

DETERMINACION DE CALIDADES DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *Atriplex nummularia* Lindl. EN COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA, IV REGION.

Jaime Valdés C. (*)
César Correa J. (**)

RESUMEN

Atriplex nummularia Lindl. se ha transformado en una de las especies más promisorias para la actividad ganadera de la IV Región debido a su valor forrajero y a su excelente adaptabilidad a condiciones de aridez. Sin embargo, es posible constatar que no todas las plantaciones de estos arbustos han sido exitosas.

Esta investigación tiene por objeto definir aquellos sitios que desde un punto de vista ambiental son los más apropiados para ser forestados con *Atriplex nummularia* en las comunidades agrícolas de la comuna de Canela, IV Región.

Estudios realizados en la Región, así como otros antecedentes bibliográficos en torno a este tema, permitieron seleccionar los factores suelo, pendiente y asoleamiento como indicadores de calidad de sitio.

El suelo demostró ser el más relevante, permitiendo la obtención de una función matemática que cuantifica la relación entre este factor y los rendimientos de forraje de este arbusto. Las concentraciones de Na^+ intercambiable y sulfatos y cloruros solubles de los primeros 10 cm de suelo son las que mejor explican las diferencias de productividad de *A. nummularia*.

Empleando escalas de calidad de sitio obtenidas a través de los factores ambientales considerados, se sectorizó el área en estudio. Esta información se entrega en una cartografía escala 1:25 000, que cubre todas las Comunidades Agrícolas existentes en la Comuna de Canela.

Palabras clave: *Atriplex nummularia*, calidad de sitio, suelo, asoleamiento, pendiente.

(*) Ing. Forestal, Programa Rural, Corporación JUNDEP.

(**) Ing. Forestal (e), Programa Rural, Corporación JUNDEP.

ABSTRACT

Atriplex nummularia Lindl. has become one of the most promising species for the animal husbandry in the IV Region of Chile, due to its forage quality and its excellent adaptability to arid conditions. Nevertheless, the establishment of this saltbush has not been entirely successful.

The object of this work is to define, from the environmental point of view, the most suitable sites to plant *A. nummularia* in the agricultural communities of Canela, IV Region.

Studies realized in the Region, allow to select the soil, the slope and the sun light exposure, as important site quality indicators.

The soil was the most important factor and a mathematical function to relate its principal characteristics with forage yields was obtained. The exchangeable Na^+ and the soluble sulphates and chlorides from the first 10 cm depth were the best related factors to forage yields.

By using site quality scales obtained with the considered environmental factors, the study area was stratified and the results are shown in maps covering the whole agricultural communities area of Canela County.

Key words: *Atriplex nummularia*, site quality, soil, sun light exposure, slope.

INTRODUCCION

Desde hace aproximadamente 15 años en la IV Región se están realizando plantaciones de arbustos forrajeros del género **Atriplex**, que se han visto enfrentadas a un sinnúmero de factores adversos, entre los cuales las limitaciones ambientales constituyen quizás los más importantes. Estas limitaciones se manifiestan principalmente por las escasas precipitaciones que registra la Región y por la precaria condición de sus suelos, sometidos a intensas presiones de uso por lo cuál presentan severos procesos erosivos.

Lo anterior se ha reflejado en el éxito de las plantaciones, sólo el 60% de las realizadas en la Región, han alcanzado los prendimientos mínimos exigidos por la Ley para acceder al subsidio forestal.

Organismos estatales como Instituto Forestal, CONAF y Universidad de Chile, han desarrollado diversos ensayos de introducción de especies, buscando alternativas forestales y silvopastorales para resolver las urgentes necesidades de los habitantes del medio rural. La experiencia ganada con estos ensayos así como con las plantaciones realizadas, dan cuenta de la existencia probada de especies que se adaptan a las condiciones de ciertas zonas de la IV Región. Entre estas destaca **Atriplex nummularia** Lindl. Sin embargo, la selección de los sitios aptos para forestar con dichas especies no ha sido realizada.

Si bién es cierto que la Región e incluso la provincia pueden ser sectorizadas en atención a ciertos factores como son las precipitaciones, las temperaturas, las series de suelo, las clasificaciones climáticas y otros, resulta evidente que las variaciones ambientales tienen una expresión mucho más detallada y dan cuenta de fenómenos tales como las diferentes exposiciones, pendientes, características de los suelos y exposiciones a vientos y neblinas, elementos que debidamente identificados y considerados pueden contribuir a compensar y paliar las restricciones del medio, permitiendo de esta forma la sobrevivencia y desarrollo de las plantaciones.

En este marco se planteó el proyecto Determinación de Calidades de Sitio para Forestaciones con **Atriplex nummularia**, estudio realizado en las

Comunidades Agrícolas de la comuna de Canela, IV Región (Figura N° 1), cuyo punto de partida es la recopilación de toda la información referente a las exigencias ecológicas de la especie.

En la actualidad la IV Región cuenta con aproximadamente 40.000 ha plantadas con arbustos forrajeros, de las cuales la mayoría son de *A. nummularia*. Este arbusto nanofanerófito, de origen australiano, constituye uno de los recursos forrajeros mejor adaptados a terrenos de secano de la región árida y semiárida de Chile (Gastó y Contreras, 1972; Lailhacar, 1976, 1986; Soto, 1982). Es capaz de producir altos rendimientos de forraje, con producciones de 1 a 2,5 t/ha de materia seca forrajera (Le Houérou y Pontanier, 1987). Se adapta a condiciones de muy escasa precipitación (Osmond et al., 1980; Otal y Correal, 1989), aunque existe una relación directa y positiva entre el balance hídrico y los rendimientos de esta especie. Al respecto, se ha observado que en años lluviosos se logran mayores producciones en términos de forraje, que en años secos o normales (Meneses et al., 1986) y según D'Herbes y Caviedes (1985), las mejores plantaciones se encuentran en la zona costera por el efecto favorable de la neblina.

Por otra parte, esta especie se encuentra prácticamente en todo tipo de suelos, aunque al parecer prefiere suelos arcillosos y de texturas medias (Cunningham et al., 1981; Correa, 1991), de drenaje moderado a bueno (Slatyer, 1973) y pH neutros a alcalinos (Correa, 1991). Se comporta bien en suelos salinos (Tinto, 1977, cit. por Silva et al., 1986), observándose que crece más vigorosamente en sustratos con altas concentraciones de NaCl (Ashby y Beadle, 1957; Beadle et al., 1957; Brownell, 1968).

Existe escasa información que relacione factores ambientales con el desarrollo de *A. nummularia*, información que es más reducida si se lleva al contexto de la IV Región. Al respecto, dentro de las investigaciones realizadas en la Región se destacan los trabajos de D'Herbes y Caviedes (1985) y D'Herbes et al. (1985), quienes realizan un diagnóstico ecológico de las plantaciones de la IV Región, relacionando algunos parámetros ambientales con el grado de éxito de éstas. También destacan los estudios de Lailhacar et al. (1989), Gutiérrez (1990) y Correa (1991), quienes investigaron el efecto del suelo sobre los rendimientos forrajeros de este arbusto, identificando las variables edáficas más relevantes y proporcionando elementos para el reconocimiento de los sitios más apropiados.

OBJETIVO

Definir aquellos sitios que desde un punto de vista ambiental sean apropiados para forestar con **Atriplex nummularia** en las Comunidades Agrícolas de la comuna de Canela.

MATERIAL Y METODO

Area de Estudio

En la Figura N° 1 se indica el área de estudio, constituida por 24 Comunidades Agrícolas de la comuna de Canela, IV Región.

**DETERMINACION DE CALIDADES DE SITIO PARA
PLANTACIONES DE *Atriplex nummularia* Lindl. EN
COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA, IV REGION**

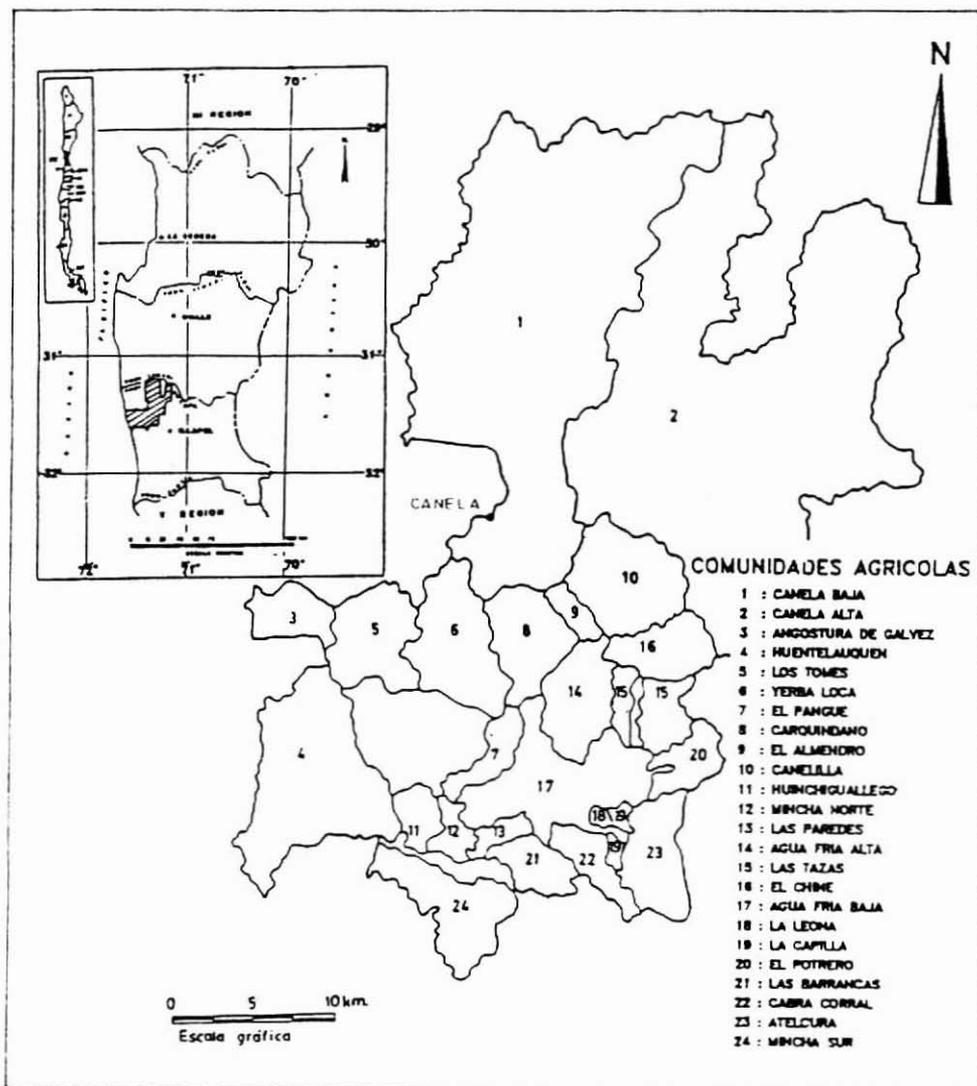


Figura N° 1. UBICACION GEOGRAFICA Y DIVISION PREDIAL DEL AREA DE ESTUDIO.

Determinación del Area Potencialmente Forestable

Se definieron restricciones ambientales y criterios que permitieran la delimitación del área potencial o área efectiva de trabajo sobre la cual se diferenciaron finalmente calidades de sitio. Para ello se elaboró una serie de mapas temáticos con base en las cartas IGM, escala 1:25.000, los que al superponerse permitieron el agrupamiento y posterior descarte de los terrenos que presentaban alguna de las restricciones definidas.

Mapa de pendientes

Midiendo con regla graduada la separación entre curvas de nivel se procedió a diferenciar las pendientes de acuerdo a la escala proporcionada en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1

CATEGORIAS DE PENDIENTE UTILIZADAS

Pendiente (1)	Clasificación
0 - 10%	Plana
10 - 25%	Moderada o suave
25 - 50%	Fuerte
50 - 75%	Muy fuerte
> 75%	Abrupta

(1) Adaptado de D'Herbes y Caviedes (1985).

Los terrenos eliminados por este concepto fueron aquellos de la categoría abrupta, basado en la necesidad de utilizar surcos hechos con tracción animal como método de preparación del suelo, lo que garantiza una mayor sobrevivencia y desarrollo de las plantas (Soto, 1982). Este nivel se estimó a partir de la medición de las pendientes máximas en las cuales se realiza aradura del suelo con tracción animal en cultivos de secano. Estos terrenos de cultivo reciben en la Región el nombre de lluvias.

Mapa de asoleamiento

Para la elaboración del mapa de asoleamiento se utilizó el mapa de pendientes, al cual se le incluyó como otro elemento diferenciador la exposición. Se utilizó la escala proporcionada por Etienne et al., (1983) y D'Herbes y Caviedes, (1985) (Cuadro N°2), eliminándose del área potencialmente forestable aquellos sectores con asoleamiento 7.

Cuadro N°2

CATEGORIAS DE ASOLEAMIENTO SEGUN LA PENDIENTE Y EXPOSICION (ADAPTADO DE D'HERBES Y CAVIEDES, 1985).

Pendiente	Exposición							
	N	NW	NE	W	E	SW	SE	S
10 - 25%	6 (1)	6	6	5	3	2	2	2
25 - 50%	7	6	6	5	3	2	2	1
50 - 75%	7	7	6	4	2	2	1	1

(1) Las categorías son de 1 (Asoleamiento mínimo) a 7 (Asoleamiento máximo).

Mapa de cobertura vegetal

Este mapa temático diferenció los terrenos en coberturas mayores al 50% de vegetación arbórea y arbustiva y menores al 50%, considerando que *Atriplex nummularia* no prospera en zonas con coberturas naturales altas (D'Herbes y Caviedes, 1985). Por otra parte, resultaría contradictorio eliminar vegetación natural con coberturas superiores al 50% para establecer futuras plantaciones si uno de los objetivos es la recuperación de una cubierta vegetal protectora.

Para su confección se emplearon las Cartas de Ocupación de Tierras (Etienne, M. et al., 1982 y 1984), que proporcionan un detallado levantamiento de la vegetación de un sector de la comuna de Canela. En las zonas no cubiertas por estas cartas se realizó una fotointerpretación en fotografías aéreas blanco y negro del vuelo SAF 78 CH 30 y una posterior verificación en terreno.

Mapa de uso actual

Bajo este concepto se diferenciaron para su descarte los terrenos plantados con esta u otras especies y aquellos terrenos utilizados para agricultura intensiva. Estos últimos escasos y asociados a zonas planas o de reducida pendiente y ubicados cerca de cursos de agua de importancia.

La información de plantaciones fue obtenida de la Corporación Nacional Forestal, mientras que la ubicación de los terrenos agrícolas se determinó mediante fotointerpretación con una posterior verificación en terreno.

Bajo este concepto se incluyeron, además, los terrenos considerados poco aptos, como son las terrazas aluviales del estero Llano Largo, con problemas de inundaciones periódicas, y los sectores de dunas de Huentelauquén.

Selección de Indicadores Ambientales de Calidad de Sitio.

En una primera etapa se recopiló toda la información referente a las exigencias ecológicas de la especie, con el fin de identificar las variables ambientales de mayor incidencia sobre su sobrevivencia y desarrollo. Posteriormente, después de un detallado análisis, se seleccionaron las variables que mostraron ser mejores indicadoras de la aptitud de un determinado sitio para el establecimiento de plantaciones con este arbusto, en base, principalmente, al grado de información disponible y a su posible ponderación y representación cartográfica.

Suelo

De todas las variables mencionadas por los diversos autores, los niveles de Na^+ y K^+ de intercambio y Cl^- y SO_4^{2-} solubles se consideraron las más relevantes, por cuanto explican sobre el 75% de la variabilidad de desarrollo de este arbusto (Gutiérrez, 1990; Correa, 1991). La cuantificación del efecto de estas variables sobre los rendimientos de la especie se hizo a través de la construcción de un modelo matemático que relaciona los niveles de estos elementos químicos del suelo con los rendimientos de forraje de esta especie, expresados como contenido de materia seca.

Clima

Dentro de este factor, los distritos agroclimáticos proporcionados por Caldentey y Pizarro (1980) y Santibáñez y Merlet (1986) se consideraron adecuados, existiendo una escala índice proporcionada por la bibliografía que relaciona estos distritos con los rendimientos de este arbusto (D'Herbes y Caviedes, 1985). Sin embargo, su interpretación cartográfica se dificulta considerando que no se está trabajando a un nivel regional sino local, haciendo comparables superficies muy grandes dentro del área de estudio. Es rescatable e importante su aporte como elemento explicativo dentro de la discusión final.

Asoleamiento

Este factor desagrega el clima en una gran cantidad de variantes microclimáticas, principalmente térmicas e hídricas (Etienne et al., 1983), muy relacionadas con el desarrollo de esta especie (D'Herbes y Caviedes, 1985). Estos últimos autores proporcionan una escala indicadora de aptitud de sitio en base a este factor, aunque no aplicable directamente a la situación local de este estudio, por ser ésta de carácter regional y utilizar índices de fitomasa que agrupan tanto a ***Atriplex nummularia*** como a ***A. repanda***, dos especies que presentan marcadas diferencias en productividad y exigencias ecológicas.

Pendiente

La pendiente es considerada un factor importante, pese a estar ya considerado dentro de asoleamiento, por ser indicativo de ciertas características del suelo, especialmente las referidas a fenómenos de arrastre y depositación de materiales. En las plantaciones existentes en la IV Región se observan fenómenos de secuencia topográfica, caracterizados por un menor desarrollo del arbusto a medida que la pendiente va en aumento. Por otra parte, la pendiente proporciona antecedentes sobre el entorno y la accesibilidad que pueden ser determinantes en la decisión final de plantación.

Escala Indicadora en Base a Variables Edáficas

Modelo estimador de fitomasa

Para encontrar la relación de causa y efecto entre el suelo y la productividad de esta especie se construyó un modelo predictor de fitomasa forrajera a partir de variables edáficas, usando como referencia los trabajos realizados por Gutiérrez (1990) y Correa (1991) y utilizando las plantaciones adultas de la especie (4 años y más) existentes en el área de estudio.

Como una primera etapa, se recorrió la totalidad de los predios que poseían plantaciones adultas de esta especie, con la finalidad de seleccionar lugares de muestreo de acuerdo a los siguientes criterios:

- La totalidad de las plantaciones debían ser adultas y en lo posible sometidas a un manejo similar para reducir el error experimental inducido por variables ajenas al suelo.
- Dentro de cada plantación se debían observar claramente diferencias en cuanto al desarrollo de las plantas, a nivel de superficies lo suficientemente grandes para ser reflejo de una influencia de factores edáficos y no de una eventual variabilidad genética.
- Entre las plantaciones debían existir, en lo posible, variaciones significativas en lo que respecta a morfología, posición fisiográfica y vegetación asociada.

Cabe mencionar que las plantaciones adultas mayores de 6-7 años eran reducidas y, en algunos casos, su población de arbustos presentaba ramoneo, hecho que obligó a buscar una función estimadora de forraje en base a variables menos afectadas por el ramoneo, con la finalidad de poder utilizar el máximo de situaciones en la construcción del modelo estimador edáfico (Apéndice N°1).

En cada plantación seleccionada se definieron sitios de muestreo de acuerdo a las diferencias de desarrollo de sus arbustos. Las clases de desarrollo que se definieron en cada sitio fueron: superior (excelente desarrollo), regular (desarrollo intermedio) e inferior (desarrollo escaso o nulo). Dentro de cada clase de desarrollo se eligió un arbusto tipo representativo de la respuesta a las variables edáficas del sitio. A este arbusto se le midieron sus

diámetros mayores norte-sur y este-oeste y la altura absoluta. Se seleccionaron 31 arbustos distribuidos en todas las plantaciones adultas existentes.

La toma de muestras de suelo fue realizada en abril de 1991, considerando que las variables químicas del suelo presentan una mayor estabilidad a fines de verano e inicios de otoño. Estas se tomaron a una distancia de 50 cm del borde del follaje de la planta tipo y sobre la orientación en que la planta tenía la menor interferencia sobre el suelo (proyección de sombra y depositación de mantillo). La profundidad de muestreo fué de 10 cm (Correa, 1991). Las muestras de suelo, de aproximadamente 500 g, fueron posteriormente enviadas a laboratorio para ser sometidas a los análisis señalados en el Cuadro N° 3.

Cuadro N°3

ANALISIS EFECTUADOS A LAS MUESTRAS DE SUELO
(Gutierrez, 1990; Correa, 1991)

Análisis	Unidad	Método
Na ⁺ de intercambio	meq/100g	NH ₄ OAc ; N a pH 7
K ⁺ de intercambio	meq/100g	NH ₄ OAc ; N a pH 7
Cl ⁻ soluble	meq/L	Titulación potenciométrica con electrodo específico (AgNO ₃)
SO ₄ ⁼ soluble	meq/L	Turbidimetría

A cada arbusto tipo se le cosechó la totalidad de su fitomasa forrajera, consistente en hojas, flores, frutos y tallos tiernos, la que fue inmediatamente pesada en terreno para determinar el contenido de agua del forraje, una vez conocido su peso seco. Para ello se sacó una submuestra de aproximadamente 250 g a partir de la cual se obtuvo, después de 48 horas de secado en estufa a 75°C, el rendimiento en materia seca.

Una vez determinados los niveles de las variables tanto independiente (suelo) como dependiente (forraje), se realizó una depuración de datos, eliminándose aquellas observaciones muy desviadas (puntos extremos), que estuvieran afectando las tendencias generales. Posteriormente, se evaluaron los grados de dependencia de las variables, a través de regresiones múltiples, utilizando el procedimiento denominado paso a paso (Stepwise), el cual incorpora progresivamente a la función final el conjunto de fuentes de variación que mejor explican la respuesta de la variable dependiente.

Se consideraron solamente aquellas variables cuyos aportes al modelo, en términos del coeficiente de determinación, tuvieran como nivel de significación un 95%.

Finalmente, el modelo fue mejorado utilizando una metodología basada en el análisis de residuos (Galea, 1988), la que consiste en la detección y eliminación de los puntos muestrales que no se ajustan satisfactoriamente.

Modelo edáfico

Para facilitar el muestreo de los suelos se estratificó el área de estudio utilizando las series de suelo definidas por IREN (1977) (Figura N° 2). Posteriormente, se hizo una asignación de puntos muestrales proporcional a la superficie de cada serie y con una distribución homogénea, tratando de compatibilizar las restricciones económicas con una adecuada cobertura de toda el área de estudio.

Se tomaron 187 muestras de aproximadamente 500 g de suelo a una profundidad de 10 cm, determinándoseles posteriormente en laboratorio los niveles de Na^+ de intercambio y Cl^- y SO_4^{2-} solubles.

Una vez obtenidos los niveles de las variables químicas del suelo, éstos fueron introducidos al modelo, estimándose de este modo la productividad forrajera asociada a cada punto muestral y posteriormente a cada serie de suelo. Aquellas series que presentaban altos coeficientes de variación se dividieron en subseries, de acuerdo a la distribución de los puntos muestrales y sus niveles de fitomasa forrajera seca estimados.

La escala para el factor suelo se basó en índices de fitomasa, los que se definieron tomando como patrón el rango de rendimientos estimados para las series y subseries.

La representación cartográfica de la escala está dada por los niveles medios obtenidos para cada serie y subserie.



Escala Indicadora en Base al Asoleamiento

Esta variable no posee antecedentes cuantitativos que le permitan fundirse en una escala única con la de suelo, por lo que se consideró como un indicador independiente de aptitud. La escala indicadora se basó en las categorías proporcionadas por D'Herbes y Caviedes (1985), Cuadro N° 2, las que fueron reagrupadas (Cuadro N°4).

En el agrupamiento se le asignó una mayor ponderación a la exposición, considerando que la pendiente será tomada como otro factor explicativo de la variabilidad en el desarrollo de la especie.

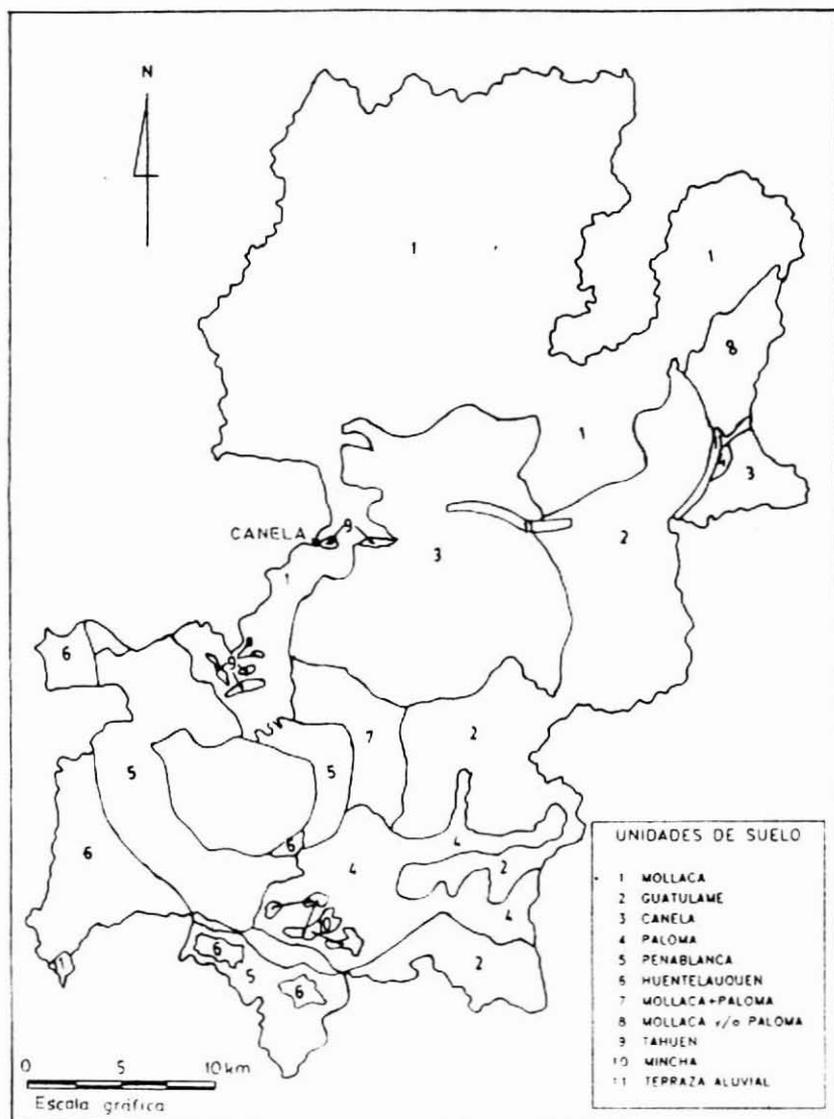


Figura N° 2. SERIES DE SUELO DEFINIDAS PARA LAS COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA (Adaptado de IREN, 1977).

Cuadro N°4.

REAGRUPACION DE LAS CATEGORIAS DE ASOLEAMIENTO.

Categorías de Asoleamiento	Exposición	Clasificación
1 y 2	S - SE - SO	Muy poco asoleado
3	E	poco asoleado
4 y 5	W	asoleado
6	N - NE - NO	muy asoleado

Escala Indicadora en Base a Pendiente

Al igual que para asoleamiento, no existen antecedentes que cuantifiquen el efecto de esta variable sobre el desarrollo del arbusto, por lo que también se estableció como un indicador independiente y complementario de aptitud del sitio.

La elaboración de la escala se basó en observaciones de terreno y antecedentes proporcionados por la literatura, como son los fenómenos de secuencia topográfica y los más altos rendimientos obtenidos en plantaciones de sectores planos o ligeramente ondulados (D'Herbes y Caviedes, 1985). Para su construcción se utilizaron las categorías mostradas en el Cuadro N° 1.

Cartografía Final

Según los resultados obtenidos por Gutiérrez (1990) y Correa (1991), la variabilidad en desarrollo que presenta esta especie es explicada en más de un 75% por factores edáficos y particularmente por las variables contenidas en los modelos predictores por ellos estudiados. Este antecedente, sumado al hecho que las escalas de asoleamiento y de pendiente no entregan una relación cuantificable entre estos factores y los rendimientos forrajeros de esta especie que permitan la elaboración de una escala única, determinó una diferenciación del área de estudio, para efecto de la cartografía final, en 3 niveles:

a) Según la escala del modelo edáfico, que tendrá la mayor ponderación convirtiéndose en el indicador principal de la calidad de sitio.

b) Según la escala de pendientes, que tendrá un carácter complementario diferenciando calidades de sitio dentro del nivel anterior. Este nivel presenta además la ventaja de señalar el entorno dando indicios sobre relieve general y accesibilidad.

c) Según la escala de asoleamiento, que al igual que la pendiente tendrá un carácter complementario, diferenciando calidades de sitio dentro de los 2 niveles anteriores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la revisión de la información bibliográfica quedó de manifiesto la escasez de información y su nivel general, por cuanto son muy pocos los estudios en que se analiza el efecto de factores ambientales sobre la especie.

Los estudios más importantes y base de este proyecto son probablemente los realizados por D'Herbes et al. (1985) y D'Herbes y Caviedes (1985), donde se hace un diagnóstico de las plantaciones con especies del género en la IV Región, identificando algunos factores que inciden sobre el desarrollo, y los realizados por Gutiérrez (1990) y Correa (1991), donde se cuantifica la relación entre factores edáficos y los rendimientos en forraje. Sin embargo, aunque su información ha sido una importante contribución para este estudio, han dejado también de manifiesto algunas restricciones que hacen que sus escalas índices no sean aplicables directamente.

Area Potencialmente Forestable

Basado en las restricciones de pendiente, cobertura vegetal, uso actual y asoleamiento, se llegó a la estimación de una superficie potencial de forestación de 67.766 ha. Esta área representa el 56,3 % de la superficie total, asociándose directamente con las zonas de más fácil acceso y con mayor

población aledaña.

En orden de magnitud, el área considerada no apta fue definida principalmente por la restricción de cobertura de la vegetación natural seguida por los asoleamientos máximos (categoría 7), luego uso actual y finalmente por pendiente.

El hecho que sólo se consideren los sectores con coberturas naturales inferiores al 50% indicaría que la superficie potencial se asocia a sectores de mayor alteración, fundamentalmente antrópica, donde las practicas de cultivo inadecuadas y la extracción indiscriminada de la vegetación con fines energéticos han sido las causas principales.

Escala Indicadora en Base a Variables Edáficas

Modelo predictor edáfico

En el Cuadro N° 5 se muestran los modelos predictores edáficos, observándose que las variables utilizadas por éstos son las mismas del modelo que obtuvo Correa (1991), con un coeficiente de determinación $R^2=0,69$ que, aunque es menor que el obtenido por este último autor ($R^2=0,79$), confirma la importancia del suelo como indicador de la variabilidad en los rendimientos de este arbusto y ratifica a este factor como el de mayor ponderación en la diferenciación de calidades de sitio de la cartografía final.

El modelo a través de análisis de residuos fue mejorado (Galea, 1986), lográndose el modelo final con un coeficiente de determinación $R^2=0,76$ (Cuadro N° 5), lo que reafirma lo dicho anteriormente.

Cuadro N° 5

**MODELO PREDICTOR DE LA PRODUCTIVIDAD DE FORRAJE DE *Atriplex nummularia* EN
FUNCION DE VARIABLE EDAFICAS**

Modelo	R ²	Prob>F	Profundidad de Muestreo (cm)	N° de Observaciones
MSECA (1) = - 3519,6 + 3105,3 * Na ⁺ - 180,4 * Cl ⁻ + 549,7 * SO ₄ ⁼	0,69	0,00 0,00 0,00	10	28
MSECA (2) = - 3780,4 + 3494,1 * Na ⁺ - 151,3 * Cl ⁻ + 257,7 * SO ₄ ⁼	0,76	0,00 0,00 0,04	10	25

(1) Modelo predictor obtenido al eliminar los puntos extremos.

(2) Modelo predictor mejorado, eliminando observaciones a través de un análisis de residuos.

Los valores de fitomasa forrajera entregados por el modelo demostraron la existencia de una gran variabilidad en los suelos de cada serie (Figura N°2), lo que originó que en una misma unidad de suelo se encontraran tanto sectores muy favorables para esta especie como otros desfavorables, no pudiéndose asignar un valor de forraje o índice de fitomasa para toda la serie. A esto se sumó el limitado número de muestras (187) dadas las restricciones económicas, lo cual dio una representatividad relativamente baja (en promedio cada punto muestral tenía una representatividad, dentro del área potencialmente forestable, de 362 ha). Cabe mencionar que, previo a la aplicación del modelo predictor edáfico, se hizo una depuración de datos de manera similar a lo realizado en la construcción misma del modelo.

Estos inconvenientes llevaron a la definición de subunidades o sectores de mayor homogeneidad dentro de cada serie de suelo. Para la definición de estas subunidades, se ordenaron los valores de fitomasa estimados, agrupándose los puntos muestrales cuyos valores fueran similares y representativos de áreas colindantes. Con este procedimiento se logró delimitar áreas homogéneas. Hubo casos en que puntos muestrales cercanos arrojaron niveles de producción muy dispares, cuya explicación se atribuye a la gran variabilidad edáfica encontrada, que quedó de manifiesto durante la construcción del modelo, donde en una misma plantación y en un tramo no superior a 100 m de longitud

podían encontrarse grupos de arbustos de buen desarrollo y grupos de muy escaso desarrollo.

Para la agrupación de puntos muestrales y la creación de subunidades se utilizó como indicador el coeficiente de variación, siendo el promedio aritmético el valor que identifica a cada unidad y subunidad.

En el Cuadro N° 6 se presenta la escala final para este factor, con sus índices de fitomasa forrajera asociados y la superficie que representan dentro del área total y potencial.

Cuadro N° 6

ESCALA INDICADORA DE CALIDAD DE SITIO, OBTENIDA EN BASE AL MODELO PREDICTOR
EDAFICO

Escala	Indice de Fitomasa (g/planta)	Clasificación	Superficie (ha)	Porcentaje del Area Potencial
1	<100	No recomendable	8.175	12,1
2	100-500	Poco recomendable	26.347	38,9
3	501-900	Medianamente favorable	19.923	29,4
4	901-1400	Favorable	8.811	13,0
5	>1400	Optimo	4.508	6,6

La ubicación de las áreas homogéneas según esta escala se muestra en la Figura N° 3, donde se aprecian algunas concordancias con el diagnóstico ecológico para las plantaciones de especies de este género de la IV región, realizado por D'Herbes y Caviedes (1985), que en cierto modo confirman la validez de los resultados obtenidos:

-Los terrenos más aptos se encuentran en la zona costera y centro - sur del área estudiada, correspondiendo los últimos a sectores planos o de pendiente moderada.

-Los sectores poco favorables para esta especie se situarían en general en la zona interior norte y este (norte del estero Llano Largo), existiendo un predominio de áreas de mayor pendiente.

-Habría una concordancia entre las especies indicadoras de aptitud de sitio dadas por estos autores y las calidades definidas por el factor suelo, donde en

los sectores favorables se encuentran especies como **Gutierrezia resinosa**, **Bahia ambrosioides** y **Happlopapus spp**, mientras en los sectores menos favorables se encuentra **Colliguaya odorifera**.

En el Cuadro N° 7 se entrega un resumen de superficies, desglosadas por carta topográfica (IGM), donde se puede observar los montos parciales y totales según calidades de sitio.

Al asociar las series de suelo definidas por IREN (1977), con las calidades de sitio definidas por este factor (Figuras N°2 y 3), se observa que los suelos menos aptos se asocian a la serie Mollaca, de reacción ligeramente ácida, mientras que los suelos más favorables a las series Huentelauquén y Mincha, de reacción alcalina y ligeramente alcalina. Este antecedente confirma aún más la validez del modelo predictor de rendimientos forrajeros y, en consecuencia, de la escala indicadora en base a este factor, por cuanto, según Lailhacar (1990)⁽¹⁾ y Correa (1991), esta especie se desarrolla mejor en suelos neutros a alcalinos. Por otra parte, existe una estrecha relación entre los contenidos de Na^+ del suelo (principal elemento del modelo con un efecto favorable sobre los rendimientos de esta especie) y el pH, asociándose éste, generalmente, a pH alcalinos (Tisdale y Nelson, 1970; Buckman y Brady, 1970).

Cabe mencionar que los índices de fitomasa representan un nivel promedio, no absoluto, siendo perfectamente posible, dada la variabilidad edáfica encontrada, que dentro de una unidad a la que se le haya asignado una cierta calidad de sitio se encuentren sectores de rendimiento superior e inferior, por lo cual se recomienda la utilización del modelo edáfico proporcionado para la decisión final de plantación. Lo anterior le confiere a este estudio un nivel de primera aproximación para una estratificación del área de estudio en calidades de sitio a nivel comunal.

De los Cuadros N° 6 y N° 7 se desprende que según esta escala habrían sobre 13.000 ha favorables para ser forestadas con esta especie (Figura N° 4), esperándose rendimientos superiores a 1 t/ha/año de materia seca. Por otra parte, si se considera que no se justifica la forestación en zonas donde los rendimientos sean inferiores a 1 t/ha/año (Lailhacar et al, 1989; Gutiérrez, 1990; Correa, 1991), se estaría marginando sobre el 50% de la superficie potencialmente forestable definida, sin considerar la clase 3 (Cuadro N° 6), que estaría en una situación límite.

(1) Sergio Lailhacar K. Departamento de Producción Animal, Fac. Cs. Agrarias y Forestales, U. de Chile. Comunicación personal.

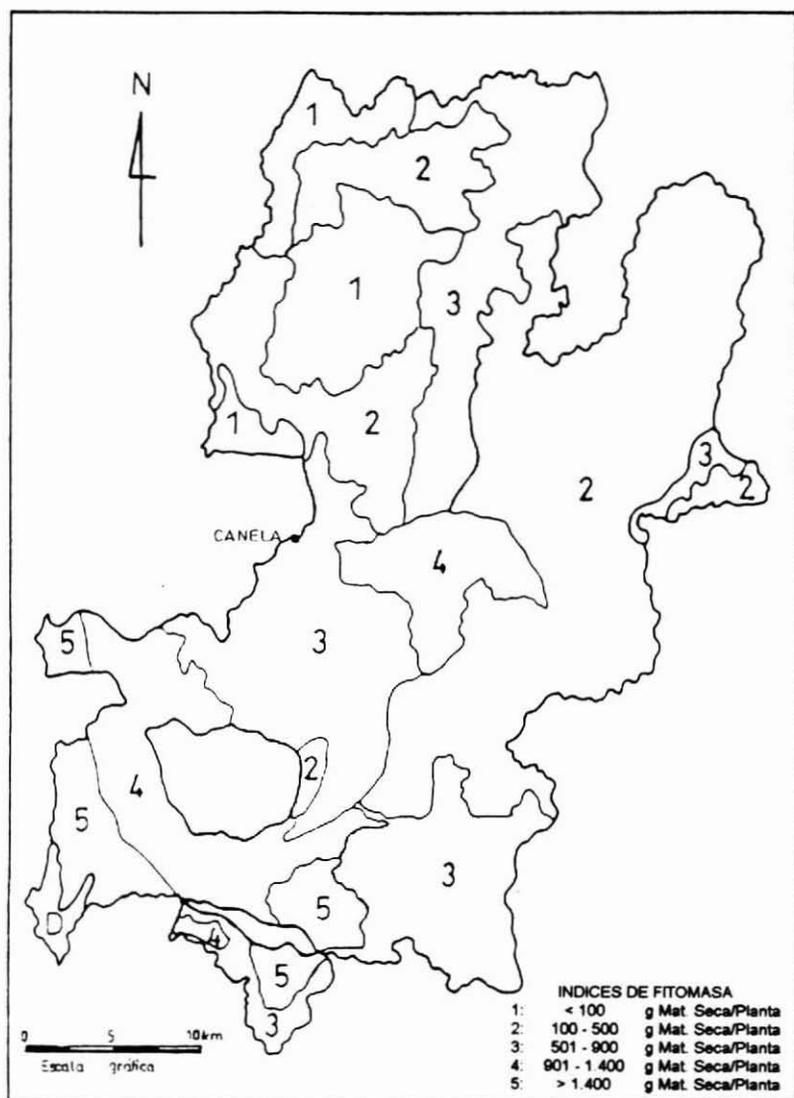


Figura N° 3. SECTORIZACION DEL AREA DE ESTUDIO (COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA), DE ACUERDO A LA ESCALA DE CALIDADES DE SITIO OBTENIDA A TRAVES DEL MODELO PREDICTOR EDAFICO.

Cuadro N° 7

RESUMEN DE SUPERFICIES, DEGLOSADAS POR CARTA TOPOGRAFICA

Carta Topográfica	Superficie Area de Estudio (ha)								
	Total	Excluida	Potencial (según Indices de Fitomasa) ⁽¹⁾					Total	
			1	2	3	4	5		
Queb. La Iglesia	10.034,4	5.788,3	3.252,6	923,1	70,4	----	----	4.426,1	
Cerro Horquetudo	8.837,0	5.964,3	17,1	474,3	2.382,3	----	----	2.873,7	
El Divisadero	4.429,2	1.663,6	----	2.765,6	----	----	----	2.765,6	
Queb. El Totoral	676,8	105,7	61,8	509,3	----	----	----	571,1	
Espíritu Santo	14.362,8	4.971,7	4.843,8	4.466,0	81,3	----	----	9.391,1	
Estero Colihue	15.143,2	5.001,9	----	6.849,4	3.292,0	----	----	10.141,4	
C. Agua Blanca	5.662,2	2.742,3	----	2.449,0	470,9	----	----	2.919,9	
Puerto Oscuro	3.437,7	2.073,5	----	----	128,6	842,0	391,6	1.362,2	
Canela Baja	13.434,0	4.636,4	----	507,3	7.375,6	914,7	----	8.797,6	
Las Trancas	14.536,8	6.310,5	----	5.688,7	131,8	2.405,8	----	8.226,3	
La Cortadera	1.193,7	689,8	----	503,9	----	----	----	503,9	
Huentelauquen	6.613,3	3.104,7	----	----	----	629,8	2.878,8	3.508,6	
Mincha	11.597,7	3.937,0	----	236,2	2.317,5	3.877,9	1.229,1	7.660,7	
Atelcura	9.297,3	4.834,2	----	974,3	3.347,7	141,1	----	4.463,1	
Millahue	1.021,4	686,9	----	----	352,2	----	9,3	334,5	
Total	ha	120.276,6	52.510,8	8.175,3	26.347,1	19.923,3	8.811,3	4.508,8	67.765,8
	% ⁽²⁾	100,0	43,7	6,8	21,9	16,6	7,3	3,7	56,3
				(12,1)	(38,9)	(29,4)	(13,0)	(6,6)	(100,0)

(1) Los Indices de Fitomasa van de 1 (< 100g de materia seca/ha/año) a 5 (> 1400g de materia seca/ha/año).

(2) Los porcentajes entre paréntesis estan referidos al total del área potencialmente forestable.



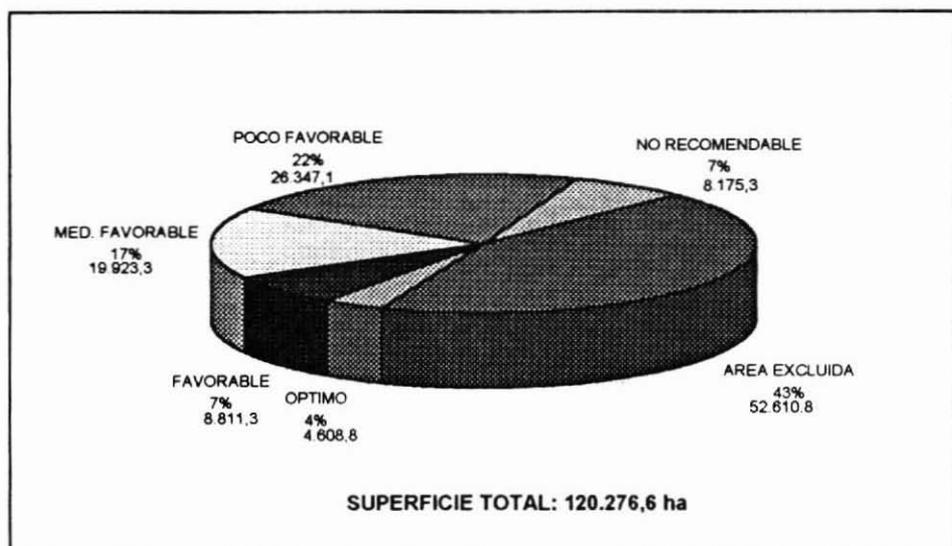


Figura Nº 4. REPARTICION PORCENTUAL DE LAS CALIDADES DE SITIO DENTRO DE LA SUPERFICIE TOTAL Y POTENCIAL DEL AREA DE ESTUDIO (COMUNIDADES AGRICOLAS DE LA COMUNA DE CANELA).

Escala Indicadora en Base a Asoleamiento.

Tomando como base las categorías de asoleamiento definidas por D'Herbes y Caviedes (1985) y observaciones de algunos autores sobre el efecto favorable de las áreas con mejor balance hídrico sobre el desarrollo de esta especie (Gastó y Contreras, 1972; D'Herbes y Caviedes, 1985; Slatyer, 1973; Correa, 1991), se definió la escala indicadora en función de este factor (Cuadro Nº 8). Esta escala basada principalmente en la relación inversamente proporcional existente entre el balance hídrico y el grado de asoleamiento, sólo tendrá una utilidad como indicador cualitativo de factibilidad de plantación. Esto último en consideración a la inexistencia de antecedentes que permitan una relación cuantificable entre este factor y la productividad de la especie.

Cabe mencionar que esta escala es sólo indicativa en consideración a este factor, no contemplando correcciones en base a altitud, latitud y efecto de

neblinas, donde la clasificación puede ser diferente, considerando que en áreas costeras y de mayor latitud puede darse un balance hídrico más favorable en las categorías C o D que en las A o B de zonas más interiores.

Cuadro N° 8

ESCALA INDICADORA CUALITATIVA DE CALIDAD DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *Atriplex nummularia* EN BASE AL FACTOR ASOLEAMIENTO.

Escala	Categorías de Asoleamiento(1)	Clasificación
A	1 y 2	Óptima
B	3	Favorable
C	4 y 5	Poco Favorable
D	6	Muy Poco Favorable

(1) Categorías definidas por D'Herbes y Caviédes (1985).

Escala Indicadora en Base a la Pendiente.

La escala indicadora para este factor se elaboró exclusivamente en base a antecedentes bibliográficos y observaciones de terreno que evidenciaban un efecto de esta variable sobre los rendimientos de esta especie.

Al igual que para asoleamiento, no se cuenta con la información necesaria para cuantificar el efecto de esta variable, lo que solo permitió la elaboración de una escala indicadora cualitativa de la factibilidad de plantación (Cuadro N° 9).

Esta escala muestra una relación cualitativa entre la pendiente y los procesos de arrastre y depositación de materiales, asociados al escurrimiento superficial y drenaje, los que evidentemente provocan variaciones en las propiedades de los suelos y por consiguiente en los rendimientos de esta especie.

Cuadro N° 9

ESCALA INDICADORA DE CALIDAD DE SITIO EN BASE AL GRADO DE PENDIENTE DEL TERRENO

Pendiente	Clasificación
0-10%	Optima
10-25%	Favorable
25-50%	Poco Favorable
50-75%	Muy Poco Favorable

Cartografía Final

La cartografía final se elaboró tomando como base las cartas IGM escala 1:25.000, correspondientes al área ocupada por las Comunidades Agrícolas de la Comuna de Canela. En cada carta se hace una diferenciación en base a las escalas de calidad de sitio definidas para suelo, asoleamiento y pendiente. El set de Cartas de Calidad de Sitio está compuesto por 15 mapas escala 1:25.000.

En la imposibilidad de incluir el set cartográfico completo se incluye, a modo de ejemplo, una reproducción de la carta de Mincha, a una escala aproximada de 1 : 95.000, como Apendice N° 2.

La escala índice elaborada en base a antecedentes edáficos (Cuadro N° 6), es la única que cuantifica la relación entre un factor y la productividad de *Atriplex nummularia*, lo que sumado al hecho que explica el 76% de la variabilidad en los rendimientos de forraje de esta especie, la constituyen en el antecedente más claro que se tiene para diferenciar el área de estudio en calidades de sitio. Es permisible, por lo tanto, considerar la sectorización en base a la escala proporcionada por el modelo predictor edáfico como la más acertada, constituyéndose en un antecedente aproximado y válido para indicar la aptitud de los sitios del área de estudio para la forestación con esta especie.

Por otra parte, las escalas obtenidas para asoleamiento y pendiente se entregan como un antecedente complementario que permite un mayor nivel de análisis dentro de la diferenciación edáfica, pero que no permiten una extrapolación entre zonas con calidades de sitio diferentes. Es decir, indicarán la aproximación al nivel superior o inferior del rango de fitomasa que define a

cada sitio.

Se deben tener claras las restricciones que presenta esta diferenciación, las que han sido mencionadas anteriormente. Sin embargo, cumple con el objetivo de ser una aproximación válida que se puede convertir en una herramienta útil en la toma de decisiones de forestación con este arbusto.

CONCLUSIONES

Los sitios más aptos para ser forestados con *A.nummularia* se encuentran en la zona costera y central sur, correspondiendo estos últimos a sectores planos o de pendientes moderadas. Además, se asocian a suelos ligeramente alcalinos (Mincha) y alcalinos (Huentelauquén).

Por el contrario, los sitios menos favorables se sitúan en la zona interior norte y este, coincidiendo en general con áreas de topografía más abrupta y de características microclimáticas más adversas, asociados a pH ligeramente ácidos (Suelo Mollaca).

En el área de estudio existen 13.319 ha altamente favorables para ser forestadas, donde se pueden esperar rendimientos superiores a 1 t/ha/año de materia seca. Los esfuerzos de forestación deben tener prioridad en esta superficie.

Entre los factores explicativos del éxito de las forestaciones con estos arbustos, el suelo demostró ser el principal, explicando sobre el 75% de la variabilidad en los rendimientos del forraje de esta especie.

Las variables químicas de suelo Na^+ de intercambio y Cl^- y $\text{SO}_4^{=}$ solubles de los 10 primeros centímetros del suelo, son las que mejor se asocian a los rendimientos de *A. nummularia*, incidiendo en forma positiva el Na^+ y el $\text{SO}_4^{=}$ y en forma negativa el Cl^- .

Se debe tener claro que este estudio no considera muchos aspectos ecológicos importantes, por no existir información al respecto, evidenciando una falta de investigación sobre el tema.

El modelo de suelo fue construido con antecedentes de plantaciones

existentes, cuyos rendimientos también son reflejo de factores exógenos al sitio, como el manejo, técnicas de plantación, calidad de la planta y condiciones pluviométricas del año de plantación, entre otros, los que constituyen elementos de distorsión para la construcción del modelo.

El hecho que sólo se consideraran dentro del área potencialmente forestable los terrenos con coberturas vegetales arbustivas y arbóreas inferiores al 50%, indica que se trabajó en los suelos más alterados, principalmente por procesos erosivos de intervención antrópica. Lo anterior explicaría de alguna manera la gran variabilidad encontrada en los suelos, lo cual dificultó la zonificación del área de estudio en calidades de sitio.

Las cartas de calidad de sitio tienen un valor indicador general a escala comunal, por lo que a nivel predial se recomienda emplear la función de suelo.

Este estudio proporciona una herramienta útil desde el punto de vista del aprovechamiento de recursos económicos (subsidio estatal), considerando que **A. nummularia** se está plantando sin restricciones, lo cual en parte puede explicar que solo un 60% de las plantaciones tengan un rendimiento mínimo del 75%, sin mencionar los bajos rendimientos de forraje de muchas de estas. Sin embargo, no se pretende aquí entregar una escala indicadora absoluta, sino fijar guías de orientación para la evaluación, en términos ecológicos y técnicos, de la eventual aptitud y selección de un sitio dado, para la plantación con arbustos de esta especie.

RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue cofinanciada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y por la Corporación Privada de Desarrollo Social JUNDEP, actuando esta última como ejecutora.

Se desea agradecer a la Subestación Experimental Los Vilos de INIA, por haber facilitado sus instalaciones para la determinación de los niveles de materia seca del forraje.

REFERENCIAS

- Ashby, W.C. y Beadle, N. 1957.** Studies in Halophytes III. Salinity Factors in the Growth of Australian Saltbushes. *Ecology*. 38 (2): 344 - 352.
- Beadle, N.; Whalley, R. y Gibson, J. 1957.** Studies in Halophytes II. Analytic Data on the Mineral Constituents of the Three Species of *Atriplex* and their Accompanying Soils. Australia. *Ecology*. 38 (2): 340 - 344.
- Brownell, P.F., 1968.** Sodium as an Essential Micronutrient Element for some Higher Plants. *Plant and Soil*. 28 (1) pp 565-600
- Buckman, H. y Brady, N., 1970.** Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Trad. por R. Salord. Barcelona. Montaner y Simón. 590 p.
- Caldentey, J. y Pizarro, J., 1980.** Evaluación y Zonificación de los Recursos Climáticos de la IV Región de Chile. Tesis Ing. For. Santiago, U. de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 197 p.
- Correa, C., 1991.** Variables Edáficas que más Influyen en la Producción y Calidad Nutritiva del Forraje de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl., en la IV Región. Tesis Ing. For. Santiago, U. de Chile, Fac. Cs. Agr. y Forest. (En Prensa).
- Cunningham, G. et al., 1981.** Plants of Western New South Wales. Government Printing Office, Australia. 766 p.
- D'Herbes, J.M., Caviedes, E. y Mieres G., 1985.** Diagnóstico Ecológico de las Plantaciones de Arbustos Forrajeros del Género *Atriplex* en la IV Región - Coquimbo. Determinación de Índices de Sitio de Plantaciones. Informe final. CONAF/CEZA, U. de Chile. Fac. Cs. Agr. y Forestales. 143 p.
- y Caviedes, E. 1985. Nota Explicativa de las Cartas de Aptitud para la Plantación de *Atriplex*. Informe Final Complementario CONAF/CEZA. U. de Chile, Fac. Cs. Agr. y Forestales. 50 p.
- Etienne, M., Caviedes, E. y Prado, C., 1982.** Cartografía de la Vegetación de la Zona Árida de Chile. Transecto I: Puerto Oscuro, Combarbalá, Monte Patria, Ovalle, La Serena. *Terra Aridae* 1(1), 77p.
- , ——— y ———. 1983. Bases Ecológicas para el Desarrollo de la Zona Árida Mediterránea de Chile. Elementos para una Planificación a Nivel Regional. CEPE/CNRS/ Embajada de Francia en Chile/ U. de Chile. 69 p.

———, **Del Pedregal, J. y Alvarez, M., 1984.** Cartografía de la Vegetación de la Zona Árida de Chile. Transecto III : Los Vilos -Coquimbo. *Terra Aridae* 3(1), 91p.

Galea, M., 1988. Técnicas de Diagnóstico en Regresión Lineal. Tesis Mag. en Bioestadística. Stgo., U. de Chile, Fac. de Medicina. 63 p.

Gastó, J. y Contreras, D., 1972. Análisis del Potencial Praterense de Fanerófitas y Caméfitas en Regiones Mediterráneas de Pluviometría Limitada. Stgo. U. de Chile, Fac. de Agronomía. Bol. Téc. 35. pp 30 - 60.

Gutiérrez, R., 1990. Algunas Variables Edáficas que Influyen en el Rendimiento y en la Calidad del Forraje de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl., en la localidad de Las Cardas, IV Región. Tesis Ing. For. Santiago. U. de Chile, Fac. Cs. Agr. y For. 95 p.

IREN - CORFO., 1977. Estudio de las Comunidades Agrícolas. IV Región. Agrología. Santiago, IREN-CORFO. vol. 8, 149 p.

Lailhacar, S., 1976. Effect of Soil Parameters on the Components of Biomass Production in *Atriplex polycarpa* (Ton) Wats., and *Atriplex repanda* Phil. Tesis Ph.D. Davis, California. University of California. 57 p.

———, **1986.** Recursos Forrajeros Utilizados en Producción Ovina. 1. Zona de Clima Mediterráneo Árido y Semiárido (Secano Comprendido entre los Valles Transversales de Elqui y Aconcagua). En: Producción Ovina, Guillermo García (ed). Santiago. U. de Chile, Fac. de Cs. Agr., Vet. y Forestales. pp 25 - 57.

———, **Luzio, W. y Gutiérrez, R., 1989.** Variables Edáficas a Considerarse en la Elección de Terrenos para Plantaciones con el Arbusto Forrajero *Atriplex nummularia* Lindl. | Estación Experimental Agronómica de Las Cardas. Avances en Producción Animal. 14 (1-2) pp 27 - 39.

Le Houérou, H. y Pontanier, R., 1987. Les Plantations Sylvopastorales Dans la Zone Áride de Tunisie. France, UNESCO. Notes Techniques du MAB N° 18. 81 p.

Meneses, R., Squella, F. y Muñoz, J., 1986. Manejo de Arbustos Forrajeros. Santiago. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina N° 33. pp 42 - 47.

Osmond, C.B., Björkman, O. y Anderson, D.J., 1980. Physiological Processes in Plant Ecology. Toward a Synthesis with *Atriplex*. Springer - Verlag. Berlin. Heidelberg. New York. 461 p.

Otal, J. y Correal, E., 1989. Productividad Primaria y Aprovechamiento Ovino de *Atriplex nummularia*, Arbusto Forrajero Introducido en el SE Español. En: II Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. Pastos, Forrajes y Producción Animal en Condiciones Extensivas. Badajoz - Elbas, Portugal. pp 283 - 293.

Santibañez, F., 1986. Rasgos Agroclimáticos Generales de la Zona Arida Chilena. Santiago. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N°5 pp 1 - 28.

— y Merlet, H., 1986. Agroclimatología de la Zona Pisquera Chilena (Area Pisquera de la IV Región de Chile). Caracterización e Información Climática. La Serena. Cooperativa Agrícola Control Pisquero Elqui Ltda., Cooperativa Agrícola Pisquera Elqui Ltda. 55 p.

Silva, J. et al., 1986. Valoración Nutritiva del *Atriplex nummularia* en Ganado Caprino. Revista Argentina de Producción Animal, 6(11-12), pp 661 - 665.

Slatyer, R. O., 1970. Carbon Dioxide and Water Vapour Exchange in *Atriplex*. In: The biology of *Atriplex*. Jones, R. (ed). Canberra, Australia. Division of Plant Industry Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 128 p.

Soto, G., 1982. Evaluación Silvícola de las Plantaciones de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl. en la IV Región. Tesis Ing. For. Santiago, U. de Chile. Fac. Cs. Agr., Vet. y Forestales. 128 p.

Tisdale, S.L. y Nelson, W.L., 1970. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Trad. por J. Balasch y C. Piña. Barcelona. Montaner y Simón S.A. 760 p.

APENDICE N° 1

MODELO ESTIMADOR DE FITOMASA EN BASE A MEDIDAS ALOMETRICAS

Justificación.

El hecho que la Región pasara por un tercer año de sequía, dificultó encontrar plantaciones adultas en el área de estudio que estuvieran en rezago, impidiendo la obtención de los datos reales de rendimiento forrajero.

Este antecedente sumado al reducido número de plantaciones adultas existentes, obligó a la construcción de un modelo estimador de fitomasa forrajera en función de variables alométricas, considerando que estas últimas son menos afectadas por el ramoneo que los contenidos de forraje. Esta función de fitomasa forrajera permite la utilización de todas las plantaciones adultas disponibles para la construcción del modelo predictor de rendimientos en base a variables edáficas, confiriéndole a este un mayor poder predictor al tener consideradas todas las situaciones disponibles de plantaciones adultas del sector.

Cabe mencionar que esta función predictora presenta una utilidad más allá de este proyecto, siendo una herramienta que puede ser usada en otros estudios de esta zona.

Enfoque Metodológico.

Para la construcción de esta función se utilizaron todas las plantaciones adultas del área, que tuvieran su población de arbustos rezagados; vale decir, con su fitomasa forrajera consumible sin alteración. Se estratificó su población por clases de desarrollo, eligiéndose un arbusto representativo de cada clase

definida, al que se le midieron sus diámetros mayores norte-sur y este-oeste y la altura absoluta y se le cosechó la totalidad de su fitomasa forrajera. El forraje cosechado fue pesado en terreno, extrayéndole una submuestra que fue posteriormente secada en estufa para determinar el contenido de agua del forraje y obtener, finalmente, el contenido de materia seca del arbusto.

Para el procesamiento se probaron distintos tipos de curvas (lineales, exponenciales y multiplicativas), a través de regresiones simples que relacionaran las variables alométricas y combinaciones entre ellas, con los contenidos de materia seca del forraje.

Ecuaciones

En el cuadro siguiente se presentan las mejores ecuaciones obtenidas, donde se aprecia que las poseedoras del más alto coeficiente de determinación son las que utilizan el diámetro medio, (Diámetro N-S + Diámetro E-O) / 2, o la cobertura asociada con la altura ($R^2=0,97$).

ECUACIONES PARA ESTIMAR LA FITOMASA FORRAJERA DE *Atriplex nummularia* EN BASE A MEDICIONES ALOMETRICAS (1).

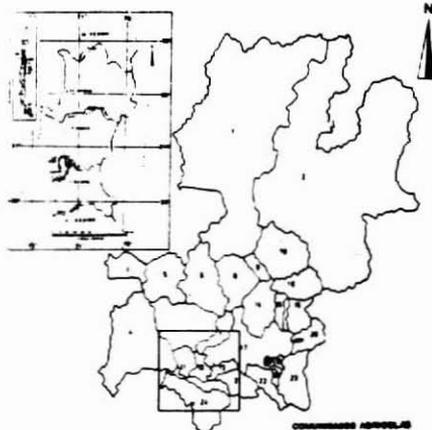
	Modelo	R ²	n
Lineales:			
M. seca (g)=	-366,1 + 1.163,1 * Dx	0,86	31
=	143,9 + 493,4 * Cobertura	0,90	31
=	-93,9 + 648,22 * Dx * H	0,94	31
=	225,9 + 277,7 * Cobertura * H	0,92	31
Multiplicativas:			
M. seca (g) =	e ^{6,3} * Dx ^{2,1}	0,94	31
	e ^{6,5} * Cobertura ^{1,02}	0,94	31
	e ^{6,2} * (Dx * H) ^{1,15}	0,97	31
	e ^{6,4} * (Cobertura * H) ^{0,74}	0,97	31

(1) Dx=Diámetro medio (m), Cobertura= $\pi * Dx^2/4$, H=altura (m), n=número de observaciones.

Esta función, obtenida para esta zona, presenta una utilidad más allá de este estudio, constituyéndose en una herramienta útil para la determinación de los rendimientos de forraje de esta especie sin necesidad de realizar una cosecha y secado del mismo.

APENDICE N°2

CARTA MINCHA (ESC. 1:95.000)



COMUNIDADES AGRICOLAS

1. COMUNA DE CANELA
2. COMUNA DE CANELA
3. COMUNA DE CANELA
4. COMUNA DE CANELA
5. COMUNA DE CANELA
6. COMUNA DE CANELA
7. COMUNA DE CANELA
8. COMUNA DE CANELA
9. COMUNA DE CANELA
10. COMUNA DE CANELA
11. COMUNA DE CANELA
12. COMUNA DE CANELA
13. COMUNA DE CANELA
14. COMUNA DE CANELA
15. COMUNA DE CANELA
16. COMUNA DE CANELA
17. COMUNA DE CANELA
18. COMUNA DE CANELA
19. COMUNA DE CANELA
20. COMUNA DE CANELA
21. COMUNA DE CANELA
22. COMUNA DE CANELA
23. COMUNA DE CANELA
24. COMUNA DE CANELA
25. COMUNA DE CANELA
26. COMUNA DE CANELA
27. COMUNA DE CANELA
28. COMUNA DE CANELA
29. COMUNA DE CANELA
30. COMUNA DE CANELA
31. COMUNA DE CANELA
32. COMUNA DE CANELA
33. COMUNA DE CANELA
34. COMUNA DE CANELA
35. COMUNA DE CANELA
36. COMUNA DE CANELA
37. COMUNA DE CANELA
38. COMUNA DE CANELA
39. COMUNA DE CANELA
40. COMUNA DE CANELA
41. COMUNA DE CANELA
42. COMUNA DE CANELA
43. COMUNA DE CANELA
44. COMUNA DE CANELA
45. COMUNA DE CANELA
46. COMUNA DE CANELA
47. COMUNA DE CANELA
48. COMUNA DE CANELA
49. COMUNA DE CANELA
50. COMUNA DE CANELA
51. COMUNA DE CANELA
52. COMUNA DE CANELA
53. COMUNA DE CANELA
54. COMUNA DE CANELA
55. COMUNA DE CANELA
56. COMUNA DE CANELA
57. COMUNA DE CANELA
58. COMUNA DE CANELA
59. COMUNA DE CANELA
60. COMUNA DE CANELA
61. COMUNA DE CANELA
62. COMUNA DE CANELA
63. COMUNA DE CANELA
64. COMUNA DE CANELA
65. COMUNA DE CANELA
66. COMUNA DE CANELA
67. COMUNA DE CANELA
68. COMUNA DE CANELA
69. COMUNA DE CANELA
70. COMUNA DE CANELA
71. COMUNA DE CANELA
72. COMUNA DE CANELA
73. COMUNA DE CANELA
74. COMUNA DE CANELA
75. COMUNA DE CANELA
76. COMUNA DE CANELA
77. COMUNA DE CANELA
78. COMUNA DE CANELA
79. COMUNA DE CANELA
80. COMUNA DE CANELA
81. COMUNA DE CANELA
82. COMUNA DE CANELA
83. COMUNA DE CANELA
84. COMUNA DE CANELA
85. COMUNA DE CANELA
86. COMUNA DE CANELA
87. COMUNA DE CANELA
88. COMUNA DE CANELA
89. COMUNA DE CANELA
90. COMUNA DE CANELA
91. COMUNA DE CANELA
92. COMUNA DE CANELA
93. COMUNA DE CANELA
94. COMUNA DE CANELA
95. COMUNA DE CANELA
96. COMUNA DE CANELA
97. COMUNA DE CANELA
98. COMUNA DE CANELA
99. COMUNA DE CANELA
100. COMUNA DE CANELA

1:95.000

N



BASE CARTOGRAFICA
 DATOS I.G.M. ESCALA 1:25.000

NOTA EXPLICATIVA

Los tramos indican calidades de sitio definidas por la variable suelo a partir de un sustrato de los 10 primeros cm del perfil. Los sustratos de Sodio, Cloro y Sulfato alcalinos permitirán construir una tabulación que exprese el potencial del sitio en términos de la productividad de *Atriplex nummularia* Lindl., expresada como gramos de materia seca por gramo.

El abstrado indica calidad de sitio según la pendiente del terreno, siendo los sitios planos los de mayor potencial.

En letras se expresa la calidad de sitio según el grado de aboleamiento. Factor correspondiente a una síntesis de la pendiente y exposición al sol, y por tanto de la energía incidente.

INDICE DE SITIO

SUELO

• < 100 g M.S./planta	NO RECOMENDABLE	
• 100 - 500 g M.S./planta	POCO FAVORABLE	
• 501 - 800 g M.S./planta	MEDIANAMENTE FAVORABLE	
• 801 - 1400g M.S./planta	FAVORABLE	
• > 1400 g M.S./planta	OPTIMO	

AREAS EXCLUIDAS POR:

CONDICIONES FISIOLÓGICAS
 PLANTACIONES EXISTENTES
 AQUELLOS QUE SON
 PENDIENTES > 75%
 OBLIG. AGRICOLA DE 1980

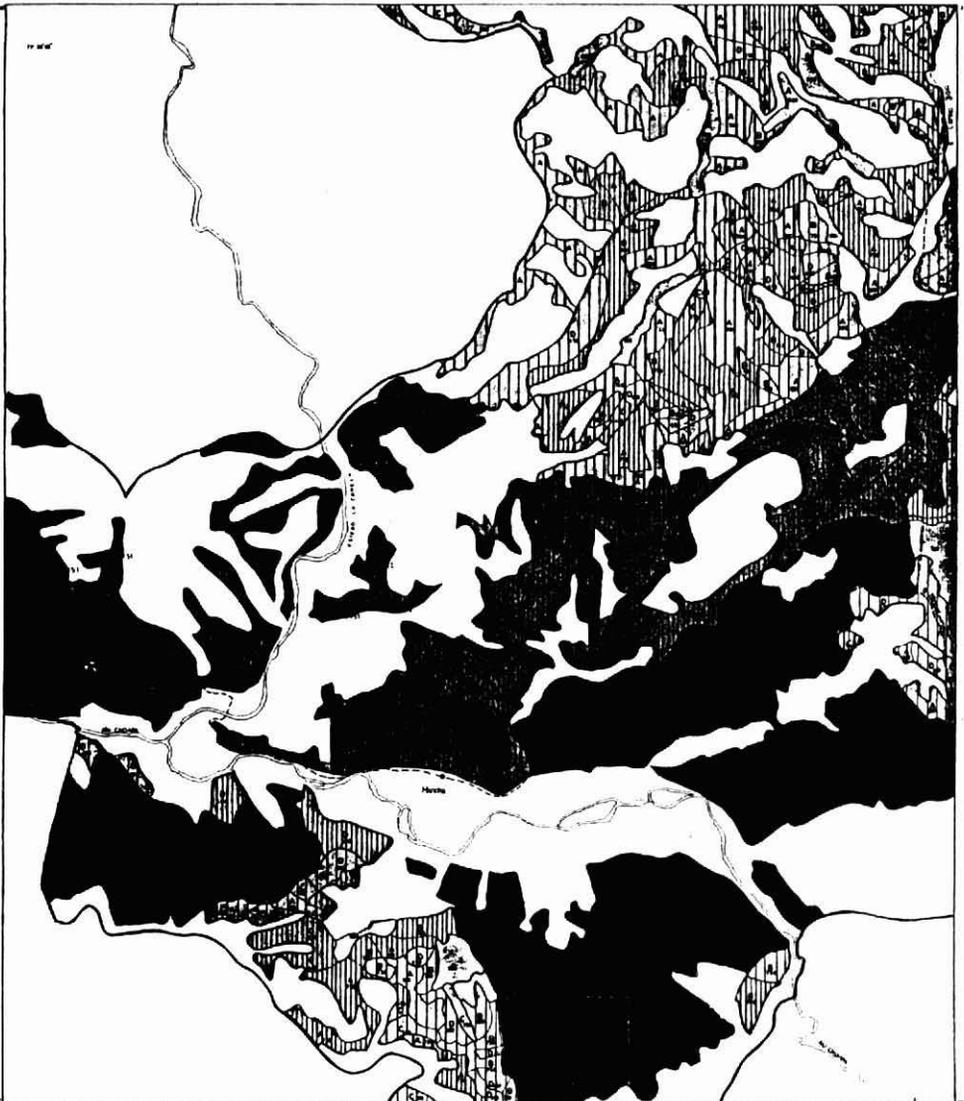
PENDIENTE

• 0 - 10%	OPTIMO	
• 10 - 25%	FAVORABLE	
• 25 - 50%	POCO FAVORABLE	
• 50 - 75%	MUY POCO FAVORABLE	

ASOLEAMIENTO

• MUY POCO ABOLEADO	OPTIMO	A
• POCO ABOLEADO	FAVORABLE	B
• ABOLEADO	POCO FAVORABLE	C
• MUY ABOLEADO	MUY POCO FAVORABLE	D

750 Productividad esperada gMS/planta ponderando factor suelo por pendiente y asoleamiento



**DETERMINACION DE SITIOS
POTENCIALMENTE FORESTABLES
CON *Atriplex nummularis* Lindl.
EN COMUNIDADES AGRICOLAS
DE CANELA, IV REGION**

13

FINANCIAMIENTO Fondo de Desarrollo Productivo
CORFO
Corporación Privada de Desarrollo Social
JUNDEP

AUTOR Corporación Privada de Desarrollo Social
JUNDEP

**RESPONSABLE
TECNICO** JAIMÉ VALDES CASTRO
Ingeniero Forestal

**EJECUCION
PROYECTO** JAIMÉ VALDES CASTRO
CESAR CORREA JORDUERA
Ingeniero Forestal (E)
JORGE ARIZ MURZ
Técnico Forestal

DEBUJANTE MAXIMO HERNANDEZ VERA

INDICE DE SITIO

BUELO

- ME - MUY BUENO - MUY PRODUCTIVO
- MB - BUENO - BUENO PRODUCTIVO
- MS - MEDIO - MEDIO PRODUCTIVO
- MS - MEDIO - MEDIO PRODUCTIVO
- MB - BUENO - BUENO PRODUCTIVO
- ME - MUY BUENO - MUY PRODUCTIVO

PENDIENTES

- 0 - 5% - MUY BUENO
- 5 - 10% - BUENO
- 10 - 15% - MEDIO
- 15 - 20% - MEDIO
- 20 - 25% - MEDIO
- 25 - 30% - MEDIO
- 30 - 35% - MEDIO
- 35 - 40% - MEDIO
- 40 - 45% - MEDIO
- 45 - 50% - MEDIO
- 50 - 55% - MEDIO
- 55 - 60% - MEDIO
- 60 - 65% - MEDIO
- 65 - 70% - MEDIO
- 70 - 75% - MEDIO
- 75 - 80% - MEDIO
- 80 - 85% - MEDIO
- 85 - 90% - MEDIO
- 90 - 95% - MEDIO
- 95 - 100% - MEDIO



ESCALA 1 : 95.000

NOTA EXPLICATIVA

Este estudio muestra resultados de un estudio preliminar de campo para determinar el potencial de siembra de *Atriplex nummularis* Lindl. en zonas de desarrollo agrícola de la zona de Canelas, IV Región. Los resultados obtenidos en este estudio preliminar, que se detallan en el presente informe, sirven como base para el estudio definitivo de campo que se está realizando en la zona de Canelas, IV Región.

Se detallan los datos de campo que se utilizarán en el estudio definitivo de campo que se está realizando en la zona de Canelas, IV Región.

Se detallan los datos de campo que se utilizarán en el estudio definitivo de campo que se está realizando en la zona de Canelas, IV Región.

