

FORESTACIÓN CON RIEGO EN AGUADA PICHANA (NEUQUEN)

Rodolfo Mendoza¹ y René Portal²

1. CEFYBO (CONICET). Serrano 669. 1414 Buenos Aires. T.E. y Fax: 4857 0847.

E-mail: emendoza@mail.retina.ar

2. TOTAL AUSTRAL S.A. Moreno 877. 1091. Buenos Aires. T.E. 4346-6400.

Sinopsis

El área del Yacimiento de Aguada Pichana tiene clima seco, precipitaciones inferiores a los 200 mm anuales, persistentes vientos, alta radiación y temperatura en verano; suelos alcalinos, salinos, sódicos (pH 8.8; CE 5.7 ds/m; PSI 47%), pedregosos y con poca profundidad efectiva; bajos niveles de materia orgánica, fósforo y nitrógeno para el crecimiento vegetal; y aguas disponibles, no aptas para riego (C4S4). En estas condiciones extremas, se planteó realizar una forestación bajo riego con especies arbóreas y arbustivas que se adapten a las condiciones edafoclimáticas del lugar. En Agosto de 2000 y de 2001, se plantaron un total de 218 plantas que se regaron por goteo con agua del Río Neuquen: falso olivo (133), piracanta (28), retama (18), olmos (10), pinos (7), álamos (16), tamariscos (6), además de un arbusto nativo ya existente (jarrilla). La supervivencia fue de 88% en el primer año, y luego de las reposiciones y al cabo de dos años la supervivencia alcanzó el 95%.

El riego además de suministrar agua de buena calidad para el crecimiento de las plantas, provocó el lavado del Na y su reemplazo por Ca en el complejo cambio del suelo, y paulatinamente una disminución del pH, conductividad eléctrica y PSI con la consecuente mejora de las condiciones generales para el crecimiento vegetal y del ecosistema en general.

Introducción

El área Noreste de la Provincia de Neuquen cuenta con un clima seco con precipitaciones escasas durante todo el año y persistentes vientos que dificultan la implantación de cualquier especie vegetal destinada a producción u ornamentación sin el suministro adicional de agua para el crecimiento. El clima del lugar se encuentra clasificado como árido, de régimen Aridico según la clasificación americana (USDA 1975). Las precipitaciones no superan los 150 mm al año en algunos casos y la cantidad de días durante el año sin o con lluvias inferiores a 1 mm superan los 320 días. Las temperaturas son elevadas, existe alta radiación y esto determina que la evaporación, sobre todo en los meses de verano, sea también muy alta.

Otro inconveniente existente en la zona es el tipo de suelos presente, que en gran parte de los casos son alcalinos, pedregosos y con poca profundidad efectiva. Desde el punto de vista de la fertilidad, también presentan grandes limitaciones para el crecimiento vegetal debido a los bajos niveles de materia orgánica, fósforo y nitrógeno.

El objetivo general de este proyecto fue realizar una forestación con riego y con especies arbóreas adaptadas a los suelos y a las condiciones climáticas del lugar.

Desarrollo

Sobre la base de toda la información recogida y de los estudios previos realizados en el lugar, se llevaron a cabo diversas tareas con métodos apropiados y diseñando para tal fin.

Disponibilidad de agua

La Planta de Aguada Pichana cuenta con tres tipos de agua denominadas comúnmente: a) agua de incendio: se trata del agua obtenida de perforaciones y almacenada en tanque para ser usada en caso de incendio; b) agua de consumo: es el agua de incendio que se trata en un equipo de osmosis inversa y se utiliza para el consumo del personal, aunque no se recomienda para beber; y c) agua de efluente: es el agua de desecho que genera la actividad humana, y se trata luego en Planta mediante un sistema de recuperación. Según muestras de los tres tipos de agua tomadas y de los análisis realizados sobre las mismas se determinó que ninguna de las aguas disponibles resultan apropiadas para utilizarlas en el riego de especies vegetales. Las mismas han sido clasificadas como NO APTAS para riego (Tabla 1). De este modo se plantearon distintas alternativas para disponer de agua de buena calidad para riego, requisito indispensable para la iniciación del proyecto de forestación.

Sobre la base de las alternativas planteadas y la disponibilidad de Total Austral, se decidió utilizar agua del Río Neuquen (Tabla 1) y construir un tanque de cemento premoldeado de 45.000 litros de capacidad para su almacenamiento y posterior utilización para riego. El tanque se dispuso fuera del predio de la Planta en lugar estratégico por su altura y ubicación, y dispone de unos 30.000 litros que son transportados en camión cisterna, desde Añelo distante a 45 km de la Planta.

Los resultados de la Tabla 1 indican que en el agua de incendio, el valor de pH, conductividad eléctrica, y la concentración de Na, son altos al igual que su RAS. Esta calidad de agua resulta inapropiada para riego, es salino-sódica y se la califica como C4S4. El agua de consumo tiene un pH algo inferior, pero tanto la conductividad eléctrica como el Na y el RAS, no han bajado lo suficiente como para obtener agua de una calidad tal que permita utilizarla para riego. Esta calidad de agua también se la calificó como C4S4 y tampoco es apta para riego. El agua de efluente tiene el menor valor de pH y cercano a la neutralidad, sin embargo la cantidad de sales, la concentración de Na y el RAS siguen siendo altas (C4S4) como para calificarla como apta.

Tabla 1. Análisis químicos del agua de: Incendio, Consumo, Efluente y Riego existentes en la Planta de Aguada Pichana.

Agua	pH	CE	Cationes				Aniones				RAS	Clase
			Ca ²⁺ (mS/cm)	Mg ²⁺	Na ⁺ (cmol/l)	K ⁺	CO ₃ ⁼	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻ (me/l)	SO ₄ ⁼		
Incendio	9.0	3.22	0.1	0.08	45.1	0.10	7.9	10.1	10.0	7.5	150.3	C4S4
Consumo	8.1	2.61	0.1	0.02	32.1	0.07	---	12.3	9.8	13.3	131.1	C4S4
Efluente	7.6	3.10	0.2	0.09	33.6	0.64	---	12.0	9.5	12.0	88.2	C4S4
Riego	7.4	0.39	1.7	0.30	1.2	0.10	---	1.5	1.3	1.1	1.2	C2S1

Finalmente, ninguno de estos tres tipos de agua existentes en la Planta de Aguada Pichana se las considera recomendables para riego de especies vegetales, las tres se las califica como NO APTAS.

Contrariamente, el agua proveniente del Río Neuquen utilizada para riego posee mayores valores de Ca y Mg y los menores niveles en todas las otras características medidas (Tabla 1). El agua del Río almacenada en el tanque de 40.000 litros, resulta ser de una buena calidad para riego y puede utilizarse en la mayoría de los cultivos y plantas con bajo peligro a la salinidad y sin peligro de sodicidad. Se la califica como C2S1 y resulta conveniente que exista un grado moderado de lavado cuando se la aplica en suelos salinos y/o alcalinos (Richards, 1974).

En Agosto de 2000 y de 2001 se plantaron 218 plantas y además se regó también una planta nativa por goteo con agua del Río Neuquen (Tabla 2). La supervivencia en el primer año fue de 88% y el segundo año, luego de las reposiciones, alcanzó el 95%.

Tabla 2. Supervivencia de las especies en Agosto de 2001.

Especie	Plantadas 2000-2001	Plantas Vivas	Supervivencia (%)	Plantas Muertas	Mortandad (%)
Falso olivos	133	133	100	0	0
Piracantas	28	26	93	2	7
Retamas	18	16	89	2	11
Álamos	16	12	75	4	25
Olmos	10	10	100	0	0
Pinos	7	5	71	2	29
Tamariscos	6	5	83	1	17
Jarrilla	1	1	100	0	0
Total	219	208	95	11	5

La cantidad total de plantas de las dos plantaciones existentes asciende a 219, distribuidas en especies introducidas, naturalizadas y exóticas (Tabla 3).

Tabla 3. Nombre vulgar y científico, y cantidad de plantas totales.

No.	Nombre vulgar	Nombre científico	Tipo	Origen	Cantidad
1	Falso Olivo	<i>Eleagnus angustifolia</i>	Árborea	Introducida	133
2	Piracanta	<i>Pyracantha atalantoides</i>	Arbusto	Introducida	28
3	Retama	<i>Spartium junceum</i>	Arbusto	Introducida	18
4	Pino halepense	<i>Pinus halepensis</i>	Árborea	Introducida	7
5	Olmo	<i>Ulmus pumila</i>	Árborea	Introducida	10
6	Tamarisco	<i>Tamarix gallica</i>	Arbusto	Naturalizada	6
7	Álamo	<i>Populus</i> sp.	Árborea	Introducida	16
8	Jarrilla	<i>Larrea divaricata</i>	Arbusto	Nativa	1
Totales					219

Sistema de riego

Consta de una bomba de 1 HP trifásica y electroválvulas de 220 volts, y se automatizó la descarga de la bomba cuando se detiene el equipo. Además, el equipo de riego puede ser utilizado de manera manual o automática según sea el caso. El sistema de riego cuenta con una cañería principal de PVC enterrada que conduce el agua desde la bomba a dos cañerías secundarias y estas a su vez a otras cañerías terciarias que transportan agua a distinto lugares de la plantación. Se instaló 1 regador de 3 litros por hora por planta.

Durante una de las inspecciones realizadas se observó que la humedad existente en el subsuelo era excesiva. El tiempo de cada riego que se había estado empleando era de 2 horas, y durante los meses del verano se utilizaban 2 riegos diarios de 2 horas cada uno. Se pudo calcular la cantidad de agua requerida para los distintos meses del año sobre la base del consumo de la planta, lluvias

caídas y evapotranspiración del lugar. En la Tabla 4 la alternativa correspondiente a un ciclo de riego de 3 meses.

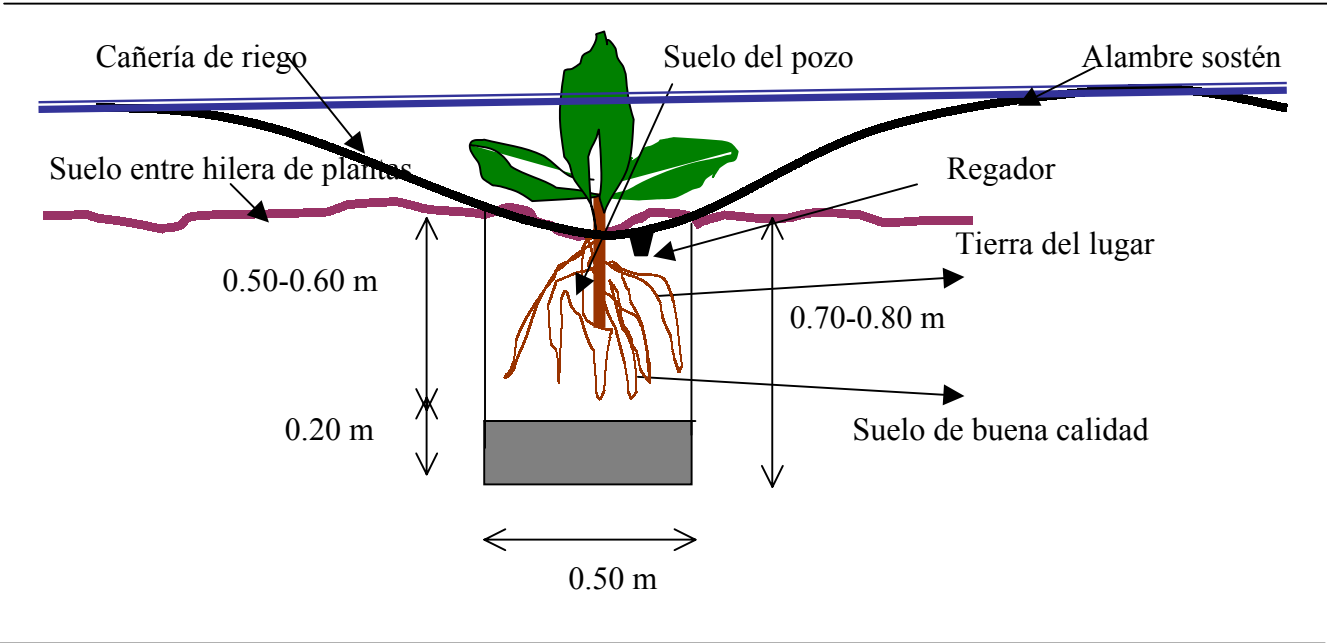
Tabla 4. Programa de riego anual para ciclos de 3 meses.

CICLO DE RIEGO DE 3 (tres) MESES			
Turno	Meses	Tiempo de riego	Consumo de agua
1	DICIEMBRE – ENERO – FEBRERO	3 horas por día	1971 litros/día
2	MARZO – ABRIL – MAYO	1 hora 30 minutos por día	986 litros/día
3	JUNIO – JULIO – AGOSTO	1 hora por semana	94 litros/día
4	SETIEMBRE–OCUBRE–NOVIEMBRE	1 hora 30 minutos por día.	986 litros/día
CONSUMO ANUAL APROXIMADO EN CICLO DE 3 MESES: 363.330 litros/año.			

Evolución de las características químicas del suelo

Luego de transcurrido un año de la plantación se llevaron a cabo una serie de estudios para evaluar cambios en las características químicas del suelo. El método de plantación fue en todos los casos el mismo (Fig. 1). Los hoyos en donde se plantaron las especies elegidas se realizaron con punzón y hasta alcanzar una profundidad de 70-80 cm y un diámetro no menor a los 30 cm (Fig. 1). Se incorporaron 0.20 m de tierra de buena calidad en el fondo del pozo de plantación para favorecer el crecimiento de las raíces y la nutrición de la planta en la etapa inicial del período de crecimiento luego de la plantación.

Figura 1. Esquema del pozo de plantación, cañerías y suelo.



Luego de 1 año, se recolectaron muestras de suelo de los distintos sectores y zonas de plantación. En cada zona se tomaron 5 submuestras de los primeros 0.10 – 0.15 m de profundidad entre las plantas en la hilera (Entre Planta) y dentro del pozo de plantación alrededor del cuello de la planta (Planta). En ambos casos las muestras corresponden al mismo suelo del lugar y las principales diferencias en los primeros 0.10 – 0.15 m que pudieran existir, corresponderían al efecto creado por el riego recibido durante el período de 1 año (Agosto2000-Agosto2001). Las

submuestras de cada sector se mezclaron de manera homogénea y se tamizaron por malla de 2 mm para su análisis. Se midió: pH (agua, 1:2.5); Conductividad eléctrica (CE, ds/m); Carbono total (Ct, %); Nitrógeno total (Nt, %); Capacidad de intercambio catiónico (CIC, cmol/kg); Ca, Mg, Na y K, (cmol/kg). Se calculó también el Na intercambiable (PSI, %); y la materia orgánica total (MO, %) de acuerdo con análisis de rutina (Jackson, 1970).

En la Tabla 5 se observan los principales análisis realizados en el suelo y se pueden comparar los valores correspondientes a las muestras de suelo recolectadas al lado del cuello de la planta dentro del pozo de plantación (Planta), entre las plantas a lo largo de la hilera (Entre Planta) y el suelo de mejor calidad obtenido en Añelo. En todos los casos se observa que el pH, la CE, el Na y el PSI tuvieron mayores valores en el suelo recolectado en el espacio entre plantas que en aquél recolectado en el mismo pozo de plantación donde recibió riego durante el periodo de un año (Fig. 1 y Tabla 5). Mientras que el Ct que indica la presencia de MO fue mayor en el suelo del pozo comparado con el suelo del espacio entre plantas. Asimismo, al estudiar la variabilidad de las mediciones realizadas se observó que, el Ct, Nt, Mg, MO y la relación C/N, fueron mayores en el suelo contenido en el pozo de plantación que en el recolectado entre las plantas que no fue regado. Otras propiedades como el P, CIC y Ca no mostraron grandes diferencias entre los suelos recolectados de los dos lugares (Tabla 5). Por otra parte, las cuatro propiedades de relación más directa con los niveles de materia orgánica del suelo (Ct, Nt, P), mostraron valores menores que en el suelo de mejor calidad depositado en la base del pozo (Tabla 5).

En líneas generales, el suelo del lugar sin recibir riego (Entre Planta) resulta ser el que posee las peores condiciones químicas para el crecimiento vegetal. Solamente el Ca y el K parecen ser las únicas propiedades que no muestran grandes diferencias entre los suelos. Este suelo puede ser calificado como SALINO-SÓDICO por tener valores de CE superiores a 4 dS/cm y de PSI muy superiores a 15% (Richards, 1974). El efecto de lavado del agua de riego sobre el mismo suelo dentro del pozo ha determinado una significativa mejoría de las condiciones y una evolución de la calificación del suelo a la condición de APTO para el crecimiento vegetal desde el punto de vista de su contenido de sales y de Na. En este caso, los valores de CE y PSI fueron inferiores a 4 dS/m y 15% respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Características químicas de los suelos en Aguada Pichana, luego de 1 año de riego.

Suelo	pH	C.E (dS/m)	Ct (%)	Nt (%)	C/N	P (ppm)	CIC	Ca	Mg (cmolc/kg)	Na	K (%)	PSI
Entre Planta	8.8	5.67	1.23	0.16	7.69	2.03	7.5	21.0	0.37	3.53	0.35	47.1
Planta	8.0	0.80	2.29	0.24	9.54	3.34	8.5	21.5	0.90	0.37	0.27	4.4
Añelo	7.9	0.46	3.98	0.40	9.95	6.90	10.6	19.2	1.00	0.30	0.40	2.8

El efecto del riego recibido durante un año en el suelo del pozo (Planta) ha determinado el lavado de gran parte del Na, y su reemplazo por Ca en el complejo de cambio, y en consecuencia una disminución del pH, CE y PSI.

El Ct y Nt también fueron mayores en el suelo dentro del pozo de plantación e indicarían la existencia de mayor actividad microbiana y mejores condiciones físicas que en el suelo entre plantas. Este aumento en los valores de Ct podría deberse al reciclado de MO proveniente de gramíneas y malezas que crecen dentro del pozo de plantación alrededor del cuello de la planta debido a la humedad aportada por el riego.

Balance Hidrológico Climático (BHC) y evapotranspiración real (ER) y potencial (EP)

Se realizó un balance hidrológico con datos basados en promedios de 10 años (1981-1990), que fueron suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional dependiente de la Fuerza Aérea Argentina en Aeropuerto de Neuquén y que posteriormente fueron corregidos a la Latitud correspondiente de Aguada Pichana.

En la figura 2 se muestra el Balance Hidrológico Climático (BHC) donde se observan los valores de las precipitaciones (PP), evapotranspiración potencial (EP), evapotranspiración real (ER) y la situación hídrica del suelo (SH) que define a las deficiencias y/o excesos (Thornthwaite and Mather, 1955).

El BHC muestra que en las condiciones naturales reinantes en Aguada Pichana, el suelo permanece con déficit hídrico durante todo el año (Fig. 2), y solo durante Junio y Julio se observa que no existe ni déficit ni exceso de agua en el suelo y la SH es igual a 0. Este último período coincide con el receso vegetativo de las plantas y con las temperaturas más bajas. Los picos de PP tienen lugar en Marzo y Setiembre, y la mayor EP y déficit ocurren en Enero (Fig. 2).

Medidas hídricas del suelo y del riego suministrado

Las características del suelo y las condiciones actuales dentro de la Planta de Aguada Pichana, donde se realizó, la plantación permiten mostrar algunas características importantes del clima, del suelo y del riego (Tabla 6).

Tabla 6. Algunas características hídricas del suelo y del riego suministrado.

Característica	Valores
Profundidad efectiva del perfil:	0.80 m.
Humedad en Capacidad de Campo (CC):	18 % en peso.
Humedad en Punto de Marchitez (PM):	11 % en peso.
Capacidad de almacenaje del perfil (CA):	144 mm de agua.
Evapotranspiración potencial (EP):	784 mm anuales.
Precipitación (PP):	162 mm anuales.
Déficit (EP – PP):	622 mm anuales.
Cantidad de plantas totales:	219.
Cantidad de regadores totales:	219.
Caudal por regador:	3 litros por hora.
Cantidad total de litros de agua por hora (219 x 3):	657 litros.
Lámina de agua suministrada por planta por m ² por hora de riego:	3 mm.
Cantidad de agua suministrada por año en ciclo de 3 meses:	363.330 litros por año.
Cantidad de cargas de camión cisterna con 30.000 litros	12 cargas por año.
Cantidad de agua suministrada por planta por m ² :	1659 litros por año.
Lámina de agua suministrada por año:	1659 mm anuales.
Lámina de agua real (suministro – evapotransp; 1659-622)	1037 mm anuales.

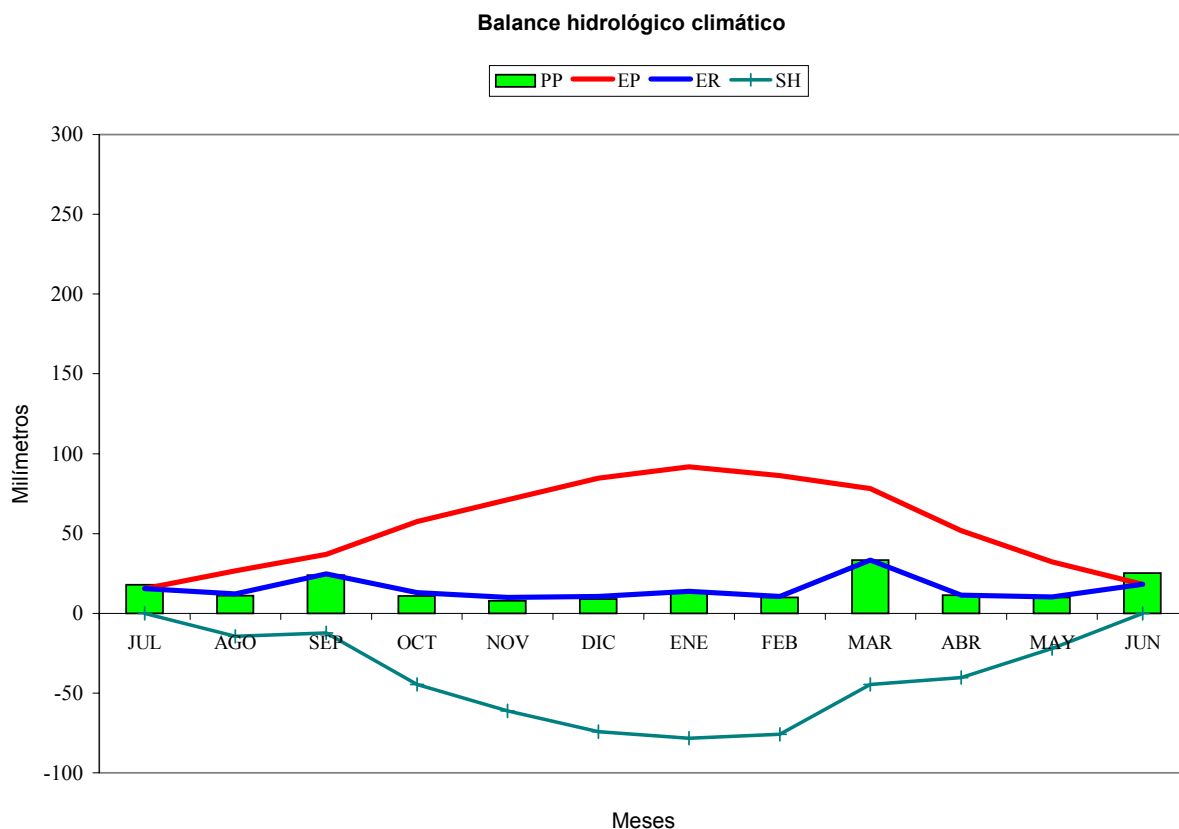


Figura 2. Balance hidrológico climático para las condiciones naturales de la Latitud de Aguada Pichana donde se grafican los valores de precipitaciones medias mensuales (PP), evapotranspiración potencial media mensual (EP), evapotranspiración real media mensual (ER) y la situación hídrica media mensual del suelo (SH).

Conclusiones

La implantación de las especies introducidas y naturalizadas ha sido buena con un 95% de supervivencia luego del 2do año. El Olmo (*Ulmus pumila*) y principalmente el Falso Olivo u Olivillo (*Eleagnus angustifolia*) han sido las especies que tuvieron mejor respuesta y adaptación a los suelos y clima del lugar con un 100% de implantación y supervivencia.

El riego además de suministrar agua de buena calidad para el crecimiento de las plantas, también ha determinado un desplazamiento del Na del complejo de cambio del suelo a la solución, su reemplazo por Ca y su lixiviación y eliminación del perfil del suelo. Este mecanismo determinó una disminución del pH, de la conductividad eléctrica y del PSI, con la consecuente mejora de las condiciones químicas y físicas para el crecimiento vegetal.

La cantidad de agua suministrada por el programa de ciclos de 3 meses resultó suficiente como para mantener a las plantas sin déficit hídrico durante todo el año.

Para el año 2003-2004 el sistema radical de las plantas se incrementará alrededor de un 50 %, y determinará entonces un consumo cercano a los 11000 litros semanales, equivalente a 19 cargas de 30.000 litros por año.

De acuerdo con la proyección de consumo de agua a futuro, se podría estimar que si se quisiera ampliar la plantación a más plantas y/o a nuevas especies, la cantidad de plantas a

incorporar no deberían superar las 110. De esta manera la cantidad total proyectada debería alcanzar como número máximo las 329 plantas aproximadamente e implicaría a futuro unas 27 cargas de 30.000 litros al año.

Bibliografía

Consejo Federal de Inversiones (1975). Suelos y Clima de la Provincia de Neuquen.
Jackson, M.L. (1970) Análisis químico de suelos. 2da. ed. Ed. Omega. Barcelona. 662 pp.
Richards, L.A. (1974). Diagnóstico y rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. 171 pp. Editorial Limusa. México.
Thornthwaite, C.W. and J.R. Mather (1955). The water balance. Publications in Climatology. Drexel Inst. of Thenology. New Jersey. VIII (I): 104 pp.
USDA, (1975). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
Servicio Meteorológico Nacional (1977). Fuerza Aérea Argentina. Datos Climáticos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal de Total Austral destacado en Aguada Pichana por su hospitalidad y la permanente atención recibida durante la realización de los trabajos. Asimismo, desean también destacar su valiosa participación y colaboración en el desarrollo del proyecto.

También al Ing. Fernando Casares y al Sr. Carlos Hernández por su asistencia técnica en las operaciones de plantación y puesta en marcha del sistema de riego.