarse mediante la excavación de una zanja con dos secciones de ancho diferente. La inferior de un tamaño adecuado para la buena conducción del agua a evacuar y la superior de un ancho mayor, destinada a alojar en su fondo el material que sirva para tapar el ducto de conducción de agua y a ser tapada nuevamente con el suelo antes extraído.

El material usado tradicionalmente como tapa han sido rajones de madera resistentes a la humedad, los cuales han ido escaseando con el correr del tiempo y, en consecuencia, ha aumentado el costo de esta modalidad.

Drenaje con tuberías

Una modalidad de ducto de drenaje que ha ido adquiriendo mayor popularidad ha sido el uso de tuberías de plástico, especialmente el PVC. La modalidad de tuberías corrugadas, con perforaciones, permite capacidades de conducción adecuadas a un costo que ha

disminuido con el correr del tiempo y un abastecimiento de material de mayor disponibilidad.

Con el fin de estabilizar, tanto el flujo de agua como la excavación en sí, es conveniente, a veces considerar materiales envolventes a la tubería. Estos pueden ser tan variados como gravas de distinta granulometría, materiales sintéticos, como el geotextil o materiales orgánicos, como paja, viruta de madera e incluso un vegetal tan abundante en estos terrenos como la quila.

OBRAS ANEXAS

Dado que en el sur de Chile es generalizado el uso, tanto agrícola como pecuario del suelo es indudable que la construcción de cercos que permitan aislar las zanjas abiertas es un ítem que debiera ser considerado en una obra de drenaje que incluya zanjas abiertas. Además, la construcción de pequeños puentes o alcantarillas debiera ser también considerada en este tipo de instalación.

Por otra parte, dado que no sólo los suelos categorizados como ñadis se encuentran infestados de bosquetes, las labores de limpieza y destronque previo, tanto del terreno como de los cauces naturales a usar como evacuadores del agua drenada, debieran tener una consideración en la proyección y ejecución de la obra.

Estructuras de salida, de conexión e inspección tienen importancia en la medida que las características del suelo y del sistema a utilizar lo establezcan. Por ejemplo: estructuras de salida a drenes secundarios, o colectores en suelos con base pedregosa no justifican obras de defensa a la erosión, que sólo encarecen el sistema.

Caso de las zonas inundadas

Casos de especial consideración son la áreas inundadas a causa de fenómenos tectónicos como el terremoto de 1960, que se presentan en zonas bajas, cercanas a la costa: ríos Toltén, Mehuín, Bueno, y cuenca del Calle-Calle. En el futuro, será quizás interesante considerar la recuperación de partes de estas áreas mediante la construcción de muros de contención con esclusas que contengan el ingreso de las aguas durante las etapas de marea alta y permitan la evacuación del agua durante la baja mar. Muchos de estos terrenos son actualmente utilizados sólo en un corto período de verano, en circunstancias que este tipo de obras podrían ampliar su etapa de producción a primavera y parte del otoño.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. 1980 Agricultural Engineers Yearbook. p 444-481.

CULPIN, CLAUDE. 1969. Farm Machinery. Crosby Lockwood & Son, Ltd. 788 p.

MILLAR, AGUSTIN A. 1978. Drenagem de terras agrícolas. Bases Agronómicas. Sao Paulo. McGraw-Hill do Brasil. 276 p.

ORTEGA, C. L. 1996. Drenaje de suelos ñadis. INIA- Remehue; Comisión Nacional de Riego. Cartilla Divulgativa.

SALGADO S., LUIS G. 2000. Manual de Estádares Técnicos y Económicos para Obras de Drenaje. Ministerio de Agricultura, Comisión Nacional de Riego, Chile. 314 p.

PROPIEDADES QUE CARACTERIZAN A LOS SUELOS FORMADOS EN CONDICIONES DE EXCESO DE AGUA

Walter Luzio L., Wilfredo Vera E., Carlos Benavides Z. y Manuel Casanova P.
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

INTRODUCCIÓN

Los suelos formados en condiciones de saturación con agua, o bien que se encuentran saturados con agua en la actualidad, normalmente están asociados a relieves planos o casi planos o bien a los sectores más deprimidos del paisaje. Sin embargo, la definición de ellos no parece tan simple a causa de la diversidad morfológica y conceptual que presentan estos suelos con exceso de humedad. La literatura contabiliza los siguientes términos para estas áreas: pantano, marisma, ciénaga, fangal, fangar, marjal, medanal, humedal, turba, turbal, turbera, lodazal, paddy soils, bofedal, ñadi, suelos hidromórficos y también áreas inundadas. La dificultad en asignarles una definición precisa radica en que constituyen áreas localizadas entre los sistemas acuáticos y los sistemas terrestres y que, por lo tanto, frecuentemente, poseen propiedades de ambos. Es decir, presentan una gradiente de humedad o de exceso de agua desde las áreas elevadas claramente definidas hasta los sistemas acuáticos, pasando por áreas húmedas que no están permanentemente inundadas.

En lo que parece existir acuerdo entre los diversos autores es que estas tierras inundadas tienen en forma característica una vegetación hidromórfica. Sin embargo, este acuerdo desaparece cuando se aproxima a los límites entre estas áreas saturadas y las áreas de las partes altas secas (Reddy *et al.*, 2000).

Un concepto diferente es el de suelos con mal drenaje. Según Lozet y Mathieu (1990) “el drenaje corresponde a la eliminación del exceso de agua desde suelos demasiado húmedos ...”, por medios artificiales sean éstos sistemas abiertos o tapados. En cambio, el drenaje natural de los suelos está relacionado con propiedades tales como la textura, la estructura, la posición y dirección del nivel freático y la presencia eventual de un substrato impermeable. De esta manera, el término mal drenaje se puede utilizar en forma amplia para incluir desde suelos moderadamente bien drenados hasta suelos muy pobremente drenados (Luzio, 1989).

Sean cuales sean las definiciones o aproximaciones sobre las tierras inundadas o los suelos con mal drenaje, el exceso de agua en los materiales edáficos por períodos prolongados imprime en el suelo ciertos rasgos y propiedades que les son característicos y que los identifican en la mayor parte de los casos. Sin embargo, la resiliencia de los suelos puede variar considerablemente dependiendo de los materiales de origen, de los

procesos pedogénicos que han ocurrido y del entorno ecosistémico; por lo tanto, en este trabajo se analizan las condiciones generales de mal drenaje y los rasgos pedogénicos que ellos generan, pero también se discuten casos de suelos especiales, en particular, de aquellos que son significativos en la IX y X Región de Chile.

CONCEPTUALIZACIÓN

Según Van Diepen (1985), los suelos con mal drenaje se pueden considerar con dos visiones diferentes: un concepto genético y un concepto utilitario. La aproximación genética involucra a un suelo que se ha formado bajo condiciones de exceso de agua, lo que implica la existencia de condiciones reductoras marcadas que han afectado al suelo por períodos prolongados en el pasado y que pueden estar afectando la pedogénesis actual. Como resultado de estas condiciones de reducción el suelo presenta rasgos morfológicos definidos que han sido asociados a las condiciones de mal drenaje tales como los moteados y los colores grises. De esta manera, por la sola descripción de estos rasgos en el campo se puede deducir que en la formación del suelo han estado involucrados procesos hidromórficos acompañados de reducción.

La aproximación utilitaria quiere evidenciar a un suelo que está sujeto a períodos de excesiva humedad de tal manera que su uso se ve afectado. Desde este punto de vista, no interesa cuáles sean los rasgos que caracterizan a los suelos ni tampoco cuales son sus propiedades, sino solamente interesa el período de duración de la saturación, la intensidad del fenómeno y en que época del año se produce, para así poder planificar en mejor forma la utilización del suelo.

La utilización de ambos conceptos separadamente puede llevar a interpretaciones erróneas, partiendo del principio que los suelos no se pueden interpretar a través de factores simples. De esta manera, existen suelos que tienen mal drenaje y que permanecen inundados por períodos prologados a través del año y que no presentan evidencias de mal drenaje, tales como moteados o colores grises, como ocurre en los suelos derivados de materiales volcánicos (Luzio, 1989). En la situación opuesta, existen suelos formados en planos de inundación aluviales con claros rasgos de procesos hidromórficos pero que se encuentran artificialmente drenados y por lo tanto no están saturados por períodos prolongados, de tal manera que el uso agrícola de estos suelos no se ve afectado; sólo mantienen rasgos relictos de los procesos pedogénicos hidromórficos. El Soil Survey Staff (1999), especifica que los suelos que pertenecen a los subórdenes "Aquic" tienen condiciones ácuicas en alguna época del año o están *artificialmente drenados* con lo cual se reconoce la presencia de rasgos de hidromorfismo sin que, en la actualidad, el suelo se encuentre saturado con condiciones reductoras.

Alteración de las propiedades de los suelos por efecto del exceso de agua

La saturación puede producir diversas modificaciones de carácter físico y químico en los suelos (Reddy *et al*, 2000):

- a) Los materiales edáficos se sueltan como resultado del debilitamiento de las uniones que mantienen la estabilidad de los agregados. La consecuencia de este efecto físico es que se facilita la penetración de las raíces de las plantas adaptadas a estas condiciones, como sucede con el cultivo del arroz. El suelo saturado es más fácil de manipular, pero su traficabilidad disminuye. Desde el punto de vista estructural, la mayor parte de los agregados no son visibles y por lo tanto, se describe un grado de estructura maciza.
- b) La saturación altera el balance calórico del suelo, aumentando la absorción de calor a causa de un aumento de la capacidad térmica lo cual, sumado a una mayor evaporación, determina que los suelos sean localmente más fríos.
- c) A causa de la saturación o más bien la inundación, la densidad aparente del suelo normalmente disminuye en comparación con la de un suelo no inundado, fenómeno que se asocia a la destrucción de los agregados.
- d) La saturación produce la reducción de varias especies químicas, así como el mejoramiento del drenaje puede resultar en la oxidación de compuestos que se encontraban reducidos (Benavides y Casanova, 1989). Es necesario considerar que un suelo en posición elevada puede transformarse en un terreno saturado como resultado de lluvias excesivas, de la elevación del nivel freático o bien de una elevada demanda biológica de oxígeno. Son varios los componentes que están sujetos a la oxidación y a la reducción, tal como se aprecia en la Figura 1.
- e) Las reacciones de oxidación y de reducción generan cambios visibles que se pueden observar en el terreno. La excepción puede ser la reducción del oxígeno que no produce rasgos directamente, pero indirectamente contribuye a la acumulación del carbono orgánico, el cual si produce una serie de modificaciones en el suelo (Vepraskas and Sprecher, 1997).
- f) La reducción por saturación puede producir colores negros cuyo origen se encuentra en el C, Mn y los monosulfuros (Fanning et al., 1993). Estos cambios de color usualmente persisten y, por lo tanto, no es necesario estar presente en el mismo momento en que la reducción de produce.

Suelos bien drenados aeróbicos		Suelos mal drenados anaeróbicos	
O	O ₂	R	H ₂ O
X	NO ₃	E	N ₂ ó NH ₄
I	Mn ⁺⁴	D	Mn ⁺²
D	Fe ⁺³	U	Fe ⁺²
A	SO ₄ ⁻²	C	S ₂
D	CO ₂	I	CH ₄
O	PO ₄ ⁻³	D	PH ₃
S	H ₂ O	O	H ₂
		S	

Figura 1. Estado en el que se encuentran los elementos más importantes del suelo en condiciones reducidas y oxidadas.

Regímenes de humedad de los suelos (Soil Survey Staff, 1999)

El término “régimen de humedad de los suelos” se refiere a la presencia o ausencia de un nivel freático o de agua retenida a tensiones inferiores a 1500 kPa (potencial mátrico superior a -1500 kPa) durante períodos del año. De esta manera un suelo (o un horizonte) se considera seco cuando el agua se encuentra retenida a tensiones de 1500 kPa o más y se considera húmedo cuando el agua está retenida con tensiones inferiores a 1500 kPa pero superiores a cero. El régimen de humedad de un suelo constituye una propiedad importante pues es determinante en los procesos que pueden ocurrir en los suelos. De esta manera, los suelos se pueden haber formado en condiciones de climas húmedos y, en la actualidad, se encuentran en regiones áridas.

En la forma en que se define, el régimen de humedad de un suelo es sólo parcialmente función del clima. Así los suelos pueden ser secos, húmedos o saturados dependiendo de la posición que ocupan en el paisaje: es posible que existan suelos húmedos e incluso saturados en zonas áridas o desérticas. Cada régimen de humedad es parte de la historia del suelo y constituye un factor en su génesis y, en consecuencia, puede generar una serie de características accesorias.

Los regímenes de humedad que reconoce Soil Survey Staff (1999) son: ácuico, údico, ústico, xérico y arídico (tórrico). De acuerdo con la finalidad del presente trabajo sólo se discutirán con cierto detalle los regímenes ácuico y údico que son los dos regímenes que se encuentran en los suelos de la IX y X Región de Chile (Van Wambeke y Luzio, 1982).

Régimen ácuico: Un régimen ácuico es un régimen de reducción, en el cual no existe oxígeno disuelto a causa de la interacción de varios procesos acoplados que consumen O_2 bajo condiciones de saturación (actividad microbiológica, raíces activas, etc). Existen algunos suelos que estando saturados con agua al mismo tiempo poseen oxígeno disuelto debido al movimiento del nivel freático. En estos casos se considera que el suelo no tiene un régimen ácuico. Hasta la fecha no se ha podido determinar el tiempo que el suelo debe estar saturado para que el régimen sea ácuico, pero se supone que, al menos, debe ser de algunos días. Existe una gran diversidad de situaciones, desde aquellos niveles freáticos que fluctúan estacionalmente hasta aquellos suelos donde el agua se encuentra en o cerca de la superficie a través de todo el año. Algunos suelos que tienen un régimen de humedad ácuico pueden tener también un régimen xérico, ústico o arídico.

Régimen údico: El régimen údico es común en suelos de climas húmedos que poseen lluvias bien distribuidas. Al menos, el suelo no está seco por tanto tiempo como 90 días acumulativos en años considerados normales. En los climas donde la precipitación excede la evapotranspiración en todos los meses, la tensión del agua en el suelo raramente llega a los 100 kPa y el agua se mueve a través del suelo en todos los meses. A este régimen extremo se le denomina Perúdico y se le puede encontrar en varios suelos del Archipiélago de Chiloé y seguramente en amplios sectores de la XI Región.

Condiciones ácuicas

La diferencia entre el “régimen de humedad ácuico” y las “condiciones ácuicas” es que este último concepto introducido más recientemente, pone énfasis en la presencia de hierro y manganeso reducido, evidenciados en el suelo a través de los rasgos redoximórficos. Si bien es cierto, ambos conceptos son similares y se complementan, algunos autores (Vepraskas and Sprecher, 1997) recomiendan que se utilicen exclusivamente las condiciones ácuicas y que se elimine el régimen de humedad ácuico. Los suelos con condiciones ácuicas son aquellos que corrientemente sufren saturación y reducción continua o periódica, evidenciada por la presencia de rasgos redoximórficos. Al respecto es necesario tener presente a los suelos artificialmente drenados, en los cuales los rasgos redoximórficos que se describan no corresponderán a las condiciones actuales en que se encuentra el suelo. Las condiciones ácuicas consideran los siguientes elementos:

* La saturación, que se caracteriza por una presión cero o positiva en el agua del suelo. Un suelo se considera saturado si la tensión del agua es -1 kPa. La duración de la saturación para crear condiciones ácuicas en el suelo es muy variable, pues depende de las condiciones edáficas locales y por lo tanto no se especifica. Se pueden definir tres tipos de saturación:

Endosaturación: El suelo está saturado con agua en todos los horizontes desde el límite superior de la saturación hasta una profundidad de 2 m o más desde la superficie del suelo mineral.

Episaturación: El suelo está saturado con agua en uno o más horizontes dentro de los 200 cm desde la superficie del suelo mineral y tiene uno o más horizontes no saturados, dentro de la misma profundidad, por debajo de la capa saturada. La zona de saturación, por ejemplo el nivel freático se encuentra “colgado” en la parte superior de una capa relativamente impermeable.

Saturación Ántrica: Este término se refiere a condiciones ácuicas especiales que se presentan en suelos cultivados y regados (riegos por inundación).

El grado de reducción de un suelo se puede caracterizar directamente por la medida de su potencial redox, sin embargo, las medidas precisas del grado de reducción de un suelo son difíciles de tomar. En la práctica se considera que el grado de reducción de un suelo queda bien representado por la reducción del hierro que genera rasgos redoximórficos visibles. Uno de los medios prácticos, de terreno, que permite evaluar las condiciones de reducción de un suelo, consiste la utilización del alfa,alfa-dipiridilo. La aplicación de éste en un agregado recién sacado del suelo, da origen a un color púrpura o rojo intenso que es indicativo de la presencia de iones ferrosos (Benavides y Casanova, 1989).

Los rasgos redoximórficos, asociados a exceso de humedad, son el resultado de períodos de oxidación y de reducción de compuestos de hierro y manganeso. La reducción se produce cuando el suelo está saturado y la oxidación cuando el suelo no está saturado. Las formas reducidas de Fe y Mn son móviles y pueden ser transportadas por agua a través del suelo. La precipitación de estos iones se producirá en zonas aireadas del suelo, teniendo presente que el Mn se reduce más rápidamente

que el Fe, en tanto que el Fe se oxida más rápidamente que el Mn. Estos procesos crean patrones de formas y de color característicos que han sido sistematizados como los rasgos redoximórficos. En caso que exista un flujo neto de agua, ya sea vertical o lateral los iones Fe y Mn reducidos serán removidos desde el suelo y ellos no precipitarán. Cuando el flujo se detiene por disminución del aporte de agua, el Fe y el Mn se pueden oxidar y por lo tanto pueden precipitar formando masas, concreciones duras o nódulos.

Se definen los siguientes rasgos redoximórficos:

Concentraciones redox. - Corresponden a zonas de acumulación aparente de Fe y Mn:

- *Nódulos y concreciones:* son cuerpos discretos cementados que se pueden extraer intactos desde el suelo. Una concreción tiene generalmente una estructura interna concéntrica, que no poseen los nódulos. Los límites difusos de estos cuerpos pueden indicar una formación *in situ* y, en algunos suelos, los límites nítidos pueden indicar rasgos relictos.
- *Masas:* corresponden a concentraciones, no cementadas de componentes, en la matriz del suelo.
- *Recubrimientos en poros:* son zonas de acumulación al interior de los poros.
Empobrecimientos redox.- Son zonas de croma bajo (croma inferior al de la matriz) donde los óxidos de Fe y Mn solos o bien los óxidos de Fe y Mn conjuntamente con la arcilla han sido eliminados. Estos rasgos incluyen:
- *Empobrecimientos de Fe-Mn:* Corresponden a zonas que poseen bajas cantidades de óxidos de Fe y Mn, pero que tienen contenidos de arcilla similares a los de matriz adyacente (albans o neoalbans).
- *Empobrecimientos de arcilla:* Corresponden a zonas que poseen bajos contenidos de Fe, Mn y arcilla (recubrimientos de limo, esqueletanes).
- *Matriz reducida.-* Corresponde a una matriz del suelo que tiene un croma bajo «in situ», pero que sufre un cambio en matiz o croma dentro de los 30 minutos en que el material ha sido expuesto al aire.

En todo caso, la experiencia señala que no es posible asignar un conjunto de rasgos redoximórficos característicos y que sea único para una determinada taxa en cualquier nivel categórico.

INDICADORES DE REDUCCIÓN EN SUELOS MAL DRENADOS

Además de los rasgos redoximórficos ya señalados, también existen otros indicadores de la reducción de los suelos y que se pueden describir en terreno.

Tanto los procesos de reducción como los de oxidación generan en los suelos cambios que son visibles y cuyo origen está relacionado con reacciones que involucran esencialmente al oxígeno, al manganeso, el hierro y el azufre. Los colores rojo, amarillo y gris, se relacionan con los diferentes estados de reducción o de oxidación del Fe. Los

colores negros se deben a la reducción del C y del Mn.

El olor es otro indicador utilizado para identificar las condiciones de reducción. La reducción del azufre (H_2S) genera un olor característico a “huevo podrido” que sólo puede ser apreciado en el momento en que la reducción se está produciendo, por lo tanto no siempre constituye un rasgo confiable. Además, se trata de un indicador que está más asociado a los suelos orgánicos (Histosols), donde puede llegar a ser un proceso de significación.

Los suelos que rara vez han sufrido procesos de reducción, normalmente tienen colores brillantes (croma alto) tales como rojo, amarillo o pardo debido al Fe oxidado que actúa como recubrimiento de las partículas del suelo. Es posible que un mismo suelo e incluso un mismo horizonte presente áreas con colores grises donde el hierro ha sido removido y zonas de color rojo donde el hierro ha sido acumulado (Vepraskas and Sprecher).

Los colores grises pueden deberse al color primario de las partículas del suelo, principalmente el cuarzo y algunos feldespatos. Estos colores no indican condiciones de reducción. El color gris indicativo de reducción corresponde a una zona de “empobrecimiento redox”, desde donde el Fe ha sido removido y que se puede identificar en los matices 2.5Y y 5Y con croma 1, o bien en las hojas de color gley de “Munsell Soil Color Chart” (1998).

Los colores “gley” que corresponden a los matices amarillo-verde (GY), verde (G), verde-azul (BG), azul (B) y azul-púrpura (PB) con cromas inferiores a 2 y valores entre 2.5 y 8. Estos colores provienen de la reducción del Fe y su asociación con S, generando piritita (FeS_2)

RASGOS QUE IDENTIFICAN A SUELOS CON CONDICIONES ÁCUICAS

En la Figura 2 se han esquematizado los rasgos morfológicos más prominentes que permiten identificar a los principales suelos con condiciones ácuicas. Evidentemente se trata de una generalización, pues como se puede apreciar, los suelos se tratan a nivel de Sub Orden, lo cual no permite el detalle que se puede lograr en niveles de abstracción más bajos. También es necesario considerar que varios de esos rasgos se han descrito como alternativos y no como obligatorios, por lo cual se recomienda consultar el texto original (Soil Survey Staff, 1999) si se desea la completa precisión de los conceptos.

CONCLUSIONES

- 1 El exceso de agua de un suelo y el mal drenaje de él, es independiente de la región climática donde se encuentre.
- 2 El origen del mal drenaje puede encontrarse en aspectos geomorfológicos, en horizontes o capas limitantes, en condiciones texturales y estructurales inadecuadas y finalmente, en el mal manejo de las aguas superficiales y subsuperficiales.

- 3 Los suelos con mal drenaje desarrollan rasgos claros y definidos que se pueden reconocer con cierto entrenamiento. Sin embargo, existen dos problemas que no son de fácil identificación: a) hay suelos con mal drenaje que no desarrollan rasgos redoximórficos y b) es necesario identificar si los rasgos que se describen son relictos o actuales.
- 4 Si bien el drenaje de un suelo es un problema puntual, la eliminación del exceso de agua artificialmente puede llegar a ser un problema areal o regional, que afecta a los suelos circundantes, ya sea por exceso de agua o por un desecamiento exagerado, no previsto.
- 5 Finalmente, antes de drenar cualquier suelo, es legítimo hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Es necesario drenar?
- ¿Para que estamos drenando?
- ¿Efectivamente mejorará la aptitud del suelo después del drenaje?
- ¿No será más efectivo, más económico y más práctico aprender a manejar el exceso de agua y los niveles freáticos?

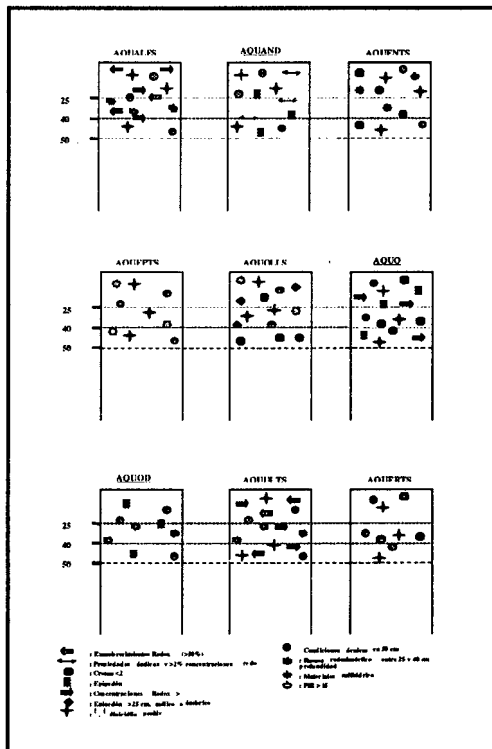


Figura 2: Rasgos que caracterizan a los suelos con régimen ácuico.

LITERATURA CITADA

- BENAVIDES, C., CASANOVA, M. 1989. Dinámica de nutrientes y su disponibilidad en los suelos de drenaje restringido. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Boletín N°9: 122-159.
- FANNING, D.S., RABENHORST, M.C. AND BIGHAM, J.M. 1993. Colors of acid sulfate soils. *In*: Bigham, J.M. and Ciolkosz, E.J. (eds.): Soil Color. SSSA Special Publication N°31, Madison, Wis.:91-108
- LOZET, J., MATHIEU, C. 1990. Dictionnaire de Science du Sol. Technique et Documentation – Lavoisier. F-75384 Paris Cedex 08. Deuxième édition. 384 p.
- LUZIO, W. 1989. Clasificación de los suelos con drenaje restringido. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Boletín N°9: 26-45.
- REDDY, K.R., D'ANGELO, E.M. AND HARRIS, W.G. 2000. Biogeochemistry of Wetlands. *In*: Sumner, M.E. (ed.): Handbook of Soil Science. G-89 – G-114
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. USDA, Natural Resources Conservation Service. Second Edition. Agriculture Handbook N°436. 869 p.
- VAN DIEPEN, C.A. 1985. Wetland soils of the world, their characterization and distribution in the FAO-UNESCO approach. *In*: Wetland soils: Characterization, classification and utilization. Proceedings of a workshop held in Los Baños, Laguna, Philippines. International Rice Research Institute. 361-374.
- VAN WAMBEKE, A., LUZIO, W. 1982. Determinación de los regímenes de humedad y temperatura de los suelos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 42(2):149-159.
- VEPRASKAS, M.J. AND SPRECHER, S.W. 1997. Overview of aquic conditions and hydric soils. *In*: Vepraskas, M.J. and Sprecher S.W. (eds): Aquic conditions and hydric soils: the problem soils. SSSA Special Publication N°50, Madison, Wis.:1-22.

CAMBIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO CON EL DRENAJE

Achim Ellies Sch.

Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos
Universidad Austral de Chile
Casilla 567 Valdivia Chile
E-mail: aellies@uach.cl

INTRODUCCION

El drenaje de los suelos en climas húmedos es una de las medidas de melioramiento físico más antiguas. A esto se debe la gran disponibilidad de investigaciones científicas sobre esta técnica de habilitación. El drenaje altera considerablemente al medio ambiente y modifica las propiedades físicas, biológicas, químicas, la economía y movimiento del agua en el suelo además cambia el espectro de la vida vegetal y animal.

DISCUSION

El término drenaje tiene dos acepciones, por un lado es el movimiento del agua en dirección hacia el agua freática y por otro es bajar artificialmente la cota de este para mejorar las condiciones para el desarrollo vegetal. El objetivo de las medidas de drenaje consiste en incrementar el espacio aireado en el suelo.

El drenaje tienen por objeto facilitar la salida del agua del suelo, acortando los caminos hacia los cursos libres, estas distancias de flujo se acortan con canales o tuberías con poca resistencia al flujo. El drenaje es necesario planificarlo en términos hidrológicos para áreas grandes o hasta el límite de una cuenca. Esta es una de las razones porque los proyectos de prácticas de drenaje se realizan con asociaciones de usuarios (Eggelsmann, 1985).

La eliminación del agua puede ser de una napa freática colgante como la que se observa en los Ñadis o napas permanentes cercanas a la superficie que se observan en vegas y terrazas de ríos. Todas estas medidas tienen por objeto incrementar el aire del suelo. En suelos más densos es más difícil eliminar el exceso de agua, es necesario modificar previamente la estructura. Un cambio estructural altera el movimiento del agua en el suelo, debido a la interrelación entre contenido de agua, secado y densidad aparente (KUNTZE 1965). La generación de la estructura se logra con la aradura profunda y la subsolación. Los drenes topos representan una situación intermedia entre cambios estructurales y la eliminación de agua con drenaje.

El secado del suelo siempre esta acompañado con una contracción o incremento en la densidad aparente. Esto se acentúa en los suelos sin registros de secados previos. Un aumento relativamente mayor en la densidad aparente se produce en suelos más orgánicos (Ñadis), turbosos o minerales formado con sedimentos muy frescos y arcillosos. Los

meniscos de agua que se forman durante el secado cambian la distribución de las tensiones, que son las causantes de la contracción porque la densidad del material orgánico es similar a la del agua (KUNTZE et al. 1988). Estos suelos tienen un alto asentamiento o subsidencia inicial. En turberas o suelos orgánicos esta puede llegar a varios metros. El asentamiento continúa en el tiempo con las labores culturales que favorecen la mineralización biológica de la materia orgánica, la redistribución de las tensiones y el aumento de la densidad aparente (Inicki y Eggelsmann 1977)

La Figura 1 muestra la subsidencia acumulativa después de 50 años producida en dos suelos Ñadis (Frutillar y Huiti) después de su habilitación con drenaje y posterior manejo. Se observa que estos suelos orgánicos moderadamente delgados por subsidencias se transforman en muy delgados. En esta condición un suelo se satura más rápidamente con pequeños eventos pluviales y potencialmente se acentúan las sequías estivales. En estos suelos es necesario conservar el agua en el suelo, es decir clausurar los drenes a inicio de verano o fines de primavera. La Figura 2 es un modelo que muestra la disminución de la capacidad de almacenamiento de agua útil y el incremento del período de la sequía estival en suelos drenados.

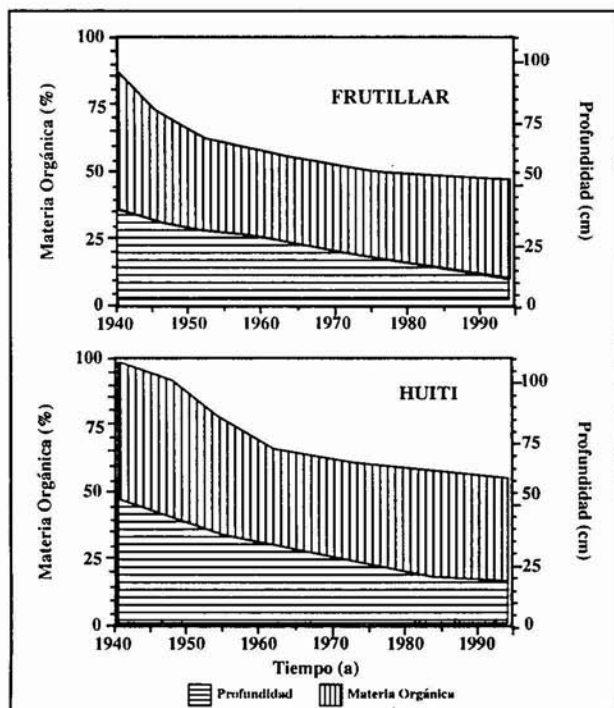


Figura 1: Subsidencia y pérdida de materia orgánica de dos suelos Ñadis después de la habilitación con drenaje

El drenaje artificial de suelos de textura fina acelera el secado, pero este no es efectivo cuando la estructura inicial es muy lábil y queda agua retenida en la microporosidad. En condiciones húmedas esta porosidad incrementa con el amasado del suelo al instalar la red de drenaje. La conductividad hidráulica disminuye considerablemente y la capacidad de drenaje disminuye. En suelos finos que aún no se han contraído, se produce una contracción que da lugar a la formación de grietas y poros secundarios. Con el tiempo la estructura se estabiliza y el suelo llega a tener una adecuada aireación, este proceso se denomina maduración (KUNTZE 1965).

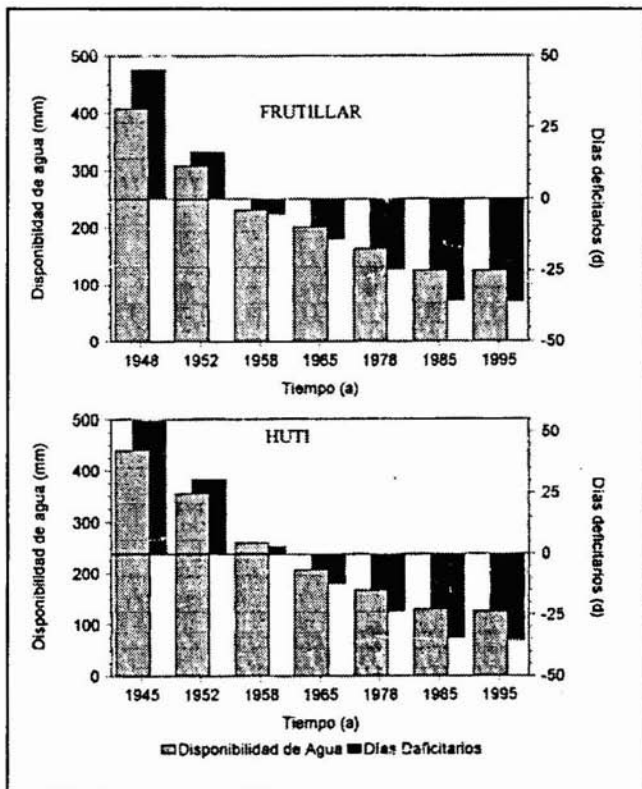


Figura 2: Modelo de disponibilidad de agua aprovechable y días deficitarios de agua durante el estío en el tiempo en dos suelos Ñadis después de su habilitación por drenaje

El tiempo de maduración depende del contenido de arcilla del suelo y la intensidad del secado. La estabilidad de la estructura a una dispersión y/o hinchamiento aumenta con un secado más intensivo. En los suelos muy arcillosos no se logra este secado en el subsuelo, debido a la baja conductividad hidráulica y ausencia de grietas o poros gruesos. Es decir, el drenaje en estos suelos no resulta ser exitoso, previamente debe mejorarse la estructura o la cantidad de macroporos en el subsuelo.

La baja del nivel freático en vegas con el drenaje por lo general es pequeña, porque es necesario disponer de una cota más baja para eliminar el exceso de agua. Cuando la aireación incrementa adecuadamente con el drenaje, como se señala en el ejemplo del lado izquierdo de la Figura 3 este se justifica, pero en el ejemplo al lado derecho de esta figura, el drenaje no logra los objetivos esperados

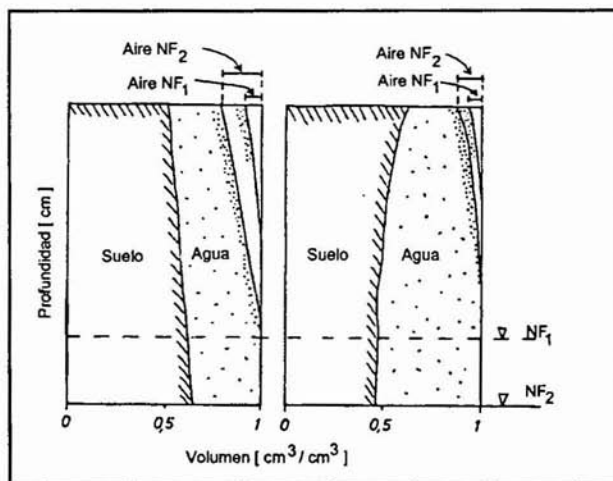


Figura 3: Evaluación de la práctica de drenaje. A la Izquierda aumenta el contenido de aire en equilibrio con el nivel freático (NF), mientras que en el ejemplo a la derecha no se logra un incremento sustancial

La tarea consiste pronosticar si una modificación en la posición de la napa freática mejora la calidad del sitio para la producción vegetal. Como elemento auxiliar se utiliza la curva de retención de agua. Esto se ejemplariza esquemáticamente en la Figura 4 para dos suelos homogéneos.

La distribución del agua en el perfil del suelo se puede dibujar con la ayuda de la curva de retención de agua, asumiendo valores teóricos de equilibrio estático. Esto permite estimar el cambio en el contenido de agua y grado de saturación a partir de la posición del nivel a cualquier profundidad en el suelo. Esto se representa en la Figura 4 que se deriva de la Figura 3 con las áreas de distinto achurado. Por ejemplo al modificar la posición de la napa freática de A_2 a A_1 en el suelo incrementa el grado de saturación

en el suelo superficial. En la práctica equivale a un cambio de las condiciones hidrológicas. El cambio del NF de A_2 a A_3 indica que los cambios se producen en la dirección contraria.

El ascenso de la napa freática en un suelo de textura gruesa no altera en un mayor grado a la capacidad de aireación cuando se incrementa el agua disponible para las plantas. Una baja en el nivel freático podría ser incluso perjudicial.

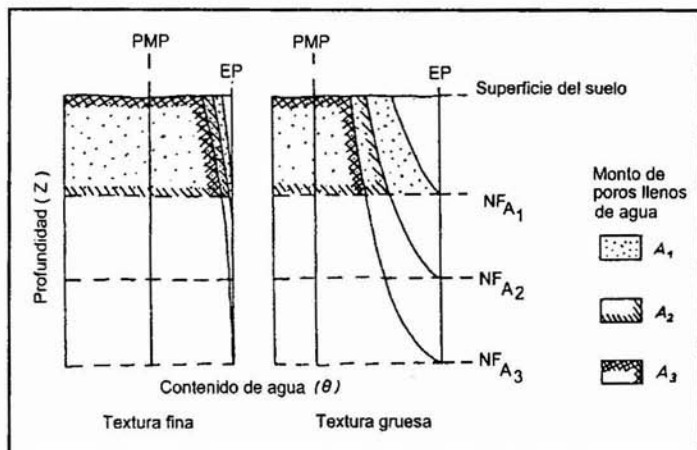


Figura 4: Modificaciones en el contenido de aire en un suelo superficial de textura fina y gruesa al modificar la posición de la napa freática (NF)

En un suelo de textura fina ocurre lo contrario. Un ascenso del NF (de A_2 a A_1), el escaso volumen de aire disminuye aún más, y este es el factor más crítico para el crecimiento vegetal. Un descenso tiene un efecto favorable pero muchas veces la magnitud es de un bajo tenor.

Este pronóstico general se puede mejorar al considerar la heterogeneidad de la estructura del suelo. En vez de una curva de retención de agua, hay que determinar una para cada horizonte pedológico.

Las conclusiones del análisis en la Figura 4 indican que el drenaje podría tener un efecto correctivo en un suelo y no en otro. No es aconsejable en un suelo de textura fina con una sobreoferta de agua, drenar con zanjas o drenes enterrados, salvo cuando la separación entre esta es escasa.

Los suelos de la Cordillera de la Costa de la IX y X Región presentan por lo general una aireación insuficiente, porque tienen una escasa macroporosidad y alta microporosidad, por ende una alta retención de agua sin que se manifieste la presencia cercana de una napa freática. La habilitación de estos suelos con zanjas abiertas, tuberías y dren tipo topo no logra los objetivos esperados. Estos suelos son muy densos y escasamente estructurados por ende la conductividad hidráulica es baja o el drenaje interno es imperfecto, aún cuando el drenaje externo resulta ser adecuado. El incremento en la aireación se logra con la generación de un sistema poroso grueso interconectado. La

subsolación, la aradura profunda o cualquier tipo de resquebrajamiento del suelo en profundidad formando grietas, incrementa la conductividad hidráulica y la oxigenación. Es decir, la formación de terrones es un sistema de drenaje (Figura 5). El incremento de la porosidad se produce con el levantamiento del suelo, es decir al aumentar su volumen o una disminución en la densidad aparente

La estabilidad de los terrones producidos con un resquebrajamiento es efímera cuando el tránsito es excesivo o cuando los suelos vuelven a hincharse. Es necesario adicionar elementos agregantes (ej. materia orgánica) para conservar el estado aireado.

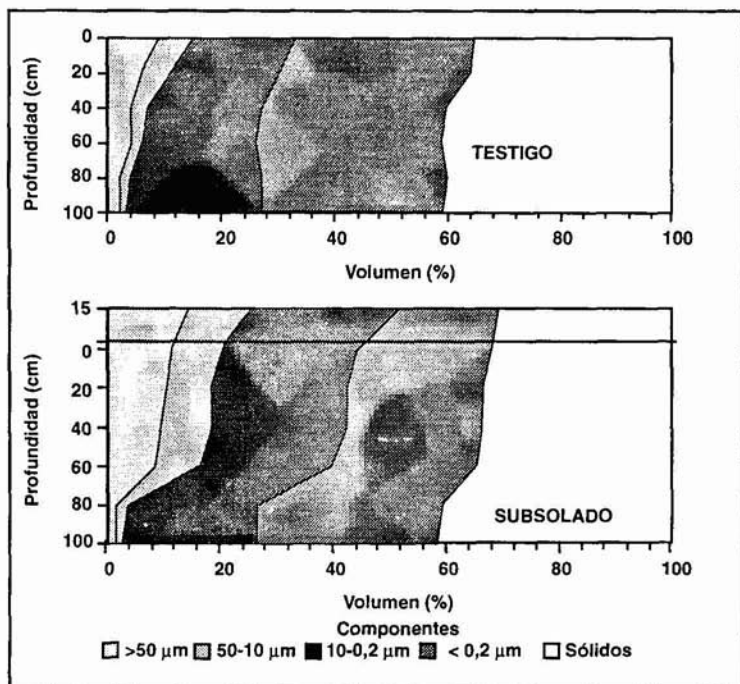


Figura 5: Perfil volumétrico de un suelo Rojo Arcillo subsolado no subsolado

CONCLUSIONES

- * El drenaje favorece la subsidencia del suelo, en los suelos delgados esta puede ser responsable para su uso.
- * El proceso de maduración en suelos arcillosos después del drenaje puede demorar años y con ello la incorporación plena de los suelos a la producción.
- * Una aireación adecuada del suelo en especial los suelos muy arcillosos no se logra con la eliminación del agua libre.
- * La subsolación y la estructuración del suelo son técnicas de drenaje

BIBLIOGRAFÍA

- EGGELSMANN, R. 1985. Dränanleitung, Wasser und Boden, A. Lindow Enke, Stuttgart (Alemania) 342 p .
- ILNICKI, P. Y R. ENGELMANN (1977): Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes. Z. Kulturtechn. Flurber. 18, 23-34.
- KUNTZE, H. (1965) Die Marschen- schwere Böden in der landwirtschaftlichen Evolution. Parey Hamburgo 200p.
- KUNTZE, H., G RÖSCHMANN, Y G. SCHWERTFEGER (1988) Bodenkunde. Ulmer Stuttgart (Alemania) 400 p .

EFFECTOS DEL DRENAJE SOBRE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL EN SUELOS DE LA X REGIÓN DE CHILE

Carlos Ramírez García*
Cristina San Martín Padovani*
Roberto Mac Donald Hadida**

*Instituto de Botánica

**Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos

Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

Email: qramirez@uach.cl

(Proyectos: FONDECYT 1010160, DID-UACH S-2000-25)

RESUMEN

Se analizaron los cambios florísticos que se suceden en gradientes de intervención antrópica, que incluyen drenaje en sus etapas finales, en cuatro suelos anegadizos de la X Región de Chile. Se trabajaron un suelo salino en una marisma litoral, un suelo Trumao aluvial pantanoso, y dos suelos Ñadi, uno profundo y otro, más delgado. En cada lugar se establecieron las etapas de la sucesión antropogénica secundaria definiéndolas como asociaciones vegetales. En estas últimas se estudió la composición florística, la importancia, el origen fitogeográfico y la forma de vida de las especies vegetales, para detectar los cambios producidos. Se comprobó que los cambios florísticos provocados por la intervención humana, especialmente por drenaje, son muy marcados. También se comprobó una disminución de la diversidad florística nativa y aumento de aquella introducida. Este último elemento es favorable ya que incluye especies palatables para el ganado. El espectro biológico dominado por leñosas en los estadios primarios cambia a una dominancia de hierbas perennes y anuales en los estadios secundarios pratenses. En los suelos salino, Trumao aluvial y Ñadi profundo, el drenaje y el pastoreo establecen praderas naturalizadas de Junquillo y de Pasto dulce-Botón de oro que perduran en el tiempo, en el Ñadi delgado en cambio, se produce una degradación del suelo que culmina en la instalación de un Matorral de Espinillo, inútil para el hombre, por lo cual no es aconsejable su habilitación para uso agropecuario.

SUMMARY

The floristic changes that are happened in an anthropic intervention gradients, that include drainage in its final stages, in four wet soils of the X Region of Chile were analyzed. They were worked a saline soil in a coastal marsh, a swampy alluvial Trumao soil, and two Ñadi soils, one deep and other, thinner. In each place were established the stages of the secondary anthropogenic succession defining them as plant associations. In these

last was studied the flora, the importance, the phytogeographical origin and the life form of the plant species, to detect the produced changes. It was proven that the floristic changes produced by the human intervention, especially by drainage, are very strong. Also it was proven a decrease of the indigenous floristic diversity and an increase in that introduced. This last element is favorable since includes forage species for the cattle. The biological spectrum dominated by woody species in the primary stages changes to perennial and annual weeds in the secondary prairie stadiums. In saline soils, Trumao alluvial and deep Ñadi, the drainage and the pasturing establish naturalized prairie of *Juncus procerus* and of *Holcus lanatus-Ranunculus repens* that last in the time, in the thin Ñadi on the other hand, is produced a degradation of the soil that endet in the installation of a scrub of *Ulex europaeus*, useless for the man, by something which is not advisable his qualification for agricultural use.

INTRODUCCION

A pesar de que la precipitación en la X Región de Chile es alta, la porosidad y capacidad de drenaje interno de los suelos (Ellies y Mac Donald, 1989; Luzio, 1989), hace que ellos presenten condiciones de anegamiento sólo en lugares extremos, lo que dificulta el desarrollo de las plantas (Ramírez et al., 1993). Ejemplo de estas condiciones extremas se encuentran en los suelos ñadi, donde confluyen factores externos (alta precipitación) e internos con la presencia de un duripán impermeable que los hace anegadizos durante gran parte del año (Díaz et al., 1960). En los suelos trumaos de la Depresión Intermedia, junto a los cursos de agua, aunque el nivel freático desciende considerablemente en verano, en los meses invernales se presentan anegados. En los suelos salinos de marismas litorales, las condiciones extremas se reflejan en un anegamiento diario intermitente por la subida de la marea, y una concentración de las sales durante el período estival (Ramírez et al., 1989). Estos suelos suelen ser habilitados para cultivos agrícolas o para praderas ganaderas. En ambos casos es necesario realizar labores de drenaje, para favorecer el desarrollo de las especies cultivadas o para evitar la proliferación de malezas no palatables por el ganado (Teuber, 1988). El presente trabajo expone los cambios florísticos provocados en suelos ñadi, salinos de marismas y trumaos aluviales, por la actividad humana, especialmente por obras de drenaje que, aunque por un lado pretenden mejorar la productividad, por otro, reducen la biodiversidad vegetal nativa (Ramírez et al., 1993).

LUGAR DE TRABAJO

Se trabajó en la X Región de Chile, en el suelo salino de una marisma en Mehuín (provincia de Valdivia) cuya serie aún no ha sido descrita, en suelos ñadi (Placaquands) de las series Frutillar (Fundo Campanario) y Alerce en la provincia de Llanquihue (Mella y Kühne, 1985) y en los Pantanos de Santo Domingo, aledaños a la ciudad de Valdivia, con suelos de tipo trumao aluvial (Weinberger, 1971), producto de acarreo de río, pertenecientes a la Serie Valdivia, definidos como Hapludans (Luzio y Alcayaga, 1992).

Este suelo corresponde a un trumao joven con alta porosidad (Ellies y Vyhmeister, 1981). El clima de todos los lugares es húmedo templado con un exceso de precipitaciones invernales y sin meses secos durante todo el ciclo anual, como lo demuestran los diagramas climáticos de la Figura 1 y la literatura pertinente (Di Castri y Hajek, 1976; Novoa y Villaseca, 1989; Amigo y Ramírez, 1998).

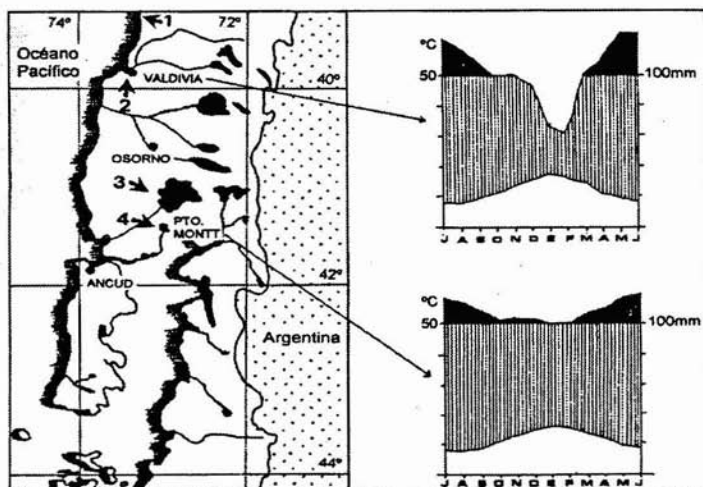


Figura 1. Décima región de Chile y Diagramas climáticos de Valdivia y Puerto Montt (según Hajek y Di Castri, 1975). Las flechas numeradas indican los lugares de trabajo: 1 = Mehuín, suelo salino; 2 = Valdivia, Trumao aluvial; 3 = Frutillar, Ñadi profundo; 4 = Puerto Montt, Ñadi delgado.

METODOS

Durante visitas al terreno, se identificaron las formaciones vegetales presentes en cada lugar y luego se procedió a levantar censos de vegetación con la metodología fitosociológica de la Escuela "Zurich-Montpellier" (Dierschke, 1994). Se levantó un mínimo de 10 censos por cada asociación vegetal presente en cada formación. En cada censo, realizado en áreas homogéneas superiores al área mínima, se hizo primero una lista de las especies vegetales presentes y luego, se determinó la abundancia de los individuos de cada una expresándola en porcentaje de cobertura de la parcela (Knapp, 1984).

Posteriormente, con los censos de cada lugar se hizo una tabla fitosociológica inicial la que fue ordenada de acuerdo a los métodos fitosociológicos tradicionales para determinar asociaciones vegetales, usando especies diferenciales (Kreeb, 1983). Una vez determinadas las asociaciones se estableció la posición de cada una de ellas en la dinámica

secundaria antropogénica del lugar, identificando la comunidad original y luego aquellas resultantes de la actividad humana, tanto de tala, pastoreo, cultivo y drenaje. De manera que para cada suelo investigado se establecieron las diferentes etapas de la sucesión secundaria, producto de la actividad antrópica. En cada etapa de la sucesión, representada por una asociación vegetal se procedió a analizar los cambios del espectro florístico, biológico y del de origen (Ramírez et al., 1997). Con ellos fue posible establecer los cambios provocados por la acción humana en cada lugar y, en especial, aquellos provocados por drenaje artificial (Ellies et al., 1996). Cuando se disponía de datos se procedió a relacionar los cambios florísticos con las propiedades edáficas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se expondrán de acuerdo a cada serie de suelo, comenzando por el suelo salino, continuando con el trumao aluvial para terminar con los suelos ñadi, profundo y delgado.

Suelo de Marisma

En la marisma de Mehuín se determinaron 5 asociaciones vegetales: Marisma de Hierba de la paloma-Pasto azul (*Triglocho-Puccinellietum glaucescens*), Marisma de Pimpinela (*Anagallietum alternifoliae*), Marisma de Pasto salado (*Distichlo-Sellerietum radicanteae*), Pradera de Junquillo marino (*Loto-Juncetum balticii*) y Pradera de Paja ratonera (*Anthoxantheum utriculatae*). Descripciones de ellas se encuentran en San Martín et al. (1992). Las cuatro primeras corresponden a comunidades naturales originarias de la marisma y que sólo se diferencian por su posición en el gradiente ambiental, siendo la primera la comunidad que recibe mayor anegamiento y la última, aquella que sólo tiene anegamiento durante el invierno. Al drenar esta última Pradera de Junquillo marino e introducir ganado se transforma en una Pradera de Paja ratonera, que suele ser rotada con cultivos de papas. Esta Pradera de paja ratonera corresponde entonces a una asociación secundaria de origen antropogénico, producto de la acción humana.

Al analizar la flora de cada comunidad se observa un claro aumento de las especies vegetales presentes hacia la parte más alta y menos anegada de la marisma (Tabla 1). Este aumento presenta su máximo en la Pradera de Junquillo marino y desciende nuevamente en la Pradera de Paja ratonera, indicando una degradación del sustrato. En el mismo sentido aumentan las especies alóctonas, confirmando una mayor influencia antrópica en los niveles más altos de la marisma. El porcentaje de especies introducidas es mayor en la Pradera antropogénica de Paja ratonera.

Tabla 1: Número de especies autóctonas, alóctonas y total en las asociaciones vegetales de marismas.

Comunidad /Especies:	Autóctonas	Alóctonas	Total
Marisma de Hierba de la Paloma	12	3	15
Marisma de Pimpinela	10	3	13
Marisma de Pasto salado	14	4	18
Pradera de Junquillo marino	27	18	45
Pradera de Paja ratonera	17	13	30

Las especies dominantes en los niveles más bajos de la marisma correspondientes a las 3 primeras asociaciones, son el Pasto azul de marisma (*Puccinellia glaucescens*), la Hierba de la paloma (*Triglochin concinna*), la Pimpinela (*Anagallis alternifolia*), la Hierba Sosa (*Sarcocornia fruticosa*), la Maleza de marisma (*Selliera radicans*) y el Pasto salado (*Distichlis spicata*), todas especies nativas. En la Pradera de Junquillo marino son dominantes el Junco marino (*Juncus arcticus*), la Alfalfa chilota (*Lotus uliginosus*) y la Chepica (*Agrostis capillaris*), las dos últimas son especies introducidas. En la Pradera de Paja ratonera domina la especie nativa que le da el nombre a la asociación, *Anthoxanthum utriculatum*, la que es acompañada por varias especies introducidas, tales como, la Chépica y el Pasto dulce (*Holcus lanatus*).

El espectro biológico es muy semejante en las tres comunidades de los niveles más inferiores de la marisma, donde dominan hierbas perennes (hemicriptófitos), siendo también abundantes los subarbustos (caméficos) y menos importantes las hierbas anuales (terófitos). Esta proporción se invierte en la Marisma de Pasto salado, lo que indica una disminución del anegamiento (Figura 2). En la pradera de Junquillo marino son muy importantes las hierbas perennes, disminuyen los subarbustos y aparecen geófitos, lo que indica una mayor intervención antrópica. Por último, en la Pradera de Paja ratonera desaparecen definitivamente los caméficos, indicando una condición más favorable al desarrollo vegetal y aumentan los terófitos, señalando condiciones de mayor sequía.

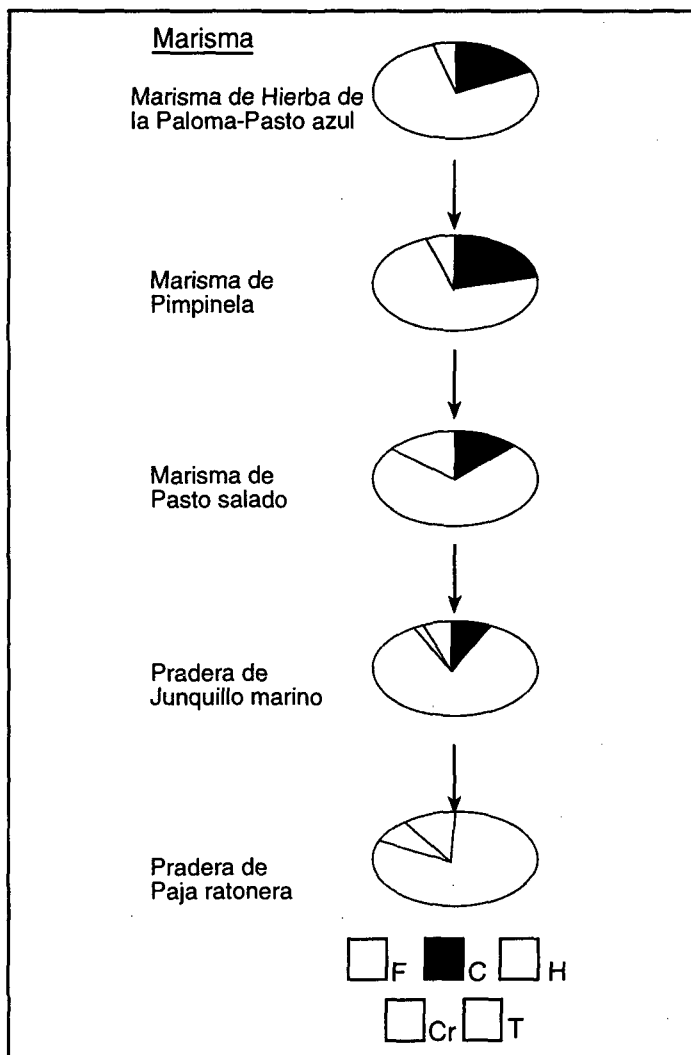


Figura 2: Variación del espectro biológico en las asociaciones vegetales de la sucesión secundaria en suelo salino de marisma. Formas de vida: F = fanerófitos (leñosas), C = caméfitos (subarbustos), H = hemiptófitos (hierbas perennes), Cr = criptófitos (hierbas geófitas, helófitas e hidrófitas), T = terófitos (hierbas anuales).

La Tabla 2 muestra los análisis de suelo para las 4 asociaciones más alejadas del agua, en ella se observa un aumento del pH hasta la Pradera de Junquillo marino, en la de Paja ratonera, hay un descenso. La materia orgánica aumenta en el mismo sentido y en forma considerable en la Pradera de Paja ratonera, seguramente por el aporte del ganado mediante sus fecas (Ramírez et al., 1997). La variación del nitrógeno mineral es mínima, sin embargo el fósforo aprovechable disminuye hacia las Praderas. También se observa una disminución del sodio, el calcio y el magnesio en esa misma dirección.

Tabla 2: Variables edáficas de los suelos en las asociaciones vegetales de marismas.

Comunidad: Propiedad	Marisma de Pimpinela	Marisma de Pasto salado	Pradera de Junquillo marino	Pradera de Paja ratonera
PH	5,7	5,8	6,4	5,7
M.O. (%)	3,97	5,5	7	25,7
N Min. (ppm)	0,17	0,23	0,29	18,2
P Aprov. (ppm)	24,33	20	6,65	3,4
K Int. (meq/100)	1,21	1,48	0,68	1,52
Na Int. (meq/100)	40,08	52,57	4,44	0,34
Ca Int. (meq/100)	3,61	5,73	1,53	3,53
Mg Int. (meq/100)	9,59	15,83	4,59	2,6

En toda esta sucesión, aunque desaparecen especies nativas, la calidad de la pradera se mejora, en el sentido que aparecen especies más palatables y propias de lugares sin anegamiento y también con carácter glicófilo (Ramírez et al., 1989).

Suelo Trumao aluvial (Serie Valdivia)

En el suelo trumao aluvial ubicado en los alrededores de la ciudad de Valdivia, también se diferenciaron 5 asociaciones vegetales: Bosque de Temo-Pitra (*Blepharocalyo-Myrceugenietum exsuccae*), Pantano de Totorá (*Scirpetum californiae*), Pantano de Junquillo rojo (*Juncetum microcephalii*), Pradera de Junquillo (*Juncetum procerii*) y Pradera de Pasto dulce-Botón de oro (*Agrostio-Ranunculetum repentis*). Descripciones de estas asociaciones se presentan en San Martín et al. (1993) y Finot y Ramírez (1996). La primera comunidad corresponde a la vegetación nativa original del lugar (Ramírez et al., 1983). El Pantano de Totorá que se forma después que se corta el bosque, también puede formarse en lugares anegados sin una vegetación previa. En este caso la sucesión secundaria se inicia con la tercera comunidad, la Pradera de Junquillo rojo. Esta última pradera se forma al drenar e introducir pastoreo. En todo caso, esta comunidad no es muy duradera en el tiempo, ya que en un par de años se transforma en una Pradera de Junquillo, que es la pradera húmeda de mayor distribución en el centro-sur de Chile. Al mejorar el drenaje esta pradera se transforma en una Pradera de Pasto dulce-Botón de oro, que soporta mejor el pastoreo, aún cuando una de sus especies principales, el Botón de oro, no es palatable.

En esta sucesión secundaria el número de especies no varía apreciablemente en las 4 primeras comunidades, seguramente, debido a que el anegamiento todavía es bastante prolongado. En el Pantano de Totorá el número de especies es menor que en el Bosque de Temo-Pitra. Sin embargo, desde esta comunidad hacia adelante, en el avance de la sucesión secundaria hay un aumento sostenido pero discreto, del número de especies hasta la pradera de Junquillo. En la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro se produce un aumento extraordinario del número de especies, que duplica la cantidad presente en la Pradera de Junquillo que es su antecesora y que confirma su carácter nitrófilo (Finot y Ramírez, 1996).

En el bosque primitivo dominan las Mirtáceas arbóreas Pitra (*Myrceugenia exsucca*) y Temo (*Blepharocalyx cruckshanksii*), en el Pantano de Totorá sólo es importante la especie que le da el nombre, *Scirpus californicus*. En el Pantano de Junquillo rojo, además de la especie que le da el nombre, *Juncus microcephalus*, son abundantes el Pasto dulce, la Alfalfa chilota y una Chépica de pantano (*Agrostis stolonifera*), estas tres últimas son alóctonas. En la pradera de Junquillo domina el Junquillo (*Juncus procerus*), la Alfalfa chilota, la Chépica y el Botón de oro (*Ranunculus repens*), de ellas, sólo el Junquillo es nativo (San Martín et al., 1998). En la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro son dominantes el Pasto dulce, el Botón de oro, la Chépica y la Alfalfa chilota, todas introducidas y de origen europeo, frecuentes en comunidades ruderales del centro-sur de Chile (Ramírez et al., 1999).

Al considerar el origen fitogeográfico de las especies, se observa un aumento de las especies alóctonas en toda la sucesión secundaria de este suelo, el porcentaje de ellas llega a casi un 50 % en la Pradera de Junquillo y sube a un 65% en la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro, obtenida por un drenaje de la anterior (Tabla 3). En la Pradera de Junquillo encuentran refugio muchas especies nativas, pero en la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro ellas desaparecen completamente, y cuando están presentes, lo hacen con escasa cobertura.

Tabla 3: Número de especies vegetales autóctonas, alóctonas y total en las asociaciones vegetales del suelo Trumao aluvial (Valdivia).

Comunidad /Especies:	Autóctonas	Alóctonas	Total
Bosque de Temo-Pitra	27	3	30
Pantano de Totorá	14	11	25
Pantano de Junquillo rojo	17	11	28
Pradera de Junquillo	17	15	32
Pradera de Pasto dulce- Botón de oro	23	43	66

En la sucesión secundaria sobre trumao aluvial los cambios del espectro biológico son muy drásticos (Figura 3). Las plantas leñosas (fanerófitos) que corresponden a casi el 70% de las especies del Bosque de Temo-Pitra, se reducen considerablemente a partir del Pantano de Totorá, donde en cambio, pasan a dominar las hierbas perennes (hemicriptófitos) con aproximadamente un 70%. Esta forma de vida se reduce en el transcurso de la sucesión descrita, hasta llegar a un 50% en la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro, con suelo bien drenado. En la pradera de Junquillo aparecen por primera vez plantas anuales (terófitos) en la sucesión, las cuales se hacen muy abundantes (13%) en la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro, indicando un aumento de la sequía (Ramírez et al., 1998).

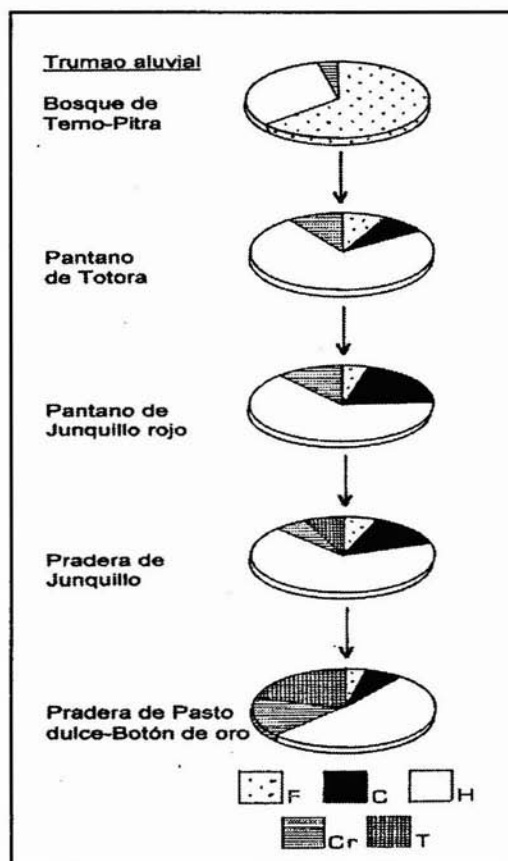


Figura 3: Variación del espectro biológico en las asociaciones vegetales de la sucesión secundaria en suelo Trumao aluvial de pantano. Formas de vida: F = fanerófitos (leñosas), C = caméfitos (subarbustos), H = hemicriptófitos (hierbas perennes), Cr = criptófitos (hierbas geófitas, helófitas e hidrófitas), T = terófitos (hierbas anuales).

Esta sucesión secundaria es muy frecuente en todas las riberas inundadas de cuerpos dulciacuólicas de la Décima Región como producto de los hundimientos de terreno provocados por los sismos de mayo de 1960 (Watanabe y Karzulovic, 1960). Ella ha permitido para recuperar muchos terrenos altamente productivos que habían quedado bajo el agua.

Suelo Ñadi profundo (Serie Frutillar)

El Ñadi profundo (fierrillo a una profundidad mayor de 150 cm) fue estudiado en la Serie Frutillar. La vegetación primitiva boscosa de dicho suelo corresponde al Bosque de Coigüe-Ulmo (*Nothofago-Eucryphietum cordifoliae*), el que al ser talado y no recibir pastoreo, da lugar a la formación de un matorral de Colihue (*Chusqueetum culeu*). Al introducir pastoreo este Matorral se transforma en una Pradera de Junquillo, que al ser drenada es reemplazada por una Pradera de Pasto dulce-Botón de Oro. Estas dos últimas son comunidades pratenses secundarias naturalizadas (Quiroga, 1988), en la cual suelen aparecer Juncáceas y Ciperáceas, indicadoras de humedad (Ramírez et al., 1991). Descripciones de las asociaciones aparecen en Ramírez et al. (1993) y Ramírez y San Martín (1993).

El número total de especies presentes se reduce drásticamente desde el Bosque primitivo hasta la Pradera de Junquillo, aunque vuelve aumentar como ya se viera en el Suelo

Tabla 4: Número de especies vegetales autóctonas, alóctonas y total en las asociaciones vegetales del suelo Ñadi profundo (Frutillar).

Comunidad / Especies:	Autóctonas	Alóctonas	Total
Bosque de Coigüe-Ulmo	92	14	106
Matorral de Colihue	59	13	72
Pradera de Junquillo	17	15	32
Pradera de Pasto dulce-Botón de oro	23	43	66

Trumao aluvial, en la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro, aunque en este caso el incremento se basa en malezas alóctonas (Tabla 4). La cantidad de especies introducidas aumenta desde el Bosque primitivo hacia las asociaciones integrantes de la sucesión secundaria descrita, con la única excepción del matorral de Colihue, que se comporta como una comunidad secundaria nativa. Sin embargo, este aumento es relativamente pequeño hasta la Pradera de Junquillo y se hace muy grande en la Pradera terminal de Pasto dulce-Botón de oro.

En el Bosque de Coihue-Ulmo dominan el Coihue (*Nothofagus dombeyi*); el Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), varias Mirtáceas, entre ellas, la Luma (*Amomyrtus luma*) y el Arrayán (*Luma apiculata*) y el Colihue (*Chusquea culeu*). En el Matorral de Colihue

sólo es importante la especie de caña que le da el nombre, *Chusquea culeu*. En las praderas dominan las especies ya citadas para el suelo trumao aluvial.

El espectro biológico sufre cambios profundos en las diferentes asociaciones vegetales de la sucesión secundaria (Figura 4). Las especies leñosas (fanerófitos) sólo son importantes en el Bosque de Coigüe-Ulmo y en el Matorral de Colihue. Las hierbas perennes son importantes en todas las comunidades, aunque aumentan claramente, desde el Bosque hasta la Pradera de Junquillo. En esta asociación alcanzan un valor destacado los subarbustos (caméfitos) indicando condiciones restrictivas para el desarrollo vegetal. Por último, en la Pradera de Pasto dulce-Botón de oro, las hierbas perennes alcanzan a un 50% del total y las otras formas de vida se reparten el 50% restante, destacando solamente el número de hierbas anuales (terófitos) indicando un aumento de la sequía edáfica, por efecto del drenaje.

En el suelo de esta sucesión se observa un aumento del pH hacia las comunidades secundarias, sin embargo, en el mismo sentido disminuye su contenido en materia orgánica, fenómeno observado también por Aguilera y Urbina (1989). Esta disminución de materia orgánica se explica por un aumento de la actividad biológica al incrementarse la luminosidad y la temperatura (Ramírez et al., 1996). El nitrógeno mineral y el fósforo aprovechable disminuyen desde el bosque a la pradera, este último, en mayor proporción (TABLA 5). El potasio, calcio y magnesio presentan su mayor valor en el Matorral intermedio de Colihue, el sodio en cambio, disminuye hacia la pradera.

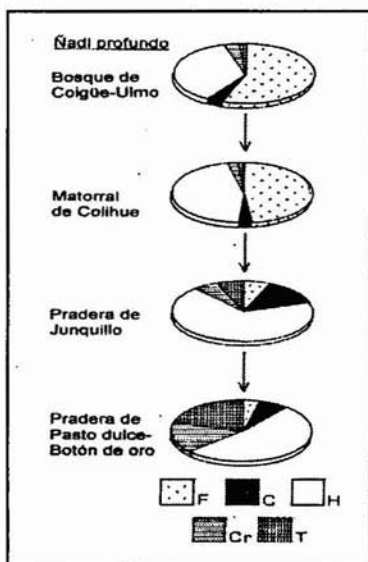


Figura 4. Variación del espectro biológico en las asociaciones vegetales de la sucesión secundaria en suelo Nadi profundo. Formas de vida: F = fanerófitos (leñosos), C = caméfitos (subarbustos), H = hemicriptófitos (hierbas perennes), Cr = criptófitos (hierbas geófitas, helófitas e hidrófitas), T = terófitos (hierbas anuales).

Tabla 5: Variables edáficas de los suelos en las asociaciones vegetales Del suelo Ñadi profundo (Frutillar).

Comunidad: Propiedad	Bosque de Coihue-Ulmo	Matorral de Colihue	Pradera de Junquillo
PH	4,7	5,8	5,1
M.O. (%)	43,7	35,8	29,2
N. Min. (ppm)	19,6	19,6	16,8
P. Aprov. (ppm)	8,8	3,7	3,0
K Interc. (meq/100)	1,75	2,08	0,42
Na Interc. (meq/100)	0,68	0,48	0,33
Ca Interc. (meq/100)	1,15	6,83	3,38
Mg Interc. (meq/100)	1,83	2,11	1,39

Esta sucesión de suelos ñadi profundo, es muy semejante aquella que se presentan en los trumaos aluviales inundados, ya que las dos presentan un marcado carácter azonal, es decir, está más determinadas por la humedad edáfica, antes que por el macroclima.

Suelo Ñadi delgado (Serie Alerce)

La sucesión sobre suelo Ñadi delgado se estudió en la Serie Alerce al poniente de la ciudad de Puerto Montt. La vegetación primitiva de este suelo de ñadi delgado (fierrillo a una profundidad no superior a 40 cm) consiste en una Bosque bajo caducifolio de Ñirre (*Chusqueo-Nothofagetum antarcticae*). La sucesión secundaria sobre este tipo de suelo se inicia con el corte de este Bosque primitivo, siendo reemplazado por un Matorral secundario de Tihuén (*Chusqueetum uliginosae*), al no introducir pastoreo. Ante un pastoreo prolongado este Matorral se transforma en una Pradera húmeda de Junquillo, semejante a las analizadas en las otras sucesiones revisadas anteriormente (Verdugo, 1996). Ante un drenaje esta pradera no evoluciona a una pradera de mejor condición forrajera, sino que por el contrario, el suelo pierde fertilidad y en esas condiciones la pradera de Junquillo degradada es colonizada por un matorral secundario de Espinillo (*Rubo-Ulicetum europaiei*). Este Matorral se transforma en una asociación vegetal improductiva para el hombre que cubre grandes extensiones de suelo ñadi (Ramírez et al., 1988).

En la sucesión secundaria descrita el número de especies vegetales se reduce en forma drástica desde el Bosque nativo hasta la Pradera de Junquillo (Tabla 6). Sin embargo, en el Matorral de espinillo se recupera una parte, pero también en base a malezas de origen europeo, principalmente. Las especies introducidas son abundantes en todas las asociaciones vegetales de estos suelos, pero siempre son sobrepasadas por las nativas. Esto confirma las condiciones extremas de estos suelos, que dificultan la colonización por especies de malezas extranjeras. En todo caso el mayor número de especies alóctonas aparecen en el Matorral de Espinillo, donde también dominan en cobertura.

Tabla 6: Número de especies vegetales autóctonas, alóctonas y total en las asociaciones vegetales del suelo Ñadi delgado (Alerce).

Comunidad /Especies:	Autóctonas	Alóctonas	Total
Bosque de Ñirre	84	19	103
Matorral de Tihuén	65	20	85
Pradera de Junquillo	17	15	32
Matorral de Espinillo	23	22	45

En el Bosque de Ñirre abundan individuos de Ñirre (*Nothofagus antarctica*) y de Tihuén (*Chusquea uliginosa*), además, de Canelo (*Drimys winteri*) y Quil-Quil (*Blechnum chilense*). En el Matorral de Tihuén son importantes varias malezas alóctonas, a saber: Chépica, Alfalfa chilota y Chinilla (*Leontodon saxatilis*). En la pradera de Junquillo de Ñadi suele ser abundante además del Junquillo, la Centella (*Centella asiatica*). En el matorral de Espinillo domina absolutamente el Espinillo o Chacay (*Ulex europaeus*), acompañado de Zarzamora (*Rubus constrictus*), de Chépica y de Alfalfa chilota.

En el espectro Biológico del primitivo Bosque de Ñirre son importantes sólo las plantas leñosas (fanerófitos) y las hierbas perennes (hemicriptófitos), las otras formas de vida están escasamente representadas (Figura 5). Este espectro no varía mayormente en el matorral secundario de Tihuén. En la Pradera de Junquillo dominan con sobre un 60% las hierbas perennes y las otras formas de vida se reparten equitativamente el resto del porcentaje. En el Matorral de Espinillo la situación cambia sustantivamente, ya que las hierbas perennes se reducen aproximadamente a un 50%, mientras las plantas anuales figuran con más de un 25%. Esto último, señala que las condiciones de sequía han aumentado considerablemente, con respecto a la pradera de Junquillo.

El pH no mostró mayor variación entre el bosque nativo y las comunidades secundarias (Tabla 7). La materia orgánica sin embargo, aumentó claramente hacia las comunidades antropogénicas, lo mismo hicieron los cationes analizados. Aunque las diferencias edáficas entre las comunidades secundarias y el bosque son marcadas, ellas no se presentan entre las asociaciones secundarias, ya que como ya lo comprobaran Ramírez et al. (1984) la mayor diferenciación se presenta en las propiedades físicas del suelo bajo el Matorral de Espinillo, que no fueron medidas. Uno de los problemas mayores en la conservación de la flora en estos suelos ñadi, lo constituye el hecho de que el ganado se introduce al bosque y Matorrales para ramonear el Tihuén, que tiene un buen valor forrajero (Teuber, 1988). El pisoteo del ganado provoca la muerte de hierbas y arbustos del sotobosque.

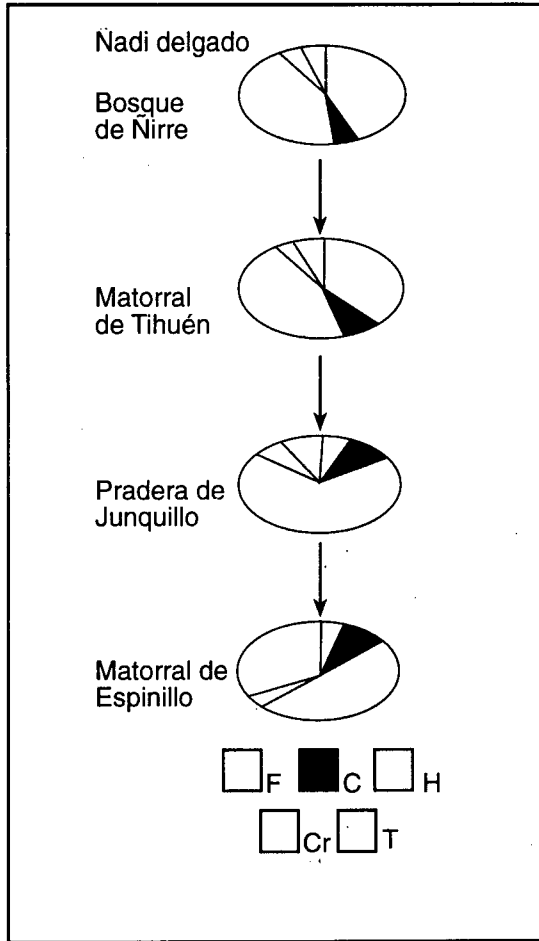


Figura 5: Variación del espectro biológico en las asociaciones vegetales de la sucesión secundaria en suelo Ñadi delgado. Formas de vida: F = fanerófitos (leñosas), C = caméfitos (subarbustos), H = hemcriptófitos (hierbas perennes), Cr = criptófitos (hierbas geófitas, helófitas e hidrófitas), T = terófitos (hierbas anuales).

Tabla 7: Variables edáficas de los suelos en las asociaciones vegetales de suelo Ñadi delgado (Alerce).

Comunidad: Propiedad	Bosque De Ñirre	Pradera de Junquillo	Matorral de Espinillo
PH	4,9	5,0	4,8
M.O. (%)	51,5	60,8	59,8
K Int. (meq/100)	0,38	160	156
Na Int. (meq/100)	0,34	0,38	0,39
Ca Int. (meq/100)	0,48	3,02	3,38
Mg Int. (meq/100)	0,36	1,00	0,9

Esta sucesión es la única de las descritas que finaliza en un Matorral secundario y no en una Pradera. Además, en el transcurso de ella y hasta llegar al matorral secundario terminal se reduce drásticamente la productividad de la cubierta vegetal. Por otro lado, los agricultores quemaron el matorral de Espinillo en un vano intento por desalojarlo, favoreciendo con ello la hidrofobia natural que presentan estos suelos en otoño (Ellies, 2000). Por todo lo anterior, se considera poco práctico y sobre todo muy negativo para la diversidad florística nativa, habilitar praderas con obras de drenaje en suelos Ñadi muy delgados. También es muy conveniente separar las praderas del bosque para evitar la destrucción del sotobosque por los animales (Ellenberg, 1983).

CONCLUSIONES

De lo expuesto en el capítulo anterior se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1) En la sucesión secundaria provocada por la disminución del anegamiento mediante obras de drenaje, se produce una disminución en el número de especies vegetales, especialmente en aquellos lugares donde la vegetación primitiva era del tipo boscoso.
- 2) En los suelos Trumao aluvial y Ñadi profundo hay una convergencia en las etapas finales de la sucesión provocada por el drenaje, presentándose en ambos casos, las praderas de Junquillo y de Pasto dulce-Botón de oro.
- 3) Las etapas prateras finales resultantes del drenaje, se mantienen en el tiempo gracias a la acción antrópica de pastoreo, constituyéndose en climaxes zooantrópicos.
- 4) En el espectro biológico de las etapas finales dominan malezas herbáceas introducidas, unas perennes que indican intervención antrópica y otras anuales, que responden a la disminución del anegamiento y consiguiente aumento de la sequía.
- 5) En el suelo de las praderas finales se incrementa el contenido de materia orgánica, por el aporte fecal del ganado.
- 6) Aunque en los suelos donde la vegetación inicial es un pantano o una marisma aumenta la riqueza de especies, en la transformación provocada por el drenaje desaparecen muchas especies nativas que son reemplazadas por un mayor número de malezas introducidas.
- 7) En las comunidades posteriores al bosque de los suelos Ñadi suele disminuir la materia

orgánica al aumentar la actividad biológica del suelo, por el incremento de la temperatura y la disminución del anegamiento.

8) En el suelo Ñadi delgado la Pradera de Junquillo drenada y sobrepastoreada es invadida por un Matorral secundario de Espinillo, que impide el uso del suelo.

9) El mayor deterioro de la diversidad florística con el drenaje se produce en el suelo Ñadi delgado.

BIBLIOGRAFIA

AGUILERA, M. Y A. URBINA. 1989. Dinámica de la materia orgánica en los suelos de drenaje restringido. Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 9: 91-121.

AMIGO, J. Y C. RAMÍREZ. 1998. A bioclimatic classification of Chile: woodland communities in the temperate zone. Plant Ecology 136: 9-26.

DI CASTRI, F. Y E. HAJEK. 1976. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile, Santiago. 128 pp.

DÍAZ, C., J. ASTUDILLO Y G. ARANDA. 1960. Reconocimiento de suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. Agricultura Técnica 20: 125-205.

DIERSCHKE, H. 1994. Pflanzensoziologie, Grundlagen und Methoden. E. Ulmer, Stuttgart. 683 pp.

ELLENBERG, H. 1983. Desarrollar sin destruir. Publicación Centro Pedagógico y Cultural de Portales, Cochabamba. 55 pp.

ELLIES, A. 2000. La degradación física del suelo. Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 14: 86-93.

ELLIES, A. Y R. MAC DONALD, 1989. Las propiedades físico-mecánicas en los suelos que afectan su drenaje. Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 9:47-63.

ELLIES, A. Y E. VYHMEISTER. 1981. Algunos aspectos hídricos del horizonte superficial de tres tipos de suelos del sur de Chile. Agro Sur 9 (2): 94-100.

ELLIES, A., R. GREZ Y C. RAMÍREZ. 1996. Potencial de humectación y estabilidad estructural de suelos sometidos a diferentes manejos. Agricultura Técnica 55 (3-4): 220-225.

FINOT, V. Y C. RAMÍREZ. 1996. Fitosociología de la vegetación ruderal de la ciudad de Valdivia (X Región-Chile). I. Vegetación nitrófila. Studia Botanica 15: 159-170.

HAJEK, E. Y F. DI CASTRI. 1975. Climatografía de Chile. Universidad Católica de Chile, Santiago. 107 pp.

KNAPP, R. 1984. Considerations on quantitative parameters and qualitative attributes in vegetation analysis and in phytosociological relevés. En: R. Knapp (ed.) Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Dr. W. Junk Pub., La Haya. 77-119 pp.

KREEB, K.H. 1983. Vegetationskunde. E. Ulmer, Stuttgart. 331 pp.

- LUZIO, W. 1989. Clasificación de los suelos con drenaje restringido. Boletín de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo 9: 26-45.
- LUZIO, W. Y S. ALCAYAGA. 1992. Mapa de asociaciones de grandes grupos de suelos de Chile. Agricultura Técnica 52 (4): 347-353.
- MELLA, A. Y A. KÜHNE. 1985. Sistemática y descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados de materiales piroclásticos de la zona central-sur de Chile. En: J. Tosso (ed.) Suelos volcánicos de Chile. INIA, Ministerio de Agricultura, Chile, Santiago: 549-716.
- NOVOA, R. Y S. VILLASECA. 1989. Mapa agroclimático de Chile. INIA, Ministerio de Agricultura, Chile, Santiago. 221 pp.
- RAMÍREZ, C. Y C. SAN MARTÍN. 1993. La transformación antrópica de la vegetación de los ñadis del área Mapuche en el centro-sur de Chile. Boletín Museo Regional de la Araucanía 4 (1): 205-214.
- RAMÍREZ, C., R. MAC DONALD Y C. SAN MARTÍN. 1996. Riesgos ambientales de la transformación de suelos en la Región de Los Lagos. Ambiente y Desarrollo 12 (1): 82-88.
- RAMÍREZ, C., C. SAN MARTÍN Y D. CONTRERAS. 1998. Diversidad florística y vegetacional pratense en vegas, colinas y serranías al poniente de Temuco, Chile. Ciencia e Investigación Agraria 25: 27-50.
- RAMÍREZ, C., F. FERRIERE Y H. FIGUEROA. 1983. Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos templados del Sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 56 (1): 11-26.
- RAMÍREZ, C., M. MORAGA Y H. FIGUEROA. 1984. La similitud florística como medida de degradación antrópica del bosque valdiviano. Agro Sur 12 (2): 127-139.
- RAMÍREZ, C., C. SAN MARTÍN Y P. OJEDA. 1997. Muestreo y tabulación fitosociológica aplicados al estudio de los bosques nativos. Bosque 18 (2): 19-27.
- RAMÍREZ, C., C. SAN MARTÍN Y P. OJEDA. 1999. Estudio de la flora de comunidades ruderales antropogénicas en la IX Región de la Araucanía, Chile. Studia Botanica 18: 47-68.
- RAMÍREZ, C., J. BARRERA, D. CONTRERAS Y J. SAN MARTÍN. 1988. Estructura y regeneración del Matorral de *Ulex europaeus* en Valdivia, Chile. Medio Ambiente 9 (1): 143-149.
- RAMÍREZ, C., V. FINOT, C. SAN MARTÍN Y A. ELLIES. 1991. El valor indicador ecológico de las malezas del centro-sur de Chile. Agro Sur 19 (2): 94-116.
- RAMÍREZ, C., C. SAN MARTÍN, D. CONTRERAS Y J. SAN MARTÍN. 1989. Flora de las marismas del centro-sur de Chile. Medio Ambiente 10 (2): 11-24.
- RAMÍREZ, C., C. SAN MARTÍN, A. ELLIES Y R. MAC DONALD. 1997. Cambios florísticos, fitosociológicos y edáficos provocados por exclusión de pastoreo en una pradera valdiviana, Chile. Agro Sur 24 (2): 180-195.
- RAMÍREZ, C., C. SAN MARTÍN, F. URIBE Y R. MAC DONALD. 1993. La vegetación nativa de los suelos de ñadi valdivianos (Chile). Agricultura Técnica 53 (1): 55-74.

- SAN MARTÍN, C., C. RAMÍREZ Y M. VERDUGO. 1998. Sinecología de las praderas húmedas de Junquillo en el centro-sur de Chile. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* - 1998: 87-94.
- SAN MARTÍN, C., D. CONTRERAS, J. SAN MARTÍN Y C. RAMÍREZ. 1992. Vegetación de las marismas del centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 327-342.
- SAN MARTÍN, C., R. MEDINA, P. OJEDA Y C. RAMÍREZ. 1993. La biodiversidad vegetacional del Santuario de la Naturaleza "Río cruces" (Valdivia, Chile). *Acta Botanica Malacitana* 18: 259-279.
- TEUBER, N. 1988. La pradera de los suelos Ñadi de la X región. En: I. Ruiz (ed.) *Praderas para Chile*. INIA, Ministerio de Agricultura, Chile, Santiago. 493-504.
- VERDUGO, M. 1996. Flora y dinámica vegetacional de los Ñadis de Valdivia y Osorno (Chile). Tesis, escuela de Graduados, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 131 pp.
- WATANABE, T. Y J. KARZULOVIC. 1960. Los movimientos sísmicos del mes de mayor de 1960 en Chile. *Anales Facultad Ciencias Físicas y matemáticas, Universidad de Chile* 17: 23-64.
- WEINBERGER, P. 1971. Charakteristische Eigenschaften und die Fruchtbarkeit südchilenischer Grasslandböden auf vulkanischen Aschen. *Der Tropenlandwirt* 72: 51-72.

CONVENCION RAMSAR Y LA BIODIVERSIDAD DE HUMEDALES:

Porque surge la necesidad de estudiar y cautelar el uso de su drenaje ?

Dr.Roberto P. Schlatter*
Instituto de Zoología Facultad de Ciencias
Universidad Austral de Chile
E-mail : rschlatt@uach.cl

La Convención sobre los Humedales o RAMSAR es la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de “Aves Acuáticas”. Es uno de los primero tratados modernos de carácter intergubernamental sobre la conservación y uso racional de los recursos naturales que se relacionan con ambientes saturados de agua (en Febrero del 2001, la Convención cumple 30 años de existencia y el 2º de febrero es el día mundial de los humedales). Abarca una gama bastante amplia de sistema húmedos tanto terrestres – saturados de agua – como acuáticos. Se define a humedales, de acuerdo a esta convención, a : “extensiones de marismas, pantanos, turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanente o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Además establece que los humedales: podrán comprender zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal... Se puede decir en forma simple que humedales nacen en las nieves cuando estas se derriten, drenan por ríos ritrales, potamales, napas subterráneas por cuencas definidas y llegan al mar, hasta profundidades de 6 m en baja marea. Todo ambiente terrestre, epigeo o hipogeo, que este saturado de agua, sea dulce o salada con diferentes conformaciones geomorfológica y asociaciones de vegetación y fauna que dependan de este, es un HUMEDAL.

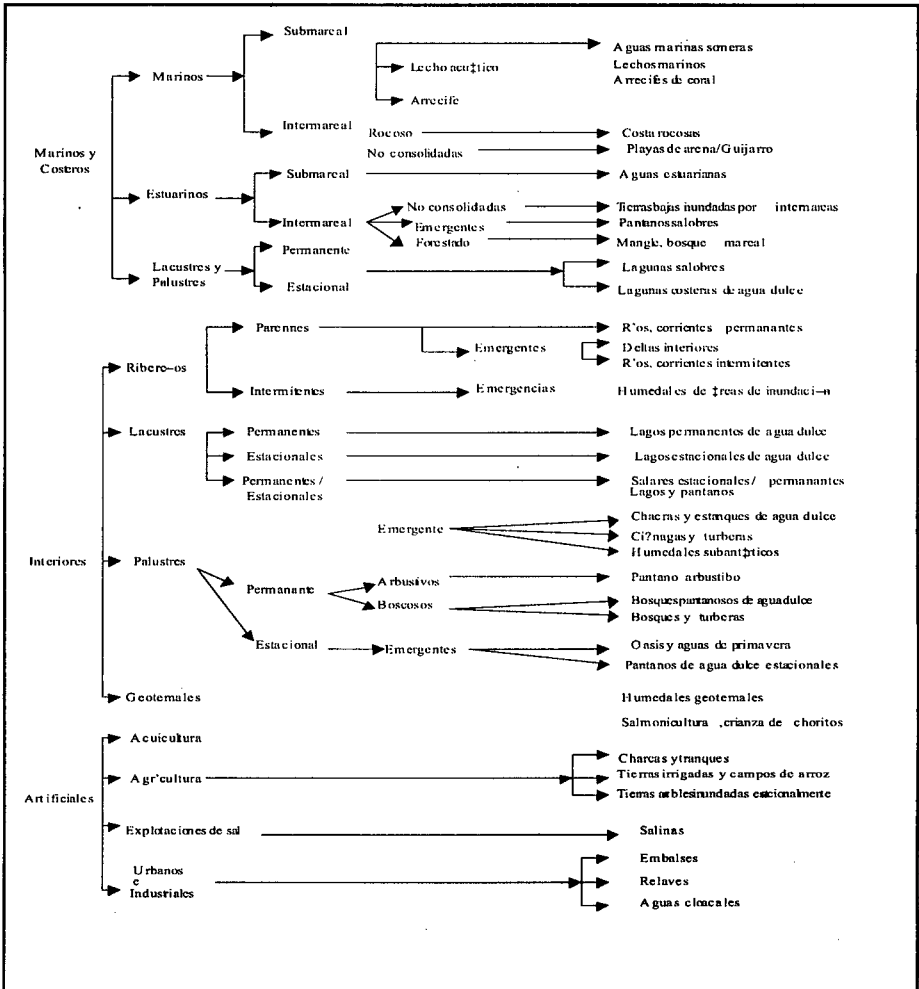
La clasificación de los humedales ha tenido una serie de dificultades puesto que no se sabe si tratar en forma hidrológica, geomorfológica u otros ese tema, y no existe receta global para su aplicación (véase una de las últimas clasificaciones de humedales propuestas, Tabla1). Chile posee en general una serie de humedales y en proporciones importantes en algunas regiones del país.....pero aún no ha considerado hacer un estudio serio de su clasificación en las cuales el suelo de la que forma parte, es esencial.

Para que conservar humedales? son ambientes esenciales para la salud humana, bienestar y seguridad de personas que viven cerca de ellos. Son en general los ambientes mas productivos del mundo (véase por ejemplo los bañados y los estuarios) y como se sabe por varios documentos (de organismos internacionales como las UN) el agua dulce

comienza a escasear por el sobre uso o mal uso que de ella se hace; es la sangre de la litosfera y sin ella prácticamente ningún organismo viviente puede sobrevivir. Poseen importantes funciones, como ser:

- Almacenamiento y reserva de agua,
- Protección contra inundaciones, mitigándolas y, tormentas tanto en la costa marina como en sistemas lacustres,

Tabla 1: Clasificación de los Humedales usada por la Oficina de la Convención Ramsar



- Controlan la erosión y estabilizan la línea costera de ambientes acuáticos,
- Recargan acuíferos subterráneos,
- Purifican el agua en forma química, física o biológica,
- Retienen nutrientes,
- Retienen sedimentos,
- Retienen por tanto, también necesariamente contaminantes.
- De acuerdo a su tamaño, estabilizan condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura y por tanto, humedad relativa.

De esas funciones vitales surgen una serie de valores:

Suministro de agua.....para riego y bebida,

Pesquerías para desarrollar actividades comerciales y desarrollo,

Agricultura sobre la base de riego,

Pastoreo sobre la base de riego o como en el caso de Valdivia, sobre la base de terreno inundados en invierno pero mas secos en verano,

Producción de leña, especialmente en el caso de Manglares...o como en nuestro caso los Ñadis y en cierta forma los Hualves,

Recursos energéticos, como la turba y la leña

Recursos de flora y fauna silvestres

Transporte fluvial y otros

Alternativas de recreación y turismo

A esto se deben agregar los atributos especiales que nos brindan:

Diversidad biológica:

Humedales mantienen gran diversidad de organismos desde moneras, protoctistas, hongos, plantas y animales con distintas características estructurales y funciones que han evolucionado por tiempos que dependen de la edad geológica y ambiental de esos ambientes. Muchos animales y plantas han surgido para bienestar del hombre de esa flora y fauna..... tales como el arroz que alimenta a más de la mitad de la población mundial humana, pajonales para techumbre y mimbrera, los salmónidos, centenares de especies de peces que sirven de alimento a diversos pueblos, búfalos de agua, moluscos, cetáceos, castores, coipos, , ranas comestibles, crustáceos..en fin.

Patrimonio cultural

La conformación de paisajes abiertos, escenarios típicos, tradiciones locales religiosas (indigenismos) uso sustentable de flora y fauna silvestres para bienestar humano en relación a tradiciones culturales de los pueblos.

Chile adhirió a esta Convención en 1981 después de declarar como sitio RAMSAR a parte del río Cruces y bañados adyacentes, creados durante el hundimiento de terrenos provocados por el sismo de Mayo de 1960. El sitio fue declarado Santuario de la Natu-

raleza e Investigación Científica “ Carlos Anwandter “ del río Cruces, Valdivia con casi 5000 ha de humedal. Posee diferentes tipos de ambientes de acuerdo al criterio de la sucesión ecológica agua – pantano, “hualve” u otro. Hoy en día dicho Santuario ha sido propuesto como Reserva Nacional del río Cruces con una superficie de 6000 ha y mayor diversidad de ambientes. En la última década Chile creó otros humedales reconocidos como sitio Ramsar, tales como El Yali en la Va región, Complejo lacustre y laguna Negro Francisco y laguna Santa Rosa, 3a región, Salar de Huasco, Salar de Tara y el Sistema Hidrológico de Soncor, 2a región y finalmente el Salar de Surire en la primera región. La diversidad de ambientes tipo humedal que posee Chile es increíble y de enorme valor ecológico como potencialidades para el desarrollo sustentable, tanto en Areas Protegidas, como aquellas que no lo son.

La Convención Ramsar posee una serie de herramientas que ha ido organizando para la apropiada conservación y uso sustentable de humedales a través de recomendaciones a los países partes/miembros.

Entre tales destaca:

Antes que nada la voluntad política de un país para **adherirse** a esa convención que se hace a través del Ministerio de Relaciones Exteriores, Departamento de Medio Ambiente, en nuestro caso chileno. Tal adhesión se realiza con el aporte del primer sitio que va anexo a la propuesta de adhesión, a través de la UNESCO. El sitio elegido debe presentar antecedentes mínimos de sus características, cumpliendo con ciertos **criterios** establecidos (TABLA2) mas un mapa a una escala adecuada con detalles suficientes. Una vez aceptada la adhesión el país debe organizar la relación con la Convención y determinar un organismo del Estado (preferentemente), ONG o privada que la implemente adecuadamente en sentido administrativo y técnico. En nuestro país esta función la cumple la Corporación Nacional Forestal (CONAF) que por lo demás posee una serie de Areas de protección que incluyen humedales de importancia internacional como aquellos que no lo son.

Como enlace directo con la Convención esta el Dpto. de Medio Ambiente del Ministerio de RREE. Esta instancia es la que coordina las actividades del país con la Convención Ramsar a través del **Comité Nacional de Humedales**. Esta instancia aún no tiene poder legal y resolutivo oficial. Reúne a todos los organismos del estado que tengan que ver con aguas interiores (DGA por ejemplo) y aquellos con los ambientes costeros marinos (DIRECTEMAR y otros), organizaciones no gubernamentales (CODEFF para nombrar una las mas importantes), expertos universitarios..etc. Hasta la fecha se han realizado varias reuniones y proyectos...entre los cuales cabe destacar el haber elaborado la **Estrategia Nacional de Humedales**, documento clave que regirá políticas en relación a los humedales en el país. De entre los funcionarios y expertos se elige a uno que será el que se pondrá en contacto con el Oficial Técnico Regional de la Oficina Ramsar para el Neotrópico. También el Comité posee la atribución de seleccionar los proyectos que se presentan anualmente a fondos concursables de proyectos que benefician humedales : Fondo Ramsar de Pequeñas Subvenciones para la Conservación y Uso Racional de Humedales (depende de las donaciones que hacen los países miembros) y

Humedales para el Futuro (dineros que aporta Estados Unidos de Norteamérica).

Todo sitio debe recopilar toda la información y antecedentes históricos, físicos, geológicos, de historia natural, hidrológicos, culturales, etc.... en una **Ficha Informativa** (de formato estándar) de un humedal particular. Esta Ficha debe ser actualizada cada 5 años y una copia siempre debe estar en manos de la Oficina Ramsar en Gland, Suiza. Su contenido es conservado en una Base de Datos Internacional con la cual se mantiene las estadísticas necesarias para análisis de tendencias a nivel regional y mundial.

La Ficha Técnica es esencial pues establece la información básica de un humedal y su carácter ecológico. Se entiende por esto la estructura y las relaciones entre los componentes biológicos, químicos y físicos del humedal. Estas derivan de las interacciones entre los diversos procesos, funciones, atributos y valores del (de los) ecosistema (s). Como el sitio estará bajo algún tipo de proceso natural, uso, accidente o presión estatal/privada por terrenos.... se producirán cambios en tales características ecológicas que se definen como: el deterioro o desequilibrio en cualquiera de esos procesos y funciones que sustentan al humedal y a sus productos, atributos y valores.

Para controlar estos aspectos es que la Convención dispone de una de las herramientas más importantes, el **Plan de Manejo**. El Plan de Manejo describe, orienta, determina, mide y evalúa lo que se está haciendo (que hacer y cómo hacerlo) y debe hacerse con el humedal mediante acciones y proyectos. Los Planes de Manejo también deben revisarse y actualizarse al menos cada 5 años. Con el Plan de Manejo se permite el uso racional o sustentable de recursos, apoyado con estudios de valoración económica de esos recursos, incluyendo el agua.

Si se producen alteraciones de sectores, partes del humedal o destrucción por cualquier causa...cambios en el carácter ecológico de ese sitio.....entonces se entra a revisar lo que ha sucedido y se enfrenta el **Proceso de Monitoreo y el Registro de Montreux**...que obliga a restituir en forma de medidas precautorias al sector afectado o los cambios inducidos. Estos deberán restituir en tamaño, del área afectada, con nuevos sectores a definir o a tratar de restituir las condiciones limnológicas afectadas, entre otras. Si el asunto es muy grave, esto implica compromiso internacional con Comités de expertos y proceder incluso a la restauración o rehabilitación de las condiciones o sitio. A este tipo de herramienta se recomienda – cuando el caso así lo amerite – adicionar la información que sea posible por problemas ambientales con los provenientes de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) nacionales.

Las reuniones de la Partes contratantes o países miembros se realiza cada tres años en alguna parte del mundo y allí entre otras cosas se deben entregar con antelación los **Informes Nacionales** en los cuales se debe detallar lo que ha sucedido con la aplicación e implementación de la convención y que ha sucedido con el o los sitios reconocidos internacionalmente y sobre los cuales el país se ha hecho responsable y ha establecido compromisos.

Chile en la actualidad posee 7 sitios reconocidos internacionalmente, 5 de los cuales representan a humedales del norte grande y son de tipo altiplánicos. En la zona central y sur posee a El Yali (un estuario y salinas en la costa al sur de San Antonio, 5a región) y

el Santuario de la Naturaleza Río Cruces en Valdivia. Existen muchos otros ambientes que son humedales de importancia en regular el drenaje de nuestros ambientes chilenos de reciente historia geológica. Muchos de ellos pueden presentar problemas de drenaje. En Chile al igual como en todas las partes del mundo con una buena pluviosidad, existen lagos que son cuerpos de agua con alta profundidad y no pueden ser utilizados para actividades edafológicas por razones obvias. Les siguen en creciente menor profundidad las "Lagunas" o represas (artificiales), las ciénagas con diferentes profundidades pero ya con parches de vegetación y bastante menor profundidad; bañados, que son terrenos inundados bajos con o sin vegetación (sumergida, natante y emergente), las vegas con aún algo de profundidad pero con bastante solidez edáfica y generalmente asociados a ríos que las inundan temporalmente y los pantanos ("marshes", Weller, 1994) que ya poseen una heterogeneidad mayor en cuanto a vegetación y solidez de tipos de fango; poseen bastante mas asociaciones de vegetación emergente. En Chile estos están acompañados en el sur por los "Catricos" (de agua dividida, cortada, en mapundugun) que son vías de drenaje con poca pendiente con profundidades medianas a leves y que fluctúan de acuerdo a las variaciones de la napa friática. Están por lo general rodeados de un bosque muy particular de Mirtáceas que se conocen como "Hualves". Por lo general los catricos drenan hacia ríos de flujo y cauce mas rápido. Los Catricos están siendo ocupados para uso de sus aguas o vertederos de purines, entre otros. En otros casos son simplemente rellenados. Algo similar sucede con los "mallines", que en este caso son pozones en sectores planos y sin pendientes, que fluctúan en sus niveles de agua de acuerdo a aquellas de las napas subterráneas. Son sectores aislados y también constituyen asociaciones vegetales especiales por problemas de drenaje. Por lo general son utilizados, al igual que las vegas, para ganadería en áreas en donde existen sequías temporales en períodos estivales. Algo parecido pero con un proceso diferente, son los Ñadis que son suelos delgados en topografía plana y con presencia de un horizonte cementado e impermeable, llamado fierrillo. Estos suelos se anegan en otoño/ invierno y se secan durante el verano. La vegetación original que evolucionó con estos suelos ha sido mayoritariamente alterada o destruida (Ramírez et al, 1993). En la actualidad existe interés por reforestar estas amplias extensiones de Ñadis que alcanzan más de medio millón de ha con matorral y bosques, con plantaciones y otros usos de mayor productividad (Corti et al., 1999).

Uno de los otros mas vastos ambientes interfase suelo/agua – y restringiéndome al sur de Chile – son las turberas que son verdaderas esponjas en regular el drenaje en zonas de alta pluviosidad, de altura o en latitudes altas y de origen glacial (desde la Xa. región a Magallanes, véase a Pisano, 1983). Conforman el Complejo de Tundra (sin permafrost) magallánica. Sus características no han sido estudiadas aún en profundidad en Chile, aunque ya se están usando en forma controlada en la región cerca de Punta Arenas. En otras partes del mundo las turberas han sido excesivamente utilizadas no solo para combustible, sino que como retenedor de nutrientes en la jardinería avanzada o para plantaciones forestales.

Antes de finalizar es interesante hacer un análisis de los aspectos críticos en la conser-

vacación de humedales en Chile.:

- a) En primer término llama la atención la ausencia de reglamentación para hacer operativas las Convenciones de Ramsar y de la Biodiversidad. Legalizar el Comité Nacional de Humedales y aprobar oficialmente la Estrategia Nacional de Humedales, que descansa en algún escritorio hace dos años.
- b) No existe una legislación protectora de humedales como ecosistema.
- c) Existencia de Leyes y Códigos que tienen consecuencias negativas sobre la conservación de humedales, por ejemplo el D.L. 701 de bonificación a la reforestación que se traduce mayoritariamente en plantaciones de exóticas, el Código de Aguas, etc.
- d) Carencia de una masa crítica de profesionales, académicos y funcionarios capacitados en conservación de humedales.
- e) Ausencia de técnicas y datos de valoración económica de los recursos naturales referido a humedales.
- f) Empleo de los humedales como recipientes de aguas servidas (“wetlands are not wastelands”), residuos industriales líquidos (RILES) y residuos industriales sólidos (RISES).
- g) Transformación de humedales en terrenos agrícolas de explotación intensiva como los arrozales.
- h) Empleo de humedales como fuente de agua para riego o para usos urbano e industrial.
- i) Transformación de áreas ribereñas de los humedales por efecto de actividades silvícolas, agropecuarias, urbanas e industriales que repercuten en la erosión y contaminación de las napas subterráneas que alimentan al humedal.
- j) Percepción negativa de la utilidad de los humedales por parte de la población, de los agentes de desarrollo público y privado, de los urbanistas y de los gestores ambientales. Esta ponencia desea presentar una visión crítica sobre el gradiente de ambientes acuáticos – húmedos, agua - suelo y su importancia en funciones, valores y atributos para la humanidad y no sólo como un ambiente - elemento más para ser incorporados al sistema productivo nacional. La biodiversidad, valor, funciones y atributos de estos humedales endémicos no se conoce suficientemente y si se desea hacer uso, drenaje o relleno de ellos, habrá que planificar, previos estudios, cuidadosamente su manejo y utilización sustentable por los expertos apropiados.

BIBLIOGRAFÍA:

- CORTI, D., C.ALARCÓN Y J.CABRERA. 1999. Los suelos ñadis en la Xa región, programa Ñadis para la forestación de las Prov. Osorno, Llanquihue y comuna de Ancud. INFOR. 19 pp.
- Davis, T.J., D.Blanco y M.Carbonell. 1996. Manual de la Convención de Ramsar, una guía a la Convención sobre humedales de Importancia Internacional. Oficina Ramsar, Suiza. 211 pp.
- MITSCHEW, W.J Y J.G.GOSSELINK. 2000. Wetlands. 3ª ed. John Wiley & Sons, Inc. N. York 920 pp.
- PISANO, E, 1983. The Magellanic Tundra complex. In : Mires: swamp, bog, fen and moor, B.Regional Studies. Ed. A. J. P. Gore. Elsevier Scient. Publ.Co.: 295 - 329
- RAMÍREZ, C., CH.SAN MARTÍN, F. URIBE Y R.MACDONALD. La vegetación nativa de los Suelos de Ñadi valdivianos (Chile). Agricultura Técnica (Chile) 53(1): 55-74
- Soc. Chilena de la Ciencia del Suelo. 1989. Los Suelos de Drenaje restringido. Boletín N° 9. Varios Artículos en 217 pp.
- SEMENIUK, V Y C.A.SEMENIUK. 1997. A geomorphic approach to global classification for natural inland wetlands and rationalization of the system used by the Ramsar Convention - discussion. Wetland Ecology and Management 5: 145 - 158.
- WELLER, M.W.1994. Freshwater Marshes., ecology and wildlife management. 3d edition. University of Minnesota Press. Minneapolis. 154 pp.

PROPOSICIONES DE INVESTIGACIÓN DE DRENAJE EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE

Wilfredo Vera E., Walter Luzio L., Carlos Benavides Z. y Manuel Casanova P.
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se han ido produciendo importantes avances en la disciplina del drenaje agrícola. La mayor parte de este desarrollo se ha verificado en grandes centros de investigación de prestigio internacional, los cuales destinan importantes esfuerzos y recursos con la convicción final que el drenaje agrícola constituye una herramienta de manejo hídrico esencial para resolver problemas productivos y de manejo ambiental. Hoy en día, no se percibe simplemente como una forma de «secar» suelos, sino como una parte integral del manejo hídrico general de una región, con efectos adicionales muy amplios de tipo ecosistémico, lo cual lo hacen parte y lo vinculan con políticas relativas a la conservación y destino de las zonas pantanosas, protección de la vida silvestre y la biodiversidad, de manejo hidrográfico y de los impactos potenciales de tipo principalmente químico (agroquímicos) sobre aguas superficiales y subterráneas. Esto abre un amplio espacio para el estudio e investigación de nuevos problemas e interrelaciones con una clara dimensión de país y mas precisamente de nivel regional. La superficie de suelos que presenta condiciones de mal drenaje, en grados variables, es relativamente importante en Chile, estimándose a fines de los años 80 que ésta alcanzaba a 900.000 ha (Alcayaga, 1989); todas con posibilidades de recuperación y/o mejoramiento por drenaje artificial. Esta realidad implica potencialmente la necesidad de realizar, a nivel de país, una gran inversión en habilitación de suelos, la cual debería desarrollarse de acuerdo con la nueva concepción del problema y en base a una adecuación a nuestras condiciones de suelos y de climas, del conocimiento y medios técnicos actualmente existentes relacionados con los adelantos producidos en la teoría del drenaje, modelación de sistemas, ingeniería y materiales de construcción.

ALGUNAS PROPOSICIONES DE INVESTIGACIÓN EN DRENAJE

Existen diversas temáticas en las cuales sería necesario realizar investigación de drenaje en el país y particularmente en la zona centro sur de Chile. A continuación se describen algunas de indudable interés.

1. Referentes a la evaluación y sistematización de la experiencia acumulada. El Estado de Chile, a través de la Ley 18.450, ha estado realizando desde su vigencia en 1986 una significativa inversión en obras de drenaje artificial a través del país, las

cuales se han realizado bajo pautas técnicas que especifican la clase de estudios y mediciones de los parámetros requeridos. Esta acción que sin lugar a dudas ha permitido un mejoramiento de las condiciones de trabajo y de la productividad agrícola de la superficie beneficiada, ha permitido acumular una interesante cantidad de información, acerca de la cual se pueden hacer los siguientes planteamientos:

* De acuerdo con Salgado (1989), el objetivo fundamental de los estudios e investigaciones con fines de diseño de los sistemas de drenaje, radican en la necesidad de estudiar exhaustivamente el área problema, como única forma de disponer de suficientes elementos de juicio para proceder a un diagnóstico realístico del mismo. Cada proyecto aprobado y ejecutado, consecuentemente, representa un estudio de caso referente a diversas combinaciones de cultivos, propiedades hidrofísicas de suelo y sistemas hidrológicos locales (experimentación no formal), los cuales deberían ser sistematizados y analizados.

* En otro plano, dada la alta componente local de las situaciones de mal drenaje y considerando que las bases técnicas de la Ley 18.450 dejan un amplio margen al criterio y experiencia del proyectista en determinados aspectos metodológicos, se puede prever que los resultados de drenaje dependerán de la calidad del enfoque, del nivel de rigurosidad de los estudios específicos, de los criterios de diseño utilizados en cada caso, así como también, del punto de vista técnico empleado en las revisiones que los han aprobado. Sin embargo, lo anterior no implica necesariamente que las soluciones y criterios técnicos adoptados no puedan ser materia de un análisis crítico retrospectivo, que permita rescatar lo que es pertinente y detectar posibles falencias.

* La delimitación del área a drenar se establece fundamentalmente en base a los resultados del estudio agrológico de los suelos. Sin embargo, estos estudios dan una visión estática de los componentes del sistema y que no reflejan fielmente el dinamismo geoespacial de éstos. Por lo tanto es imprescindible desarrollar actividades que apunten a caracterizar en forma real las propiedades del suelo que, se sabe varían generalmente en una forma sistemática en los ambientes naturales.

Luego, uniendo los aspectos anteriores, se puede argumentar que si los proyectos ejecutados han respondido plenamente a las necesidades de drenaje requeridas en cada caso, entonces los criterios y metodologías utilizados en la fase de elaboración de los proyectos son los adecuados y por lo tanto constituyen un cuerpo de información técnica valioso, que debería ser útil como marco referencial para la elaboración y evaluación de nuevos trabajos en áreas similares. Esto requiere un esfuerzo de seguimiento de las situaciones de campo obtenidas, caso por caso, lo cual permitirá que las futuras inversiones en este ámbito se apoyen sobre bases cada vez más sólidas. Una parte importante de la experiencia norteamericana y holandesa en drenaje agrícola proviene de una confrontación entre la teoría y los resultados prácticos de campo.

2. Referentes a la conservación del agua de drenaje.

La visión actual tendiente a una optimización del uso de los recursos naturales suelo y agua, aún en regiones húmedas, obligaría a replantear el problema relativo a los tipos de sistemas de drenaje a implementar y considerar como alternativa posible, sistemas que permiten realizar técnicas de manejo del nivel freático (Busscher et al, 1992).

Una de las formas de manejo de niveles freáticos que está adquiriendo cierta importancia actual en USA, por ejemplo, en donde ya existen alrededor 800.000 ha funcionando, es el denominado Drenaje Controlado (Skaggs, 1999). Estos corresponden a sistemas que permiten aprovechar el aporte capilar desde el nivel freático hacia la zona de raíces, en respuesta a fluctuaciones dirigidas del nivel freático mediante manipulación de compuertas instaladas en las bocas de salida. Están propuestos para áreas húmedas, en las cuales existen suelos planos (0-1% de pendiente), que requieren drenaje artificial debido a que presentan nivel freático estacional alto (presencia de rasgos redoximórficos a menos de 50 cm), sin infraestructura de riego y con pluviometría incierta durante la estación de crecimiento, pero no expuestos a períodos secos prolongados. Se diseñan básicamente en base a sistemas subsuperficiales, pudiendo combinarse con zanjas abiertas a nivel de los colectores principales.

Entre las ventajas adicionales de los sistemas de Drenaje Controlado en relación a las obtenidas con un sistema de drenaje artificial convencional, se tienen primariamente: i) la conservación del agua del suelo, y ii) reducción de los períodos de estrés hídrico (secanos de lluvias). Secundariamente: iii) reducción de la descarga para sistemas diseñados con coeficiente de drenaje alto, iv) disminución de la lixiviación de nutrientes y v) control de la subsidencia en suelos orgánicos, entre otras.

Las necesidades de investigación en esta área están específicamente relacionadas a estudios de la velocidad de respuesta del nivel freático frente a cambios de descarga. Para esto se necesita realizar trabajos relacionados al espaciamiento de los drenes, bajo diferentes características hidrofísicas de los suelos (conductividad hidráulica, porosidad drenable y retención de humedad) en áreas susceptibles de implementar. Adicionalmente su aceptación como alternativa económica requiere de evaluaciones de la variación de la productividad agrícola, con respecto al sistema convencional o sin proyecto, bajo distintos criterios de manejo del nivel freático.

3. Referentes a la profundidad media del nivel freático de diseño.

En los suelos con nivel freático alto, el rendimiento de la mayor parte de los cultivos puede ser efectivamente relacionado con la profundidad del nivel freático. Esta respuesta productiva que es indirecta, está relacionada con los efectos de la saturación hídrica del suelo sobre las condiciones de aireación, temperatura, disponibilidad de nutrientes y humedad disponible en el suelo, sobre el crecimiento y productividad de las plantas. Existe nominalmente un «óptimo» de profundidad del nivel freático, a la cual el cultivo no está expuesto a saturación ni a déficit hídrico. A dicha profundidad los factores directos dejan de ser limitantes y los rendimientos se maximizan.

Los resultados de investigaciones con niveles freáticos controlados, sin embargo, muestran para una misma especie que el «óptimo» es sitio específico y por lo tanto altamente variable (Evans y Fausey, 1999). Así, para una especie cultivada determinada, las diferencias de sitio respecto a: i) las variables edáficas a la profundidad drenada (espacio poroso libre, características de retención de agua, resistencia mecánica del suelo, altura de la franja capilar, conductividad hidráulica) y ii) condiciones climáticas (temperatura, radiación, demanda atmosférica de agua); y por otra parte, la influencia de los factores genéticos del cultivo (sistema radical, resistencia a saturación y al estrés hídrico), los cuales incluso muestran diferencias a nivel varietal, determinan una alta variabilidad para la profundidad óptima de las especies, de modo que la profundidad media de diseño no puede ser determinada en base a agrupaciones texturales y de cultivos.

La importancia de este aspecto incide en forma clara en aspectos de diseño de los sistemas de drenaje artificial, dada la relación espaciamento-profundidad de los drenes; y por otra parte, debido a la relación profundidad-rendimiento, se afecta la relación costo-beneficio del proyecto. Luego, una línea de investigación que debería ser abordada es la determinación de la relación profundidad-rendimiento bajo diversas condiciones edafoclimáticas para los cultivos zonales.

4. Referentes a la estimación de la conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica saturada (K_s) es uno de los parámetros más importantes utilizados en diseño de drenaje, por cuanto determina el espaciamento de los drenes. Su valor depende de la geometría y distribución por tamaño de la porosidad y como tal, está sujeta a variación espacio-temporal, natural o inducida por manejo. Además puede presentar anisotropía, de manera que los valores que interesan son los obtenidos para la dirección del flujo.

En principio, la metodología de medición de la K_s con fines de diseño debería realizarse instalando un dren y calcular la K_s , en base a mediciones de la descarga del dren y la posición del nivel freático. En la elaboración de proyectos nuevos esto no es práctico y por lo tanto es necesario recurrir a mediciones de campo dentro de la región de flujo, mediante procedimientos que requieren la confección de pozos de diámetro pequeño (10-20 cm). Existen varias metodologías publicadas (ver por ejemplo Bouwer y Jackson, 1974), siendo una de las más populares la denominada «método del pozo barreno».

Una línea de investigación en evolución se refiere a la obtención de procedimientos de campo para la medición de la K_s en suelos pedregosos, en los cuales la metodología recomendada en base a perforaciones con barrenos comunes no es útil.

Si se considera que una parte importante de los problemas de mal drenaje se concentran en suelos aluviales en el país, en los cuales es común la existencia de pedregosidad en los perfiles, la estimación del espaciamento con fines de diseño de sistemas de drenaje en estos casos presenta limitaciones.

De acuerdo a lo planteado se deberían efectuar estudios similares a los trabajos realizados por Lomen et al (1987), los cuales han intentado el empleo de calicatas de geometría

arbitraria con este fin. Recientemente se han iniciado algunos estudios teóricos en relación a este tema, obteniéndose soluciones para el flujo ascendente del agua para calicatas de sección rectangular y rectangular con base cilíndrica¹. Estas metodologías requieren de una fase experimental para la obtención de factores («factores geométricos») necesarios para evaluar el gradiente hidráulico.

En otro ámbito, se puede plantear en forma tentativa, como tema de investigación, la de utilización de Funciones de Pedotransferencia para estimar los valores de conductividad hidráulica de los suelos. Una función de este tipo permite la estimación de propiedades difíciles de medir, a partir de propiedades más simples seleccionadas por procedimientos de 'step wise' y correlacionadas mediante regresión múltiple. Esta vía ha permitido la estimación de parámetros relativamente complejos en otros ámbitos de las ciencias del suelo.

Considerando que la K_s es una propiedad física de suelo de alta variabilidad, el proyectista normalmente utiliza los valores que le es posible medir o que le "recomiendan". Por otra parte, se sabe que las propiedades de los suelos varían generalmente en una forma sistemática en los ambientes naturales y que los métodos estadísticos tradicionales no describen los patrones de variabilidad espacial para propiedades que exhiben correlación espacial, pues no consideran la relación entre el valor de ellas y su ubicación en el espacio. Sin embargo, los métodos geoestadísticos proporcionan medios cuantitativos para modelar dicha variabilidad.

La teoría geoestadística descansa en la estructura espacial observada para variables regionalizadas, vale decir, variables distribuidas en el espacio y/o en el tiempo (Oliver, 1997; Trangman, et al., 1985). Si bien la información requerida es cuantiosa y el procesamiento de ésta es complejo, se dispone en la actualidad de las tecnologías adecuadas en este sentido, es decir, programas de análisis geoestadístico que permiten medir y representar con rapidez y eficiencia, variables regionalizadas. Estos programas analizan los datos para autocorrelacionarlos, utilizando posteriormente esta información para confeccionar mapas estadísticamente rigurosos del área muestreada. La interpolación de valores a través del dominio espacial lo realiza a través del análisis de semivarianza. En este sentido, el variograma o semivariograma es la función que comúnmente se utiliza para describir cómo una propiedad del suelo varía en una superficie determinada. Expresa matemáticamente la forma en la cual la varianza de una propiedad cambia en la medida que varía la distancia y dirección entre dos puntos cualesquiera (Trangman, et al., 1985). Enfoques de este tipo, que permiten conocer la magnitud y el patrón de variabilidad de propiedades edáficas pertinentes (conductividad hidráulica en este caso), han demostrado que posibilitan efectivamente optimizar el diseño de sistemas de drenaje, a través de la diferenciación de áreas que requieren espaciamientos de drenes distintos. Un ejemplo del uso de la geoestadística en este ámbito es el trabajo de Gallichand et al. (1991), siendo ésta otra línea de investigación que debería ser abordada.

El empleo de tecnologías nucleares ha demostrado tener un uso adecuado en la estimación de diferentes parámetros del suelo. Es así como se puede apreciar en Muraoka y Tzi (2000), el papel de las técnicas nucleares en el uso del agua en la agricultura,

particularmente lo referente a la estimación de la conductividad hidráulica.

5. Referentes a las necesidades de información para la estimación de las recargas.

Sobre este tema cabe las siguientes consideraciones:

* Dado el papel que juegan las diferentes fuentes de recarga y su magnitud en la cuantificación de coeficientes de drenaje y caudales de diseño en problemáticas de drenaje artificial, se puede plantear como una línea de trabajo de alta relevancia el estudio, tipificación y modelación de los principales sistemas hidrológicos reconocibles. Un esfuerzo de este tipo permitiría: identificar las fuentes de recarga, procesar y verificar la consistencia de datos hidrológicos, detectar vacíos de información y estructurar métodos de estimación de componentes. El proceso de modelación podría apoyarse, inicialmente, en la adaptación de modelos publicados:

* Una reciente publicación norteamericana (Rosenzweig, 2001) focalizó una preocupación especial acerca del impacto que está generando en agricultura el denominado « Fenómeno del Niño » (ENSO, Niño-southern oscillation), el cual es descrito como un fenómeno inherentemente irregular, con períodos de recurrencia variables entre 2 y 9 años., con intensidades variables y caracterizado por dramáticos cambios en los patrones pluviométricos. Los registros existentes sobre este fenómeno indican que los eventos recientes han sido más frecuentes y más intensos, lo cual ha sugerido una posible conexión con el calentamiento global. Sin embargo, todavía es incierta una posible relación entre cambio climático global y cambios en la frecuencia e intensidad del fenómeno.

* Además es necesario considerar las dimensiones de los drenes, sean estos abiertos o cerrados, pues ellas están basadas en la descarga de diseño requerida. Esta descarga de diseño está influenciada por la capacidad de almacenamiento del sistema de drenaje. Para reducir el apozamiento o anegamiento, un sistema de drenaje crea un sistema de capacidad tampón en el suelo, asegurando que la descarga sea constante y superior a la recarga. Si el suelo posee una gran capacidad tampón una mayor duración del período crítico puede ser adoptado y las tasas de descarga y recarga promedios pueden ser empleadas por un período prolongado. En consecuencia se requiere modelar e investigar los componentes de este sistema tampón para las diversas situaciones edáficas posibles en la Región.

Lo indicado anteriormente sugiere la necesidad de realizar investigación acerca de la influencia de este fenómeno en los registros pluviométricos nacionales. De existir una influencia clara, ésta debería reflejarse en las curvas de intensidad-duración-frecuencia de la pluviometría, calculadas en base a registros recientes, lo cual implicaría que la selección de información pluviométrica con fines de diseño debería ser cautelosa.

6. Referentes a las consecuencias que los sistemas de drenaje tienen sobre el ambiente. Sin lugar a dudas la solución a los problemas de drenaje de un área en particular, implica necesariamente de un análisis a nivel de la cuenca que se encuentra involucrada y del respectivo destino del agua en el ciclo hidrológico del área, ya que de algún modo las soluciones locales afectarán la dinámica global del sistema.

Normalmente la relación ecosistémica existente en el área involucrada en el drenaje, se verá afectada irremediablemente, de modo que, el sistema biótico natural metaestable del área será alterado. La biodiversidad (flora y fauna) manifestará cambios que, en algunos casos, puede llegar a ser impactada negativa y permanentemente en el tiempo. Esto implica, consecuentemente, que todos los proyectos de drenaje debieran considerar un análisis ambiental de la situación del medio, antes y después de la obra, de modo de establecer una cierta relación costo/beneficio ambiental que permita valorar el impacto que se ejecuta sobre el medio y tomar las medidas respectivas para aminorarlo en el caso de ser negativo.

El drenaje de los suelos implica una alteración de las condiciones en que se encuentra naturalmente el sistema. Aceptando que no existen las acciones totalmente libres de riesgo, estas acciones deberían también permitir desarrollar estrategias de solución a los problemas que de ellas se pudieran derivar. Entre tales medidas, se contemplan la protección de sistemas acuáticos continentales en relación al efecto de la calidad química de las aguas de drenaje (El-Ashry y Duda, 1999). Al respecto, los efluentes del drenaje pueden contener agroquímicos que, dependiendo de su concentración y naturaleza, pueden ejercer acción letal sobre la flora y fauna residente en dichos sistemas.

7. Referentes a sistemas de drenaje alternativos.

Diversos estudios indican que debido a la elevada capacidad de extraer y transpirar agua desde estratos u horizontes profundos, los árboles pueden controlar el ascenso del nivel freático y así evitar o moderar la inducción de problemas de mal drenaje en áreas nuevas de riego. Este verdadero biodrenaje, constituye una línea de investigación relevante en muchas situaciones de la zona y se puede vincular a cambios en los patrones de usos de la tierra.

Se precisa investigar en sistemas de drenaje de menor costo inicial como es el caso de los sistemas de drenaje con topo. Debería realizarse investigación en las principales Series de Suelos en relación a los factores más importantes que determinan la vida útil de estos sistemas. Los temas son los siguientes:

- i) la selección de equipos;
- ii) características edáficas, particularmente el estado de consistencia del suelo a la fecha de instalación, estabilidad estructural del suelo, contenidos y mineralogía de la arcilla y estabilidad volumétrica de la matriz (contracción y expansión del suelo);
- iii) régimen de variación estacional del nivel freático para determinar el período óptimo de instalación.

8. Referentes a los materiales de construcción.

Dado que la selección y durabilidad de los materiales empleados en drenaje subsuperficial depende de las condiciones del suelo, es necesario desarrollar criterios a través de investigaciones de carácter local, que permitan dimensionar tales aspectos. Así por ejemplo los drenes subsuperficiales requieren materiales envolventes que impidan su colmatación. Estos materiales son de distinta naturaleza y un aspecto importante de considerar en la selección de éstos, es la textura y estabilidad estructural del suelo.

CONSIDERACIONES FINALES.

La investigación en múltiples aspectos de la disciplina del drenaje agrícola tiene una indudable componente local, debido a la alta incidencia de la relación suelo-clima en sus resultados. Se necesita, en consecuencia urgentemente atender diversas problemáticas, en particular, atendiendo las nuevas tendencias que exigen un análisis integral de sus efectos, debido a que los cambios en la hidrología natural de un área inducidos por las prácticas de drenaje agrícola inciden en el resto del ecosistema.

En consecuencia, no aparece como técnicamente válida la opción de drenar los suelos solo porque se encuentran estacionalmente saturados o porque en una determinada área existen localmente suelos más húmedos. Como se ha manifestado en este trabajo, las variables que se deben considerar son muchas y sus evaluaciones solo son válidas para el sitio o la localidad considerada. Cualquier extrapolación de los parámetros, las mediciones o las soluciones corre el riesgo de presentar un margen de error no aceptable para los elevados costos que involucra cualquier sistema de drenaje.

Específicamente para aquellos suelos de la IX y X Región que poseen problemas de mal drenaje debieran llevarse a cabo estudios específicos que consideren las condiciones locales. Toda aproximación que pretenda generalizar el problema de drenaje de los suelos puede considerarse como un fracaso técnico y económico.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCAYAGA, S. 1989. Origen, distribución y caracterización de los suelos de drenaje restringido. In: Los suelos de drenaje restringido. p 1-25. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N°9.
- BOUWER, H. AND JACKSON, R.D. 1974. Determining soil properties. In: van Schilfgaarde, J. (eds). Drainage for agriculture. Agronomy 17. Am.Soc.Agr. Inc. Madinson, USA. 700p.
- BUSSCHER, W.J., SADLER, E.J. AND WRIGHT, F.S. 1992. Soil and crop management aspects of water table control practices. J. Soil and Water Conservation 42(1): 71-74.
- EL-ASHRY, M. AND DUDA, A. 1999. Future perspectives on agricultural drainage. In: Skaggs, R.W. and van Schilfgaarde, J. (eds). Agricultural drainage. Agronomy 38. Am.Soc.Agr. Inc. Madinson, USA. 1328p.
- EVANS, R AND FAUSEY, N. 1999. Effects of inadequate drainage on crop growth and yield. In: Skaggs, R.W. and van Schilfgaarde, J. (eds). Agricultural drainage. Agronomy 38. Am.Soc.Agr. Inc. Madinson, USA. 1328p.
- GALLICHAND, J., PRASHER, S.O., BROUGHTON, R.S. AND MARCOTTE, D. 1991. Kriging of hydraulic conductivity into drainage design. J. Irrig. Drain. Eng. 118:744-755.
- LOMEN, D.O., WARRICK, A.W. AND ZHANG, R. 1987. Determination of hydraulic conductivity from auger hole and pits-an approximation. J.Hydrol. 90:219-229.
- MURAOKA, T. Y TZI, E. 2000. Mejoramiento del uso del agua en la agricultura: El papel de las técnicas nucleares. ARCAL (Acuerdo Regional de Cooperación para la Ciencia y la Tecnología Nucleares en America Latina y El Caribe), CENA – USP (Centro de Energía Nuclear na Agricultura – Universidade de Sao Paulo. 131p.
- OLIVER, M. 1997. The analysis of spatial data. Notes for Swedish University of Agricultural Sciences. University of Reading, U.K. 63 p.
- ROSENZWEIG, C. (ed.) 2001. Impacts of El Niño and climate variability on agriculture. ASA Special Publication N°63. Sc. Soc.Am. and Soil Sc.Soc.Am., USA. 126p.
- SALGADO, L. 1989. Habilitación de suelos con drenaje restringido. In: Los suelos de drenaje restringido. p 160-193. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N°9.
- SKAGGS, R.W. 1999. Water table management: Subirrigation and controlled drainage. In: Skaggs, R.W. and van Schilfgaarde, J. (eds). Agricultural drainage. Agronomy 38. Am.Soc.Agr. Inc. Madinson, USA. 1328p.
- TRANGMAR, B., YOST, R. AND UEHARA, G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy 38: 45 – 94.

«VISIÓN DEL SECTOR PRODUCTOR RESPECTO DE LA FORMULACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE DRENAJE DE LA LEY 18.450»

Miguel Santamaría Diestre
Director Ejecutivo
SAVAL F.G.

En el contexto de las políticas de fomento y programas de apoyo al sector agrícola, la Ley N° 18.450 junto al Programa de Recuperación de los Suelos Degradados posiblemente sean las dos herramientas con las cuales el Estado de Chile ha llegado de manera más directa y efectiva en ayuda de la agricultura regional.

El sector agrícola chileno y muy en particular la agricultura tradicional del sur, se ha visto enfrentada en los últimos años a una apertura unilateral de nuestro comercio agrícola en un escenario absolutamente desfavorable e injusto producto de las graves distorsiones de precios de los commodities agrícolas en el mercado internacional, las cuales son generadas por las multimillonarias políticas de subsidios con que los países desarrollados apoyan a sus productores agrícolas.

Nosotros creemos firmemente en la apertura comercial y en la competencia que esta genera, la cual en definitiva ha posicionado a nuestros agricultores entre los que cuentan con los mas altos índices de eficiencia productiva en el mundo, en prácticamente todos los rubros tradicionales.

A pesar de lo anterior, nuestro sector esta inmerso en una gravísima crisis de rentabilidad desde hace varios años, escenario que no parece tendrá cambios positivos al menos en el corto o mediano plazo, de acuerdo a lo que se ha podido observar que esta ocurriendo con las políticas de protección y subsidios que siguen implementando nuestros principales socios comerciales en el sector agropecuario.

Los agricultores vemos en los programas de apoyo implementados por las autoridades de gobierno una manera de compensar mínimamente la desleal competencia que enfrentamos en muchos de nuestros rubros productivos, y dentro del conjunto de esas herramientas, el riego y el drenaje creemos que son de las que tendrán un mayor impacto de largo plazo en mejorar las condiciones de competitividad del agro nacional.

En la zona sur específicamente, el tema del drenaje es de particular relevancia considerando que la gran mayoría de las explotaciones agrícolas cuentan con sectores que no han sido plenamente incorporados a los procesos productivos por las limitaciones que presentan los suelos con deficiencias de drenaje.

A pesar del conocimiento de esta realidad y la voluntad de superarla que existe en todos los actores del sector, agricultores, profesionales asesores y consultores, entidades de investigación y difusión, servicios gubernamentales, empresas, etcétera, lo que se ha logrado avanzar es realmente poco considerando el tiempo transcurrido y los recursos que han estado disponibles.

En efecto, los agricultores vemos con gran desazón que al momento de emprender la elaboración y ejecución de un proyecto de esta naturaleza, aflora un tortuosos camino de tramitación burocrática y recolección de una cantidad infinita de antecedentes y requisitos, muchos de los cuales luego de tediosas y extensas jornadas de trabajo y análisis por parte de los profesionales responsables del proyecto, se comprueba que no tienen aplicación práctica, o el grado de detalle exigido ha sido exagerado para las reales necesidades de diseño y ejecución del proyecto.

Lo anterior lleva a que muchos agricultores prefieren hacer un trabajo por su propia cuenta donde simplemente se contrata una retroexcavadora y se hacen algunos fosos que solucionan problemas puntuales, pero no existe una solución integral del problema y no siempre es la más eficiente.

Tema aparte es la aparente falta de coordinación existente en ocasiones entre algunos de los entes responsables de aprobar, financiar o fiscalizar el diseño y ejecución de las obras, lo que resulta en solicitud de antecedentes y en exigencias a veces contradictorias con los objetivos del proyecto.

Por lo expuesto anteriormente sugerimos que para fortalecer la aplicación de este instrumento de fomento del Estado, Concurso de Drenaje de la Ley 18.450, y lograr efectivamente el desarrollo de obras de drenaje, se modifiquen las bases de los concursos que contemplan la determinación de varios parámetros que no prestan ninguna utilidad en los cálculos de diseño de las obras para la realidad de la zona sur de Chile.

Entre otras modificaciones que creemos necesario considerar, se encuentra la exigencia del Plano de Isohipsas o equipotenciales que no se justifica en zonas donde la principal fuente de abastecimiento o recarga de aguas proviene de las lluvias, parámetros de salinidad, conductividad hidráulica del suelo, permeabilidad, clases de profundidad y humedad del suelo, sodicidad y propiedades físicas, químicas y físico-hídricas del suelo que deben contemplar entre otros los estudios agrológicos, y que podrían ser obviados sin que esto afecte la calidad del proyecto ya que no se ocupan en ningún cálculo de diseño.

De todo lo anterior se desprende que en general las bases de los concursos no se encuentran adaptadas a las condiciones específicas de nuestra zona, donde el principal problema se deriva de la gran magnitud de las precipitaciones y de las condiciones especiales de nuestros suelos.

Lo anterior no es un hecho aislado, otra herramienta de fomento como el D.L N° 701 ha debido ser modificada recientemente para adecuarla a la realidad de la zona sur donde su aplicación fue muy marginal al no contemplar las particularidades agroclimáticas de nuestra región.

Nuestro temor es que una situación similar pudiera afectar a esta herramienta de fomento de no efectuarse las adaptaciones necesarias a nuestra realidad, con lo cual nuestra agricultura una vez más pudiera verse marginada o limitada en la utilización de recursos que ayuden a materializar inversiones de gran impacto socioeconómico en el largo plazo. Por otra parte debemos mencionar la situación a la que se ven enfrentados muchos interesados en ejecutar proyectos de drenaje, cual es la falta de un sistema de

financiamiento para los costosos estudios previos que exige la elaboración de estos, el FAT temático ya no opera y el «Programa de preinversión en riego y drenaje» aún no está operativo, lo que en ocasiones es la causa de que el interesado desista de llevar a cabo un proyecto con claros beneficios económicos y sociales para la región.

Todo lo anterior configura un escenario que en ocasiones ha hecho sentir a los interesados en estos instrumentos que les han contado una historia de ciencia ficción por una parte, y los responsables de los programas sientan que los agricultores no están interesados o no comprenden los beneficios de los mismos por otra, lo cual en definitiva ha dificultado la materialización de muchos proyectos perdiéndose la oportunidad de ejecutar inversiones que en el actual escenario regional hubiesen sido de un valor inestimable en la generación de mejores expectativas económicas y laborales.

La situación antes descrita nos enfrenta al absurdo que los recursos para la ejecución de obras no se están siendo utilizados en toda su disponibilidad al no formularse suficientes proyectos por falta de financiamiento para los estudios previos, lo que es contradictorio con la fuerte inversión realizada el año pasado en capacitar profesionales para la elaboración de proyectos.

Creemos que el actual estado de cosas nos exige plantear la necesidad que la Comisión Nacional de Riego estudie alguna fórmula que permita poner a disposición de los interesados a través de CORFO, un % de los fondos contemplados para cada concurso destinados al financiamiento de los estudios requeridos para la formulación de los proyectos.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del Seminario de Drenaje cubren un abanico de consideraciones políticas, técnicas, jurídicas y sociales, sin embargo una conclusión que ningún asistente dejó de percibir, fue la notable sensibilidad, respeto y compromiso expresado por la comunidad presente – agricultores, investigadores, docentes, profesionales y estudiantes – con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad de la región y del resto del país. Esto conforma una masa crítica interesante para que la autoridad que realmente persiga cambios en las políticas medioambientales que favorezcan el desarrollo sustentable del país, consigne como dato. En el Chile de hoy, los ciudadanos están alcanzando un nivel de comprensión del necesario equilibrio que se debe alcanzar entre las necesidades humanas y la naturaleza, mayor que las actuales exigencias que refleja la normativa, la fiscalización y la reglamentación vigentes.

En los talleres, realizados al término de las jornadas de exposiciones y discusiones de acuerdo al Programa de Seminario, los asistentes se abocaron a generar propuestas en tres ámbitos i) Bases para el establecimiento de una política sobre drenaje, ii) Criterios para Determinar las Areas Drenables Prioritarias para que el Estado fomente la inversión privada a través de la aplicación de subsidio y iii) Propuestas agropecuarias para los suelos drenados.

En relación con las “Bases para el establecimiento de una política sobre drenaje” se concluye que:

1. Los proyectos de drenaje deben ser abordados con una perspectiva de manejo integrado de los recursos hídricos en el nivel de cuenca, teniendo en cuenta el impacto de las obras de drenaje en el ecosistema.
2. Las políticas deben contar con un plan del ordenamiento del territorio al interior de la cuenca, que defina y delimite lo que debe ser drenado y lo que no debe ser intervenido.
3. Establecer la intervención directa del Estado en la construcción de obras medianas y mayores de drenaje, en la IX y X regiones. Para tal efecto deberán hacerse las adecuaciones legales que corresponda y estudiar la posibilidad de aplicar medidas de compensación económica a los propietarios “afectados por la decisión de no intervenir”. Además, el Estado deberá considerar en su decisión de invertir, la evaluación económica, social y ambiental del proyecto macro y la recuperación de la inversión, en el mediano y largo plazo, en la cuenca, área o sector.
4. Fortalecer la capacidad institucional y promover una adecuada coordinación entre todas las instituciones involucradas en el tema de drenaje.
5. Focalizar la aplicación de la ley de fomento a la ejecución de proyectos prediales de drenaje y/o a la reparación de obras construidas con anterioridad, con el objeto que los propietarios puedan efectivamente rehabilitar plenamente sus suelos.
6. Incluir dentro de la política de drenaje la necesidad de crear Centros de Gestión quienes deben encargarse de la investigación, capacitación, transferencia tecnológica, validación y seguimiento de los proyectos realizados total o parcialmente con recursos

del Estado. Para este efecto deberán contemplarse los recursos humanos, materiales y financieros correspondientes.

7. Apoyar las modificaciones actualmente en trámite al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en la Oficina de la Presidencia de la República por más de dos años, porque este texto resguarda más apropiadamente los ecosistemas y suelos frágiles.

8. Fomentar la realización de actividades educacionales y comunicacionales que tengan como objetivo contribuir a la creación de una cultura de manejo integral de los recursos hídricos, con énfasis en el drenaje.

9. Contribuir al fortalecimiento de las organizaciones de usuarios (comunidades de drenaje) con el propósito de introducir eventualmente un mejoramiento del sistema productivo, con la participación conjunta de los usuarios y optar a otros los instrumentos de fomento del Estado actualmente vigentes.

10. Aplicar, a partir de mayo 2001, los conceptos básicos de una política de drenaje en proyectos multiprediales. Se concluye que los proyectos de drenaje de nivel macro se debieran presentar voluntariamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, instancia legal y viable existente en Chile para validar una política sustentable y sostenible para el medio ambiente. Política de largo plazo, que trasciende y se proyecta a futuro, más allá de la duración de la vida de los ocupantes pasajeros de los territorios que habitan.

En relación con los “Criterios para Determinar las Areas Drenables Prioritarias para que el Estado fomente la inversión privada a través de la aplicación de subsidio” se estableció que:

1. Identificar por cuenca hidrológica, los suelos con mal drenaje¹. Ello implica generar la cartografía delimitando las áreas mal drenadas, las áreas susceptibles de drenar o preferentemente drenables y las áreas de conservación de suelos, flora y/o fauna o preferentemente conservables, por su diversidad biológica.

2. Los criterios para excluir un área o sector como área drenable serán: fragilidad del suelo (profundidad² y posición del suelo: suelos delgados a muy delgados y los situados en pendientes, erosionados o susceptibles de erosión) y de los ecosistemas contenidos, permanencia de la condición de humedad (temporalidad del mal drenaje), contenido de materia orgánica, tamaño de las explotaciones agropecuarias, factibilidad económica – social de la explotación.

3. Preparar un glosario de conceptos que incluya términos como: Ñadi, hualve, vega, humedal, suelo agrícola, suelo drenable, suelo conservable y otros.

4. Determinar la capacidad máxima de evacuación de la cuenca en la desembocadura. Lo cual debe estar en concordancia con el caudal máximo de evacuación de las distintas

¹ CONAF: áreas protegidas.

² Hubo acuerdo en que un suelo con potencial uso agrícola debiera tener al menos 40 cm. de profundidad.

subcuencas y microcuencas con el propósito de prevenir inundaciones en los terrenos vecinos a la desembocadura.

5. La política de drenaje debiera ser coherente con los otros cuerpos legales existentes como la proposición de Ley de Protección de Suelos, los compromisos sobre conservación firmados por el Estado de Chile con organismos internacionales como el Ramsar, los “Planes Directores de Cuencas” de la Dirección General de Aguas, el Sistema de las Áreas Protegidas de la Corporación Nacional Forestal, etc.

En relación con la aplicación de algunos de los criterios definidos en este Seminario al instrumento de subsidio existente se acordó incorporar las siguientes adaptaciones:

1. Adoptar el punto 5, del acápite Políticas y destinar exclusivamente la Ley de Fomento al financiamiento de los proyectos de drenaje intraprediales y, estudiar la modificación de la Ley 1.123 para los “establecer las normas sobre la ejecución de obras de drenaje extraprediales por el Estado”.

2. Adoptar la Cuenca Hidrográfica como la Unidad Territorial ordenadora de los Concursos de Drenaje para la aplicación de la Ley de Fomento, previo a un estudio de prefactibilidad del “Proyecto de Drenaje y de Manejo Integral de los Recursos Hídricos”.

3. La habilitación de suelos por medio del drenaje, debe contar y/o estar condicionada a otros programas o instrumentos del Estado que conduzcan al desarrollo del área intervenida y continuar en la etapa posterior a la ejecución de la obra apoyada por éstos. No obstante, para el usuario debiera existir la “ventanilla única” para consultas, solicitud de permisos, inspecciones y obtención de beneficios.

4. Premiar con un puntaje adicional, consignado en las Bases de Licitación³, el diseño de los drenes principales de la cuenca, área o sector de drenaje que proponga sistemas mixtos de drenaje-riego, que impliquen un manejo de las aguas de evacuación para riego. (Ejemplo: riego subsuperficial u otra). De la misma manera, premiar con un puntaje adicional, el diseño de sistema de drenaje que incorpore medidas que favorezcan el equilibrio medioambiental, que mantengan áreas de reserva y de conservación u otras.

5. Verificar en el terreno los compromisos expresados por los titulares de los proyectos, por parte de la institucionalidad involucrada en el Control y la Fiscalización.

6. Exigir a los Consultores un mapa a escala conveniente (1:25.000 ó 1:50.000) que represente la información sobre infraestructura de Obras Públicas existente aguas arriba y aguas abajo del proyecto, como puentes, acueductos, sifones, de manera de prevenir efectos hidráulicos no calculados sobre la infraestructura previamente construida.

7. Incluir un equipo multidisciplinario de especialistas, desde la concepción de un proyecto de drenaje.

8. Establecer un sistema de registro de información base, en relación con la ejecución de los proyectos de drenaje que se hayan adjudicado los subsidios.

³ El puntaje de los proyectos que ingresan a los Concursos de Drenaje para la aplicación de la Ley 18.450

En el tercer aspecto “Las propuestas agropecuarias para los suelos drenados se establecieron tres líneas de acción:

- 1) Capacitación.
- 2) Desarrollo de la investigación y asistencia
- 3) Desarrollo técnica de las comunidades de drenaje y

Primera línea de Acción: Desarrollar un programa de capacitación, asistencia técnica y seguimiento de proyectos de drenaje.

1.1 Los Sistema de Drenaje debieran vincularse con un Programa de capacitación, asistencia técnica y seguimiento de proyectos de habilitación de suelos que conduzcan al desarrollo de la explotación luego de construidas las obras.

1.1.1 La capacitación, asistencia técnica y seguimiento debiera concebirse como un programa de mediano y largo plazo. La capacitación en al manejo y mantención de los drenes debiera realizarse antes, durante y después de un Proyecto de Drenaje. Diferenciada de acuerdo a la demanda de la población objetivo, en orden de prioridad: agricultores líderes y responsables de los proyectos, Consultores; Extensionistas; Técnicos y profesionales y los contenidos entregados deben responder a los intereses, expresados en forma participativa por la organización de drenantes.

1.1.2 Las herramientas tradicionales como charlas, parcelas demostrativas y de validación, deben enriquecerse con métodos interactivos nuevos y uso de herramientas como INTERNET u otras.

1.1.3 Nuevas alternativas productivas propuestas deben considerar seguridad en el mercado y comercialización, especial cautela debe tenerse cuando esta información se entrega a pequeños productores. Reviste significado, incorporar académicos y expertos en aplicaciones prácticas reales.

Segunda línea de Acción: Desarrollo de un programa de Investigación y Transferencia Tecnológica.

2.1 Generar nueva información que responda a interrogantes sin resolver y problemas recientes y desarrollo de la investigación local y transferencia tecnológica en el predio del productor. Los temas son:

- * Establecimiento de praderas. En la IX y X regiones, es prioritario por el impacto económico en la explotación y en la región.
- * Establecer parámetros hidráulicos para los suelos locales, en el diseño de obras, y de estructuras y sistemas de control de drenaje intra y extrapredial.
- * Otras formas de aprovechamiento de los cultivos existentes y alternativas productivas como chacarería, flores, y su factibilidad económica para los predios regionales.
- * Nuevos estándares en el manejo de la fertilización de suelos drenados. Lixiviación de nutrientes.
- * Efecto biológico del drenaje en el suelo.
- * Relación entre drenaje v/s déficit hídrico y drenaje v/s riego. Se requiere avanzar en la investigación de técnicas y mecanismos de control de los recursos hídricos con el propósito de desarrollar técnicas integradas de manejo del agua evacuada, para no afectar

el ciclo hidrológico y las fuentes de abastecimiento de las napas subterráneas

3) Tercera línea de Acción: Organizar Comunidades de Drenaje. Es fundamental organizar a los drenantes para mantener las obras, atraer nuevos instrumentos de fomento, analizar la búsqueda de financiamiento de futuros proyectos de desarrollo, crear planes de desarrollo del área y generar recursos para financiar la inversión en drenaje.

La capacitación de los dirigentes debe abarcar aspectos técnicos, legales y administrativos relativos a las Comunidades de Drenaje.