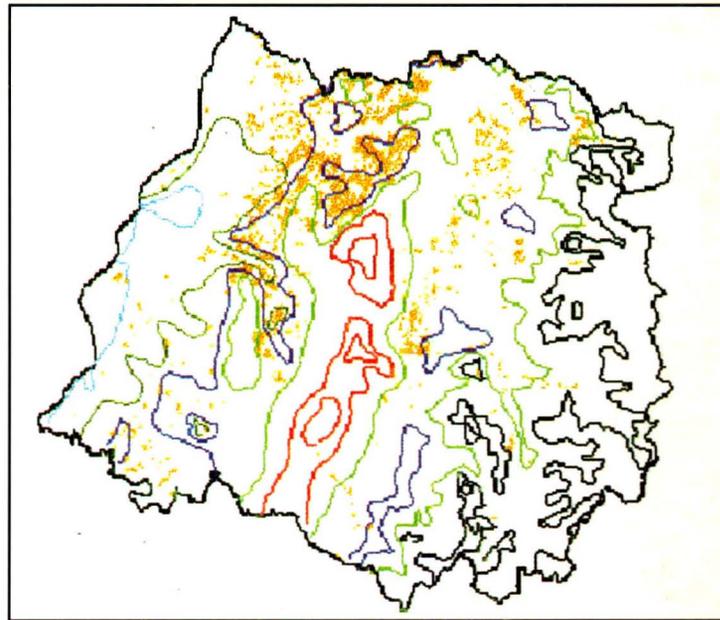




CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL
DEPARTAMENTO FORESTAL
SECCIÓN PROGRAMAS Y PROYECTOS
UNIDAD SIG
REGIÓN DEL MAULE



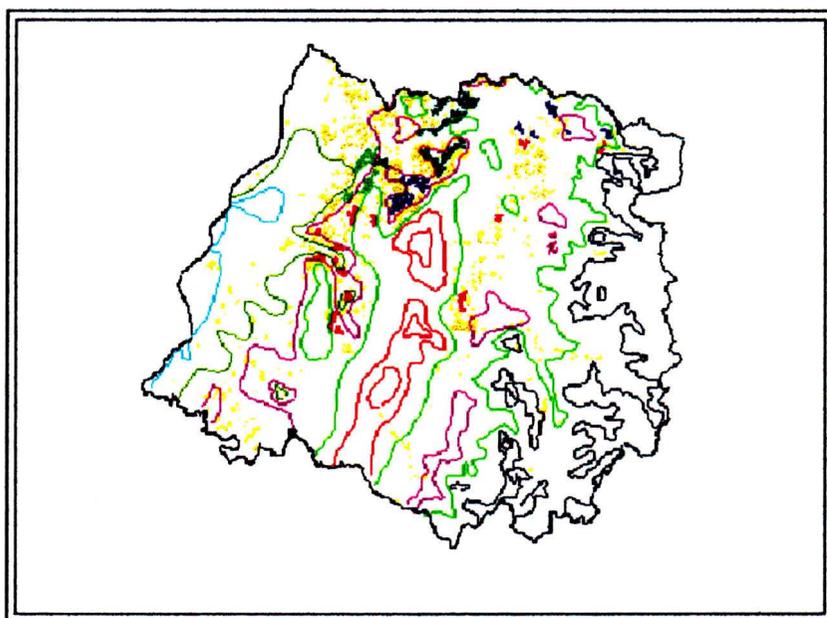
**AREA POTENCIAL Y EFECTIVA DE PLANTACIÓN
DE OCHO ESPECIES NO TRADICIONALES
EN LA
REGIÓN DEL MAULE**

PROGRAMA NACIONAL DE DIVERSIFICACIÓN FORESTAL

TALCA - 1999



CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL
DEPARTAMENTO FORESTAL
SECCIÓN PROGRAMAS Y PROYECTOS
UNIDAD SIG
REGIÓN DEL MAULE



**AREA POTENCIAL Y EFECTIVA DE PLANTACIÓN
DE OCHO ESPECIES NO TRADICIONALES
EN LA
REGIÓN DE MAULE**

PROGRAMA NACIONAL DE DIVERSIFICACION FORESTAL

TALCA-1999

INDICE

	Página
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 Objetivos.....	2
3 Revisión bibliográfica.....	3
3.1 Ecofisiología de los árboles.....	3
3.2 Factores medio-ambientales como medida del sitio.....	5
3.3 Estudios de introducción de especies.....	8
4 Material y métodos.....	11
4.1 Materiales.....	11
4.2 Metodologías.....	11
5 Presentación y análisis de resultados.....	17
5.1 Quercus suber.....	19
5.2 Acacia melanoxylon.....	21
5.3 Castanea sativa.....	23
5.4 Eucalyptus globulus sp maidenii.....	25
5.5 Fraxinus excelsior.....	27
5.6 Gevuina avellana.....	29
5.7 Pinus pinaster.....	32
5.8 Quillaja saponaria.....	34
6 Conclusiones y recomendaciones.....	37
7 Bibliografía.....	39
8 Anexo : "Variables climáticas y edáficas - Sistema de Ordenamiento de la Tierra".....	40

INDICE - MAPAS TEMATICOS

Mapa	Descripción	Página
1	Superficie no susceptible de plantar con otra especie.....	18
1.1	Superficie potencial de plantación - Quercus suber.....	20
1.2	Superficie efectiva de plantación - Quercus suber.....	20
2.1	Superficie potencial de plantación - Acacia melanoxylon.....	22
2.2	Superficie efectiva de plantación - Acacia melanoxylon.....	22
3.1	Superficie potencial de plantación - Castanea sativa.....	24
3.2	Superficie efectiva de plantación - Castanea sativa.....	24
4.1	Superficie potencial de plantación - Eucalyptus globulus maidenii.....	26
4.2	Superficie efectiva de plantación - Eucalyptus globulus maidenii.....	26
5.1	Superficie potencial de plantación - Fraxinus excelsior.....	28
5.2	Superficie efectiva de plantación - Fraxinus excelsior.....	28
6.1	Distribución actual Gevuina avellana	30
6.2	Superficie potencial de plantación - Gevuina avellana.....	30
6.3	Superficie efectiva de plantación - Gevuina avellana.....	31
7.1	Superficie potencial de plantación - Pinus pinaster.....	33
7.2	Superficie efectiva de plantación - Pinus pinaster.....	33
8.1	Distribución actual - Quillaja saponaria.....	35
8.2	Superficie potencial de plantación - Quillaja saponaria.....	35
8.3	Superficie efectiva de plantación - Quillaja saponaria.....	36

La introducción de una especie forestal en sitios fuera de su rango natural de distribución puede ser muy exitosa y dar origen a que la variación de sus características genéticas se exprese más ampliamente en los nuevos hábitat (Donoso,1994). Sin embargo, si el origen de las plantaciones de una especie corresponde a la selección de semillas de sólo unos pocos árboles, esa plantación sólo representará una parte de la variación que posee la especie en su rango natural de distribución y, a futuro, esa pérdida de variabilidad podrá ser muy peligrosa en términos de perpetuación y productividad de las plantaciones (Stern y Roch, 1974 citado por Donoso, 1994).

Los estudios de introducción de especies tradicionalmente se han basado en el establecimiento de parcelas o ensayos, pero en la actualidad se suma a este método la alternativa de uso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG), que posibilitan el manejo de mapas temáticos y bases de datos relacionales en función de los algoritmos establecidos en las distintas metodologías de trabajo según los objetivos que se persigan.

Distintos estudios en el campo de la Introducción de Especies, han tratado de definir cuáles son las variables edafoclimáticas de mayor significancia o que se presentan como los factores más limitantes en la distribución de las especies. A grandes rasgos se han establecido como de importancia aquellas variables que se relacionan con la disponibilidad de agua (precipitaciones, humedades relativas, índice de humedades anuales y estivales y las relacionadas con los suelos y topografía que permiten su permanencia en los sistemas naturales), distribución de temperaturas (influencia topográfica), períodos secos (de gran importancia en ecosistemas mediterráneos) y las heladas.

El presente estudio es una primera aproximación a la determinación de zonas potenciales aptas para la introducción de seis especies exóticas que pueden presentar algún potencial económico, tales como Eucalyptus globulus Sp maidenii, Fraxinus excelsior, Quercus suber, Pinus pinaster, Castanea sativa y Acacia melanoxylon. Se incorporan, además, las especies nativas Quillaja saponaria y Gevuina avellana, que presentan una interesante distribución actual en la Región del Maule.

Esta iniciativa obedece a los lineamientos del Programa Nacional de Diversificación Forestal creado en 1994, cuyo objetivo principal es sustentar al sector forestal en una producción de mayor valor agregado, basada en más especies y un incremento de los mercados.

2. - OBJETIVOS

PRINCIPAL

- Determinar el **Area Potencial y Efectiva de Forestación** en la Región del Maule para las siguientes ocho especies:

- **Eucalyptus globulus ssp maidenii**
- **Pinus pinaster**
- **Quillaja saponaria**
- **Gevuina avellana**
- **Castanea sativa**
- **Fraxinus excelsior**
- **Quercus suber**
- **Acacia melanoxylon**

SECUNDARIOS:

- Generar cartografía y bases de datos de las áreas potenciales y efectivas de forestación por especie.
- Determinar áreas de la VII Región donde las especies puedan encontrar condiciones más favorables para su desarrollo.

3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1- ECOFISIOLOGÍA DE LOS ARBOLES

▪ **Respuestas a la Luz, Agua, Nutrientes, y Temperatura**

La sobrevivencia y desarrollo de los organismos vegetales están en función de la disponibilidad de recursos (posibles de ser consumidos) y factores ambientales (utilizados en procesos fisiológicos, pero no consumidos (Tilman, 1982 citado por Lusk, 1998).

Se han establecido algunas teorías respecto al desarrollo de los organismos, destacándose al respecto la **Ley del Mínimo** propuesta por J.V Liebig (siglo XIX) que establece que “El crecimiento y rendimiento de los organismos son determinados por un sólo recurso, el que esté más escaso relativo a la demanda” (factor limitante). Estudios recientes han permitido hacer algunas enmiendas en lo que se refiere a:

- **Colimitación** : El crecimiento de los organismos puede estar colimitada por varios recursos a la vez.
- **Jerarquía de los Recursos**: El aporte que podrían representar en términos de crecimiento los distintos recursos colimitadores son diferentes, pudiéndose establecer una jerarquía entre ellos.
- **Efectos Sinérgicos**: El efecto combinado del aporte de dos o más recursos es más que la suma independiente de ellos.

▪ **Influencias genéticas y ambientales sobre las plantas**

El genotipo de una planta define el rango potencial de performance de la planta y es determinado por un conjunto de rasgos heredables. El fenotipo producido por un genotipo determinado resulta de la interacción de rasgos genotípicos con el ambiente en que crezca la planta. Se dedica mucha investigación a la cuantificación de la separación de efectos genotípicos, efectos ambientales y las interacciones genotipo-ambiente. Los objetivos prácticos de tales análisis son la definición de los límites geográficos de los ambientes favorables para un genotipo determinado y la identificación de cultivares o variedades adecuados a ambientes objetivos, que puedan recomendarse a los agricultores y las empresas forestales. Para lograr estos objetivos se emplean procedimientos estadísticos, a menudo involucrando análisis de varianza, regresión y análisis de agrupamiento (Lusk, 1998).

Se puede distinguir cuatro tipos de respuestas de una planta individual al ambiente:

- **Respuestas cuantitativas reversibles:** Variación de las tasas de procesos fisiológicos ante variación de recursos.
- **Respuestas fenológicas:** Variación en los procesos de floración.
- **Respuestas irreversibles de estrés:** Ambientes extremos, quedan definidas según intensidad y duración.
- **Aclimatación :** Adaptaciones fisiológicas y/o morfológicas a las condiciones ambientales imperantes.

▪ **La Luz: Recurso y Condición para las plantas**

Toda la energía utilizada por las plantas y animales de los agroecosistemas proviene de la radiación solar, que entra al sistema a través de la fotosíntesis. La radiación solar tiene efectos tanto fotoquímicos como térmicos sobre las plantas. Las reacciones fotoquímicas de la fotosíntesis son iniciadas por los fotones de la luz en el rango de longitud de onda de 400 a 700 nm. Los efectos térmicos de la radiación solar sobre las plantas dependen de la carga de energía radiante y el balance de energía (Lusk, 1998).

▪ **El recurso agua**

Los tejidos vegetales son compuestos principalmente de agua, la cual es imprescindible para todos los procesos metabólicos. El estado hídrico de los tejidos vegetales depende del funcionamiento del continuo suelo-planta-atmósfera. La cantidad de agua utilizado por los cultivos depende de la demanda evaporativa (déficit de presión de vapor: DPV) y por las propiedades de la canopia vegetal y la superficie del suelo. El desarrollo de déficit hídricos en los tejidos es determinado por la gradiente de energía libre que se desarrolla, y por el lapso de tiempo entre la pérdida de agua desde los tejidos y su reabastecimiento. El déficit de agua influye en la productividad de muchas maneras, dependiendo del genotipo en cuestión, y la severidad y momento de ocurrencia. La fisiología global de la planta determina la eficiencia del uso del agua (Lusk, 1998).

▪ **Nutrición Mineral**

Las plantas requieren de un gran número de elementos. Estos son absorbidos desde el suelo en forma de iones e incorporados a la estructura vegetal o almacenados en la solución celular. Los nutrientes minerales existen en el suelo en formas solubles (disponibles a las plantas) y en formas no disponibles. Sólo una pequeña fracción del reservorio total de un elemento determinado está disuelto en el agua del suelo. Gran parte del resto, casi el 98 %, está ligado químicamente en residuos orgánicos, humus, y compuestos inorgánicos poco solubles. Estos constituyen un reservorio que se hace disponible muy paulatinamente como resultado de los procesos de meteorización (fracción inorgánica) y mineralización (fracción orgánica). El 2% restante se encuentra absorbido en las superficies de los coloides del suelo (Larcher, 1995 citado por Lusk, 1998).

- **La temperatura como condición ambiental**

La temperatura es una de las condiciones ambientales más influyente en las distribuciones de los seres vivos y, probablemente, la condición de mayor importancia en el sector forestal. Las temperaturas juegan un rol clave en determinar las especies y diversidad de árboles que pueden cultivarse en determinados lugares, en especial las temperaturas mínimas. Dentro de la región climática tolerada por una especie o variedad, las temperaturas inciden fuertemente en el rendimiento y la tasa de maduración, debido a sus efectos sobre los procesos de fotosíntesis, respiración y evapotranspiración.

3.2. - FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE COMO MEDIDA DEL SITIO

Algunos métodos empleados para determinar calidad del sitio (Spurr y Barnes, 1973; Jones, 1969, Coite, 1938 citado por Donoso, 1992) corresponden a dos tendencias distintas:

- **Método Factorial:** Se basa en Ley del Mínimo, por lo cual sólo considera aquellas variables ambientales limitantes en el crecimiento vegetal, correspondiendo a una o dos.
- **Método Holístico:** Considera al Medio Ambiente como un todo, en donde los factores considerados tengan una correlación estrecha con el sitio y que sean medibles.

- **Método Factorial**

En término de los factores CLIMA y SUELO considera las siguientes variables como indicadoras de sitio.

Factor Ambiental	Variable Ambiental	Observaciones
Clima	Precipitación (Pp) Temperaturas (T°)	Se pueden considerar como indicador de sitio a modo de comparación entre 2 lugares con especies y suelos similares.
Suelo	Profundidad, Estructura Textura, Materia Orgánica Pendiente, Exposición	Todos aquellos factores topográficos o de suelo que influyen en la disponibilidad de agua y nutrientes.

▪ **Métodos Holísticos**

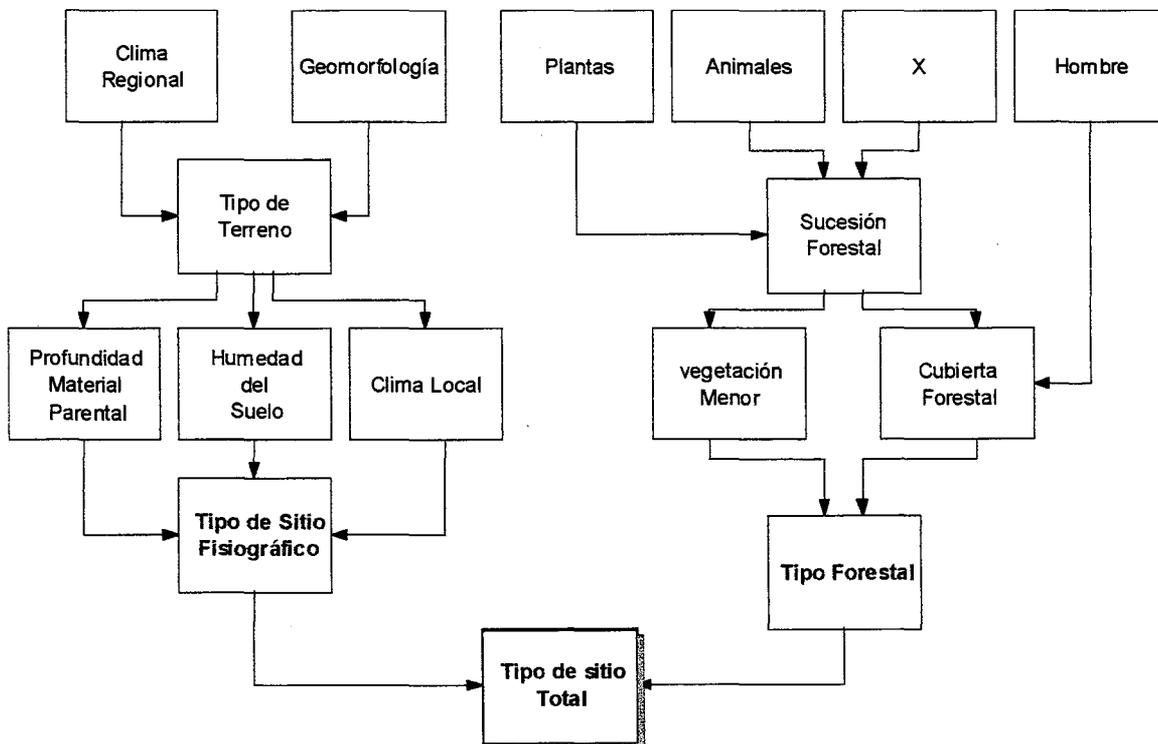
1.- Factor Múltiple (Jones, 1969 citado por Donoso, 1992)

En este método el sitio queda definido por las series de suelo (que reflejan el efecto del clima, organismos, tiempo, etc.). Una serie de suelo queda definida por características como textura, estructura, profundidad, ph, etc. a distintos niveles de profundidad o fases de profundidad.

2.- Sistema Alemán Baden – Wuttemberg

Los sitios quedan definidos por las variables de clima, suelos y sustrato geológico. Según Esquema I.

Esquema I.- Modelo del sistema de clasificación de sitio usado en Baden-Wuttemberg. Alemania (Spurr y Barnes, 1973 citado por Donoso, 1992)



En base a lo anterior, este sistema define algunas clasificaciones geográficas

Áreas de crecimiento: Zonas con grandes diferencias de clima, suelo y geología

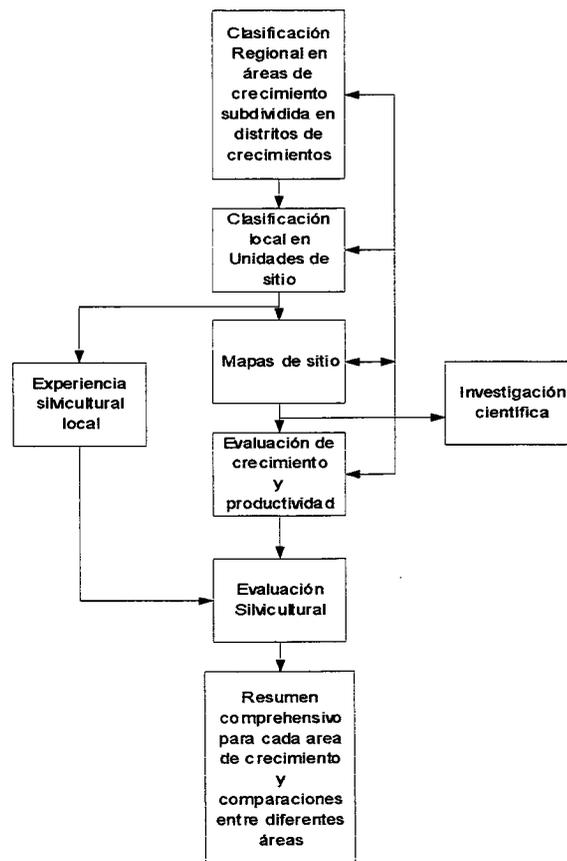
Distritos de crecimiento: Diferencias dentro de un área de crecimiento con respecto a clima, material parental, suelo, vegetación (cada distrito queda definido por los tipos forestales nativos dominantes).

Unidades de sitio: Diferencias dentro del distrito en cuanto a Topografía, suelos, microclima y vegetación (quedan definidos por comunidades de especies si no por rangos topográficos o factores edáficos), la escala de trabajo a este nivel es de 1:10.000.

3. - Tipos Fisiográficos de Hills o Clasificación de los Tipos de Sitios

Corresponde a una versión modificada del anterior, el siguiente esquema clarifica su metodología de trabajo (Esquema II).

Esquema II.- Modelo de clasificación de los tipos de sitio total de Hills (Hills y Pierpoint, 1960 citado por Donoso, 1992)



3.3. – ESTUDIOS DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES REALIZADOS RECIENTEMENTE

Estudios afines se han realizado actualmente en el marco de la introducción de especies:

- “ Obtención de zonas potenciales para el establecimiento de Aromo Australiano (Acacia melanoxylon)” (Loewe et al, 1998).
- “ Análisis de las variables de sitio para estimar el establecimiento en Chile de Acacia melanoxylon “ (Ramirez, Schlatter , 1998).

Respecto al primero de estos estudios se indican a continuación sus principales aspectos:

- Obtención de zonas potenciales para el establecimiento de **Aromo Australiano (Acacia melanoxylon)”** (Loewe et al, 1998).

Para la determinación de áreas o zonas potenciales de plantación de una especie desde un punto de vista edáfico y climático, es necesario conocer variables climáticas y edáficas de la zona en estudio y la especie en cuestión.

Las **Variables** consideradas para este estudio son:

Variables Climáticas	Fuente
Temperatura Media Máxima mes más cálido	Atlas Agroclimático de Chile (Santibañez y Uribe,1993), Mapa Agroclimático de Chile (Novoa,1989), Análisis de Temperaturas Mínimas extremas (Santibañez,1995)
Temperatura Media Mínima mes más frío	
Temperatura Media Anual	
Pp Anual	
Meses Seco	
Variables Edáficas	Los Grandes suelos de Chile (Roberts y Díaz, 1960), Observaciones sobre suelos de la Zona Central (Wright, 1960), Suelos Volcánicos de Chile
Profundidad del suelo	
Textura	
Drenaje	
Reacción (PH)	
Variables Geomorfológicas	Catastro de Bosque Nativo - Región del Maule
Altitud	
Pendiente	
Exposición	

A cada factor limitante se le evalúa de acuerdo al porcentaje de la región que cubre en términos de superficie, estableciéndose la siguiente escala de valoración:

Clase	Porcentaje del área
Altamente restrictiva	<= 60%
Medianamente Restrictiva	61 – 70%
Muy poco o no restrictiva	>= 71 %

En el segundo estudio citado propone lo siguiente:

- Análisis de las variables de sitio para estimar el establecimiento en Chile de Acacia melanoxylon“ (Ramirez, Schlatter, 1998)

Este estudio al igual que el anterior ocupa algunas variables climáticas y edáficas

Factor Climático	Unidad de medida
Precipitación	Mm
Duración Período Seco (DPS)	Meses
Período Libre de Helada (PLH)	Días
Temperatura Media Anual	°C
Temperatura media mínima mes más frío	°C
Factor Edáfico	
Profundidad	Cualitativo
Arraigabilidad	Cualitativo
Capacidad de Campo	Cualitativo
Textura	Clases texturales
Estructura	Clases estructurales
Drenaje Interno	Cualitativo

A cada variable se le otorgó una valoración de acuerdo al siguiente cuadro.

Criterio variable climática	Valoración
Variable en rango favorable	3
Variable en rango adecuado	2
Variable en rango moderado	1
Variable en rango desfavorable	0
Criterio variable edáfica	
Variable en rango favorable	3
Variable en rango desfavorable	0

Además, a las variables climáticas se les otorgó una ponderación de acuerdo a su importancia, específicamente a:

- Régimen Hídrico (Pp)
- Temperaturas (T°)

En las variables de suelo no se hizo tal discriminación, por lo que todas poseen igual importancia.

Las ventajas de los criterios anteriores permiten discriminar zonas potenciales según objetivos, los rangos más favorables destinados a fines productivos y restantes a fines de restauración o conservación de ecosistemas. Además permite una zonificación más clara de acuerdo al factor limitante, de ahí que se definieron las siguientes categorías de zonificación.

Categoría	Descripción
1	No existe variable climática fuera del rango
2	Existe una variable de suelo fuera del rango
3	Existe una variable climática fuera de rango
4	Existe más de una variable climática fuera de rango

Con las variables (clima y suelo) se definieron Unidades Edafoclimáticas bajo el Sistema de Ordenamiento de la Tierra (Schlatter, 1994 -1995), que considera las siguientes divisiones:

- **Zona de Crecimiento:** Variación longitudinal del Clima (dirección oeste (W) – este (E)).
- **Distrito de Crecimiento:** Variación latitudinal dentro de una zona de crecimiento.
- **Area de Crecimiento:** Variación climática y geológica dentro de un distrito de crecimiento.

La Unidad de Análisis corresponde a la **Zona de Crecimiento** en donde se compara los distintos **Distritos de Crecimiento** contenidos en ella.

4. - MATERIAL Y METODO

4.1. - MATERIALES

Mapa temático	Formato	Escala	Fuente	Base de Datos
Sistema de Ordenamiento de la tierra	Vectorial /Arc_Info	1:250.000	Schlatter, 1997	Formato papel
Agroclimas INIA	Vectorial/Idrisi	1:1000.000	INIA, 1986	Formato digital
Catastro de Bosque Nativo	Vectorial/Arc_info	1:50.000	Conaf-Conama	Formato digital
Límites Comunales	Vectorial/Arc_info	1:50.000	Conaf-Conama	

4.2. -METODOLOGIA

- Metodología General
- Metodología para la determinación de unidades edafoclimáticas.
- Metodología de criterios de evaluación de variables climáticas y edáficas.
- Metodología para la determinación de requerimientos ambientales de las especies nativas.

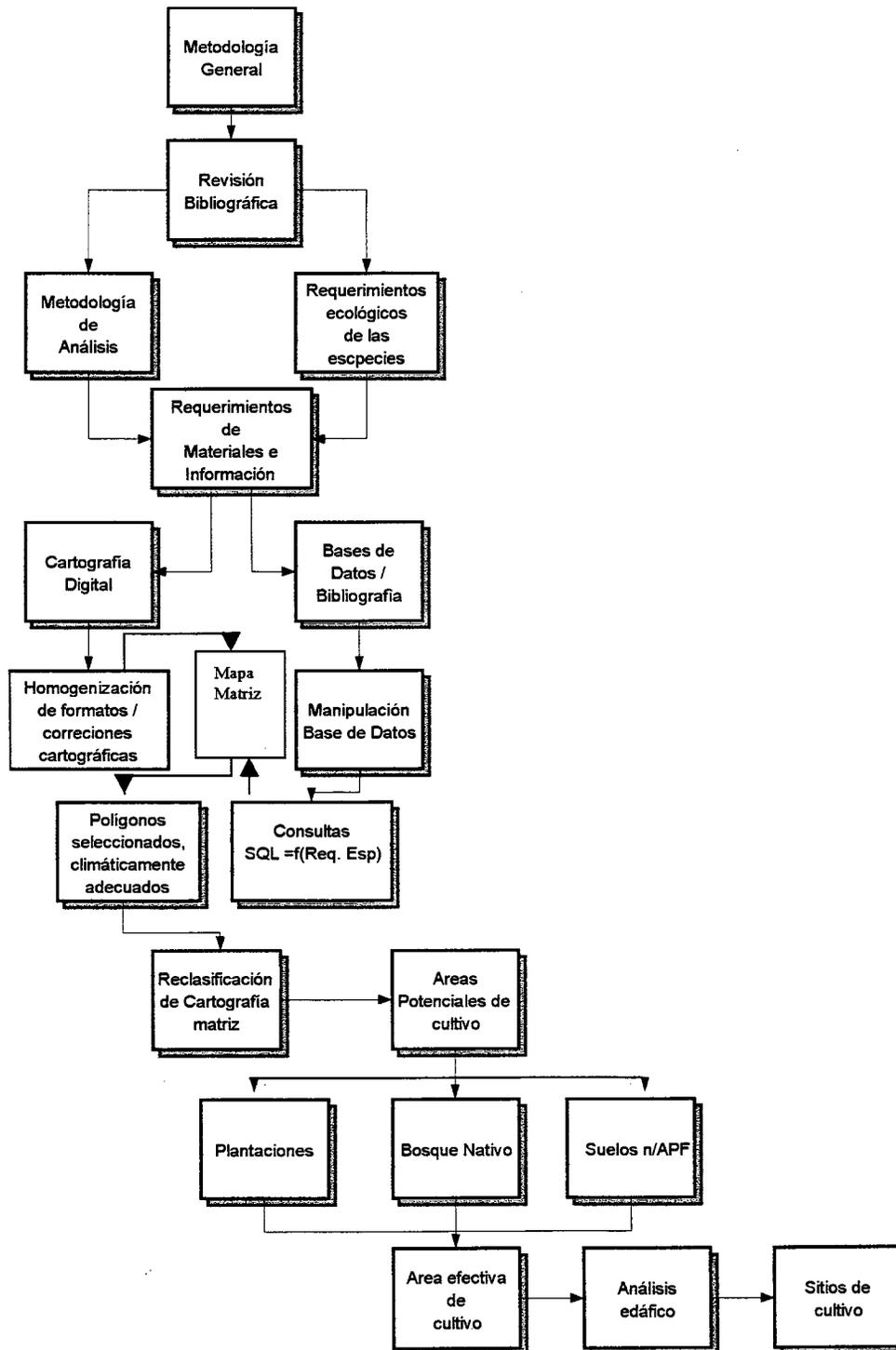
▪ Metodología General

Esta etapa consistió en la búsqueda de información referente a metodología ya probadas en otras especies, como también los requerimientos de las especies en estudio. En base a lo anterior se determinó los requerimientos de materiales e información a utilizar.

Las bases de datos digitales fueron manipuladas por medio de un lenguaje estructurado de consulta (SQL) de acuerdo a los requerimientos de las especies para cada variable climática, obteniéndose de esta forma áreas potenciales de cultivo sin restricciones climáticas que, posteriormente fueron evaluadas en términos de la variables edáficas, concluyendo en cartografía de las áreas potenciales de desarrollo para las especies, con las indicaciones pertinentes de restricciones de suelos (Esquema I).

Actualmente, extensas superficies de suelos se encuentran cubiertas por plantaciones y bosques nativos. De acuerdo a lo anterior, se estimó necesario determinar las áreas susceptibles de cultivar, por lo que a las zonas potenciales de cultivo para cada especie se extrajo las superficies sometidas a los usos anteriormente mencionados, constituyendo de esta forma las superficies y zonas reales disponibles en la región.

Esquema I.- Metodología general del estudio



▪ Metodología para la creación de unidades edafoclimáticas

La cartografía asociada al estudio denominado Sistema de Ordenamiento de la Tierra (Schlatter et al,1997) tiene ya establecida las unidades edafoclimáticas correspondientes a las áreas de crecimiento (tercer nivel jerárquico dentro de la clasificación propuesta). Las variables climáticas consideradas corresponden a precipitación (**Pp**), período seco (**Psec**), índice de humedad anual (**IHA**), período libre de heladas (**PLH**), número total de heladas (**NTH**), índice de humedad estival (**IHE**), humedad relativa estival (**HRE**), todas en sus rangos mínimos y máximos. La variable temperatura se considera de importancia en los patrones de distribución de las especies, por lo que fue necesario incorporarla, considerando para ello la clasificación agroclimática - INIA (1986) y los cruzamientos necesarios en SIG (Esquema II).

▪ Metodología de criterios de evaluación de variables climáticas y edáficas.

Para efecto de la determinación de las áreas potenciales de cultivo, se consideró aquellas variables más limitantes o de mayor sensibilidad por parte de las especies, resultando como las más apropiadas: Temperaturas mínimas (**Tmin**), Temperaturas máximas (**Tmax**), Precipitación mínima (**Ppmin**), Período seco máximo (**Psecmax**), período libre de heladas mínimo (**Plhmin**) para los sectores del secano interior y precordillera, en cambio, en el sector costero se excluye el **Psecmax** (compensación por humedad relativa), incorporándose Índice de humedad anual mínimo (**IHAmin**) y Humedad relativa estival (**HREmin**).

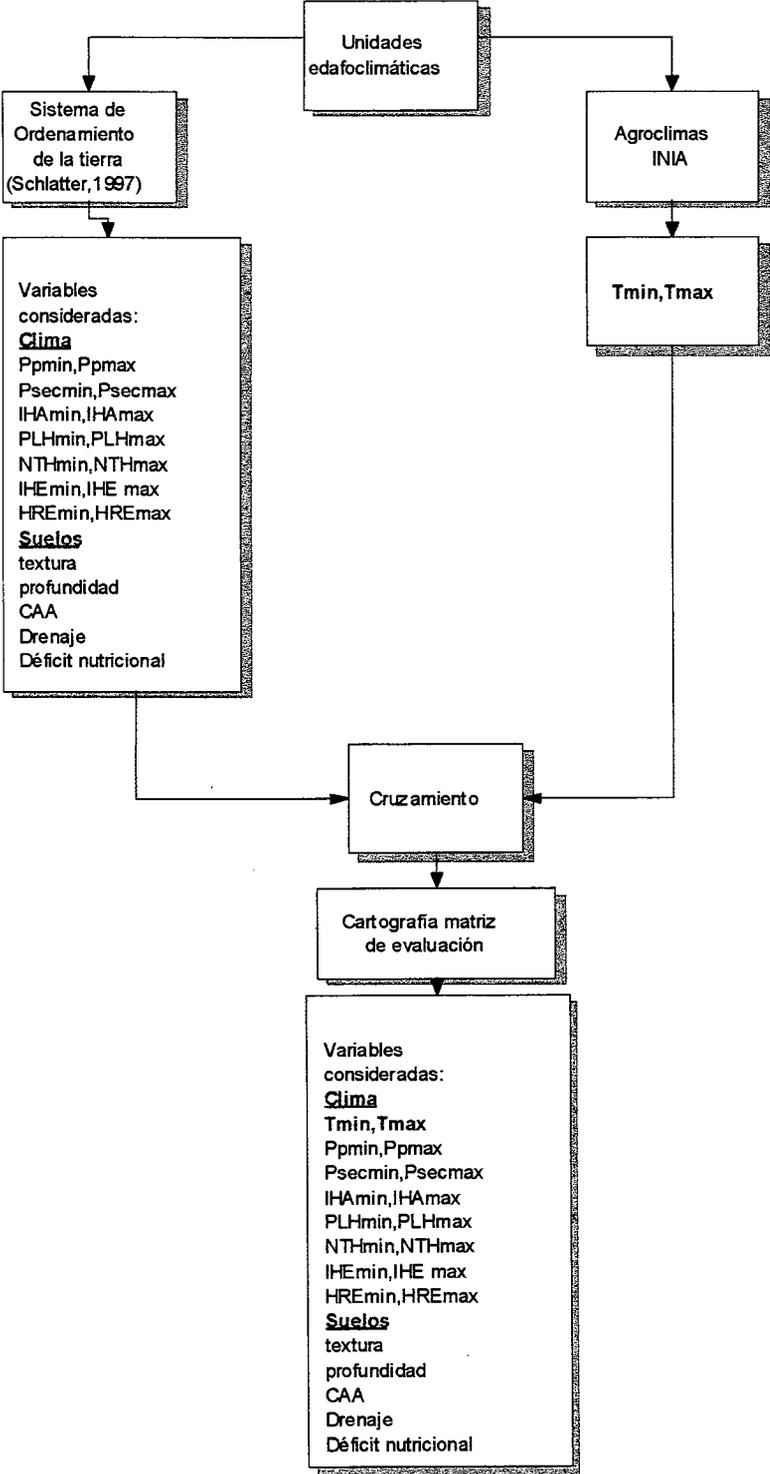
Una vez definido los polígonos sin restricciones climáticas para cada especie, el análisis se centró en la variable edáfica, particularmente en relación a las propiedades texturales, hidromórficas (drenaje), profundidad y deficiencias nutricionales. De lo anterior se generó una cartografía con las principales limitancias edáficas por zonas y especies (Esquema III).

▪ Metodología para la determinación de requerimientos ambientales de las especies nativas.

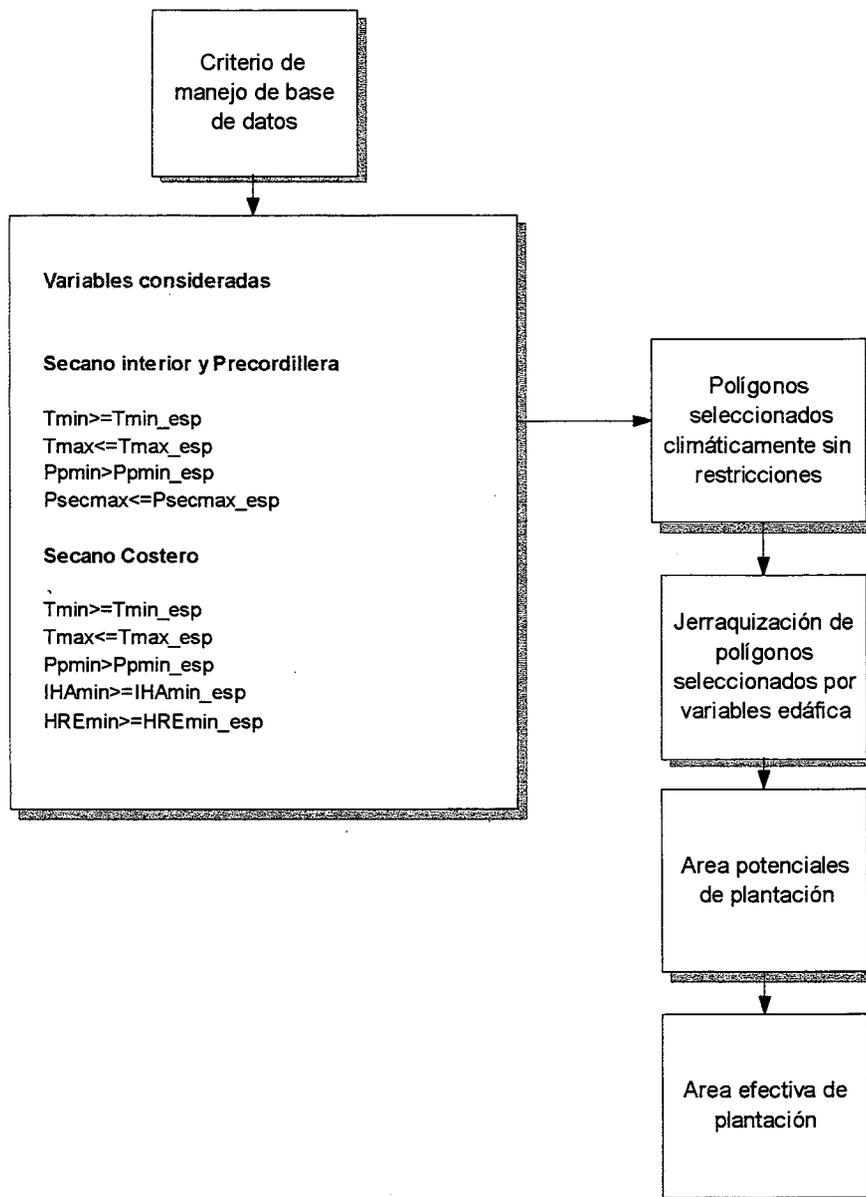
Algunas variables ambientales de carácter climático no estaban disponibles para las especies nativas Quillaja saponaria y Gevuina avellana, por lo que se estimó necesario caracterizar edafoclimáticamente su distribución actual, que fue obtenida de la información gráfica y numérica proporcionada por el Catastro del Bosque Nativo, procediendo a elegir todas aquellas zonas donde la especie en estudio se presente en cualquiera de las seis categorías de dominancia (mapa 6.1, mapa 8.1). El mapa de distribución actual fue superpuesto en el mapa matriz (Sistema de ordenamiento de la tierra), los polígonos se ordenaron de mayor a menor superficie de modo de ponderar la importancia de sus características clima-suelo, y se seleccionaron todos aquellos que explicaran el 75 % de la variabilidad ambiental presente para la especie en estudio.

Para la obtención de un valor se utilizó el criterio del mínimo entre los mínimos y el máximo entre los máximos, definiendo de este modo el rango de las variables para las especies (Esquema IV).

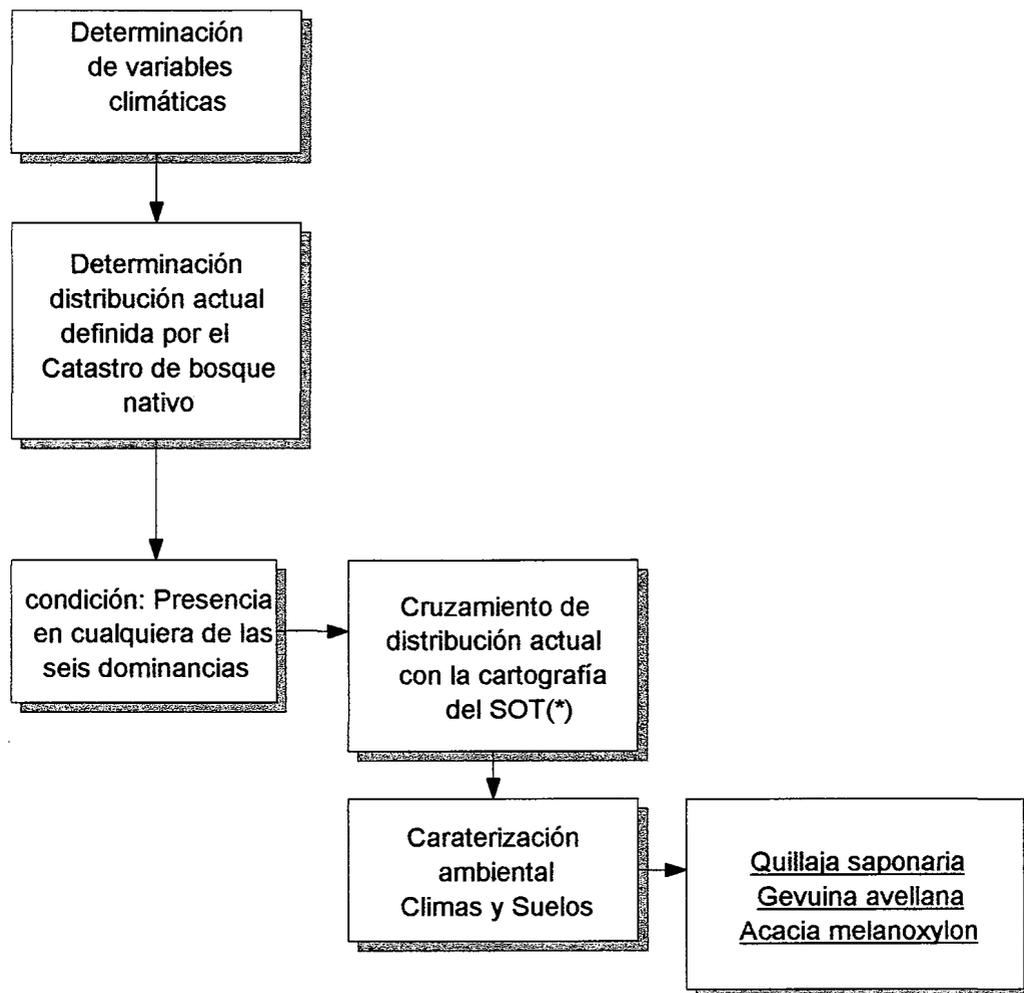
Esquema II.- Incorporación de Temperaturas mínimas y máximas al Sistema de ordenamiento de la tierra



Esquema III.- Criterio de manejo de variables y determinación de áreas potenciales de cultivo



Esquema IV.- Descripción edafoclimática de las especies nativas y exóticas



(*) SOT: Sistema de Ordenamiento de la Tierra (Schlatter,1997)

5. - PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las variables edafoclimáticas utilizadas en la cartografía base son:

Clima	Leyenda
Tmin	Temperatura mínima del mes de Julio
Tmax	Temperatura máxima mes de Enero
Ppmin	Precipitación mínima
Ppmax	Precipitación máxima
Psecmin	Período seco mínimo
Psecmax	Período seco máximo
Plhmin	Período libre de heladas mínimo
Plhmax	Período libre de heladas máximos
IHAmin	Índice de humedad anual mínimo
IHAMax	Índice de humedad anual máximo
HREmin	Humedad relativa mínima
HREmax	Humedad relativa máxima
IHEmin	Índice de humedad estival mínimo
IHEmax	Índice de humedad estival máximo
NTHmin	Número total de heladas mínimo
NTHmax	Número total de heladas máximo
Suelos	
Textura	Clase textural
Profundidad	Profundidad
CAA ¹	Capacidad de agua aprovechable
Drenaje	Drenaje interno
Déficit Nutricional	Déficit nutricional

Las variables consideradas de mayor importancia para el análisis de áreas potenciales de establecimiento de una especie se muestran de color azul en el cuadro anterior.

A continuación se presentan los valores de las variables consideradas en el estudio

Variable climática/especie	Acacia melanoxylon	Gevuina Avellana	Quillaja saponaria	Fraxinus Excelsior	Castanea sativa	Pinus pinaster	Eucalyptus globulus maidenii	Quercus suber
Tmin (°C)	6	2.9	2.9	4.6	-5	3.5	2.9	8
Tmax (°C)	24	31.3	31.3	31.3	26.5	28.8	28.1	24
Ppmin (mm)	700	700	700	700	700	700	700	400
Psecmax (meses)	-	7	7	7	7	7	7	7
Plhmin (días)	300	150	150	200	200	200	0	300
IHAmin	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.7	0.6
HREmin (%)	68	40	55	60	55	60	40	68
IHEmin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.46	0.3	0.3	0.3

¹: No se utilizó CAA porque no estaba disponible para todos los polígonos

Variable edáfica/especie	Acacia melanoxylon	Gevuina Avellana	Quillaja saponaria	Fraxinus Excelsior	Castanea sativa	Pinus pinaster	Eucalyptus globulus maidenii	Quercus suber
Profundidad	Profundos	Delgados a profundos	Moderado a profundo	Profundos	profundos	Moderado a profundo	Delgado a moderadamente profundo	Moderada a profunda
Textura	Franco limosa	Franca	Arcillo arenosa a franca	Arcillo arenosa	franca	Franco a arenosos	Limosa o algo pesada	Arenosa a franco arenosa
Drenaje	Bueno	Bueno	Moderado a lento	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Déficit nutricional	-----	Fósforo (p) y potasio (K)	-----	Nitrógeno (N)	Fósforo (p) y potasio (K)	-----	Nitrógeno (N), fósforo (P) y Boro (B)	Potasio (k)

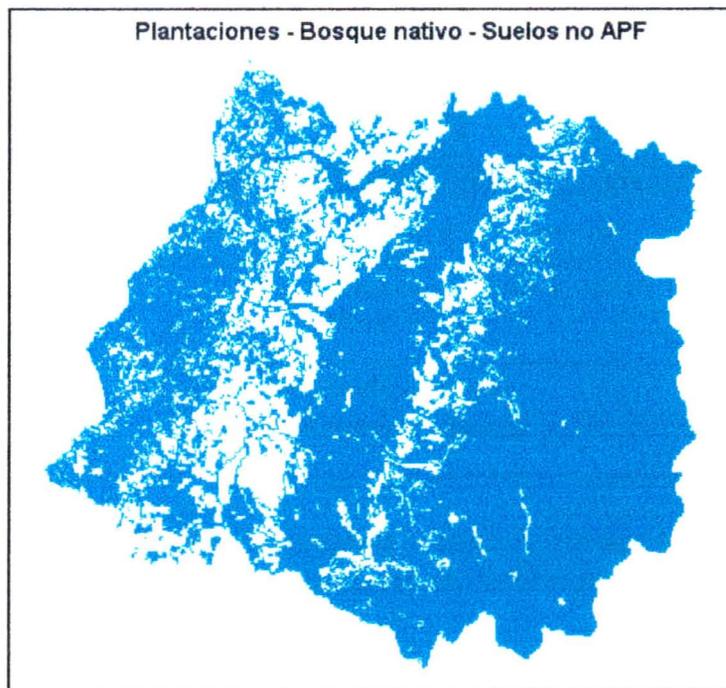
Algunas de las variables anteriores fueron obtenidas a partir de la caracterización edafoclimática de la distribución actual de la especie a partir del catastro. Tal fue el caso de Acacia melanoxylon, Quillaja saponaria, Gevuina avellana y lugares donde se realizó un ensayo o se detectó buen desarrollo para Pinus pinaster, Quercus suber, Eucalyptus globulus maidenii

Del análisis en función de las variables anteriores, se obtuvo el área potencial y efectiva para cada especie. Estos conceptos se definen a continuación:

Area potencial: Corresponde a todos los lugares adecuados para el establecimiento de la especie.

Area efectiva: Corresponde a las áreas potenciales descontando aquellas zonas que presentan plantaciones forestales, bosque nativo y suelos sin aptitud preferentemente forestal.

Mapa 1. - Superficie no disponible para forestar con otras especies en la Región del Maule.



La zona de color azul corresponde a plantaciones forestales, bosque nativo y suelos que no son de aptitud preferentemente forestal.

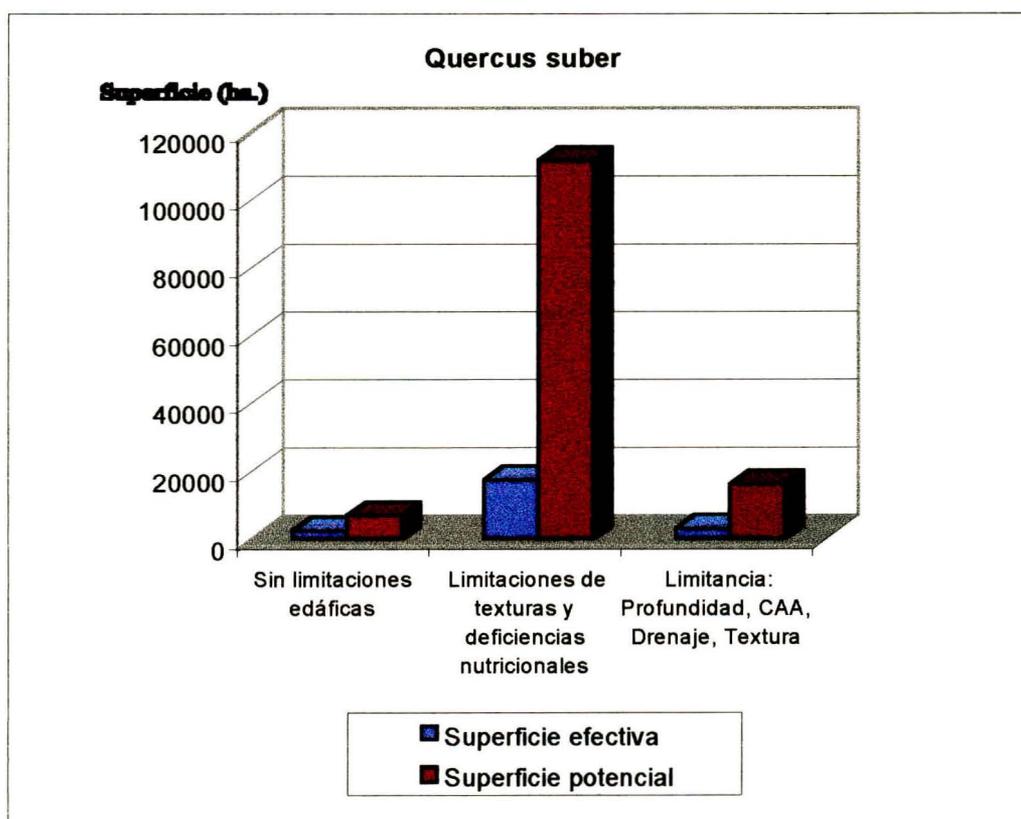
Los resultados obtenidos por especie son los siguientes:

5.1.- Quercus suber (Alcornoque)

Cuadro 1. - Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

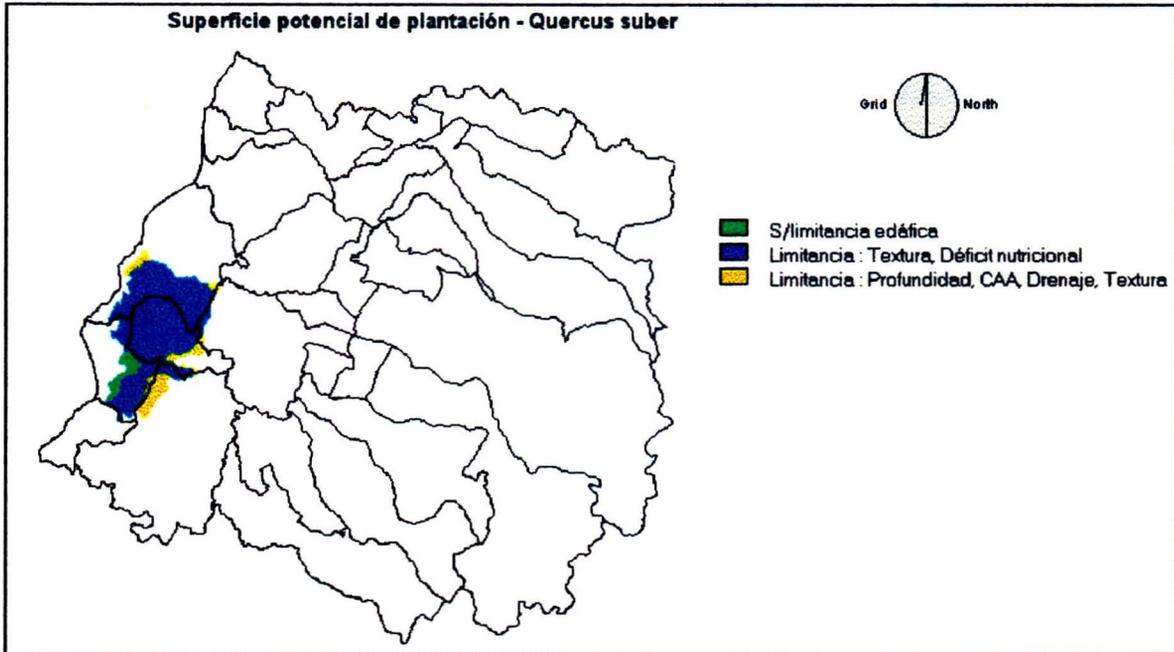
Limitaciones edáficas	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
Sin limitaciones edáficas	2.404	6.835
Limitaciones de texturas y deficiencias nutricionales	17.429	111.762
Limitaciones de profundidad, CAA, drenaje y textura	3.065	16.091
Total	22.898	134.688

Gráfico 1. - Factores limitantes edáficos - *Quercus suber*

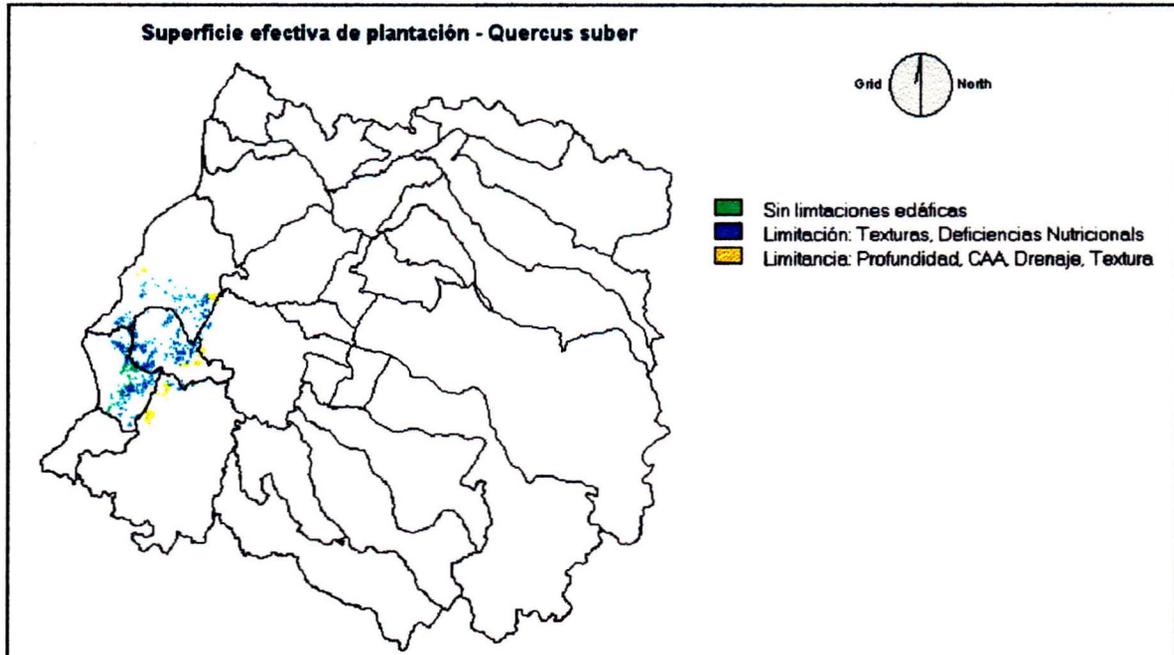


En el gráfico 1 se observa que la mayor limitancia corresponde a aspectos texturales y nutricionales, por lo que adecuadas medidas de fertilización y tratamientos de suelos permitirían un aumento de productividad.

Mapa 1.1



Mapa 1.2

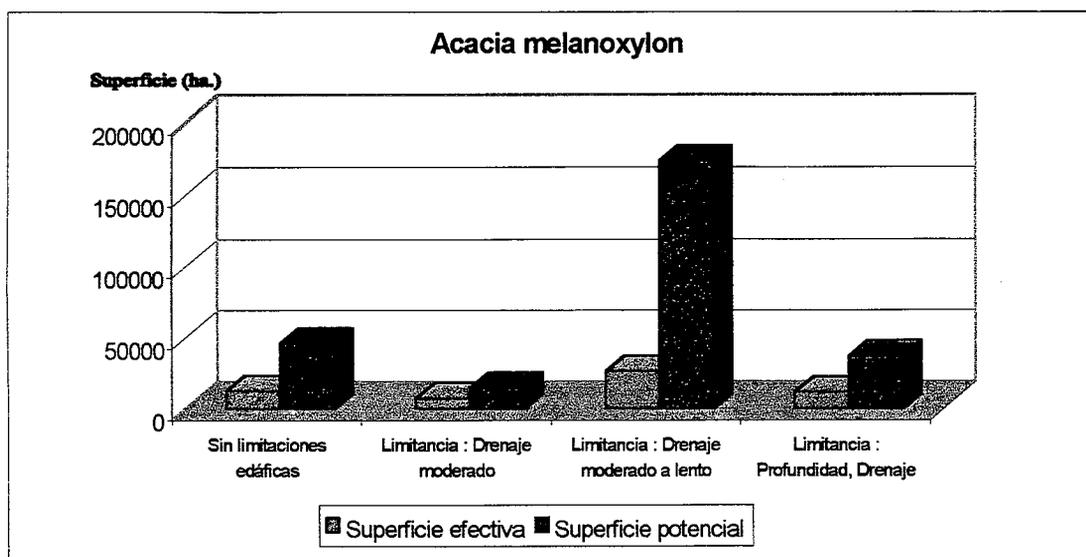


5.2.- Acacia melanoxylon (Aromo australiano)

Cuadro 2.- Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

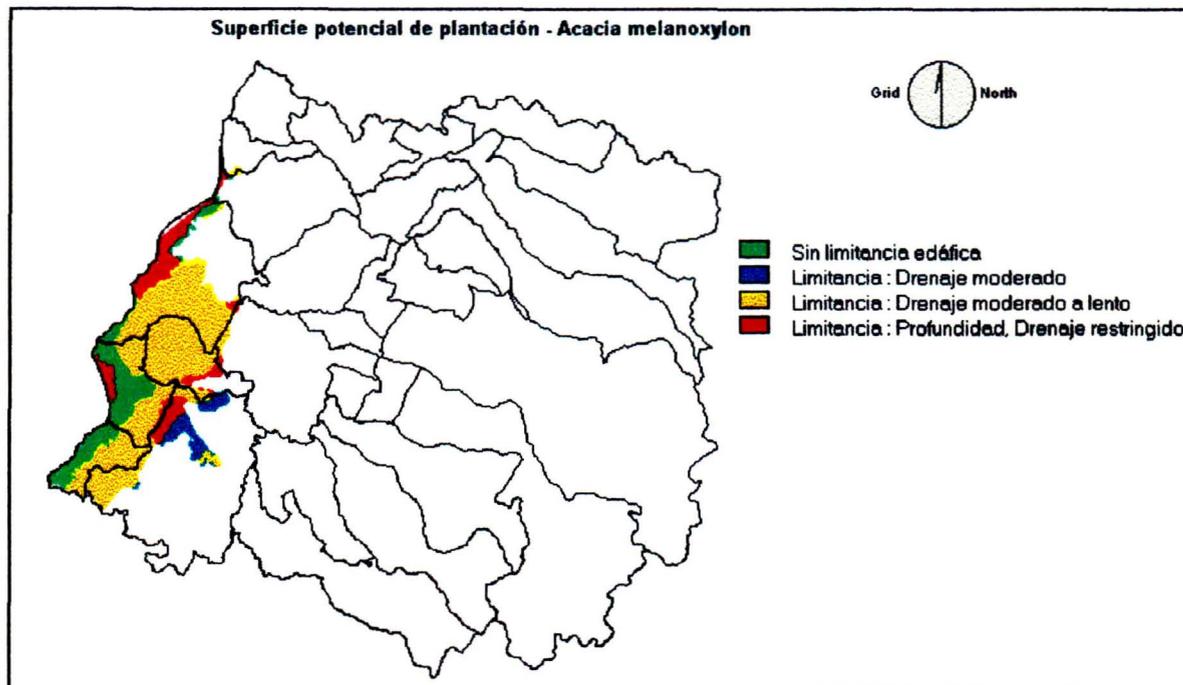
Leyenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha)
Sin limitaciones edáficas	12.214	46.105
Limitancia : Drenaje moderado	7.158	14.478
Limitancia : Drenaje moderado a lento	26.453	173.073
Limitancia : Profundidad, Drenaje	11.028	36.388
Total	56.853	270.044

Gráfico 2.- Factores limitantes edáficos – Acacia melanoxylon

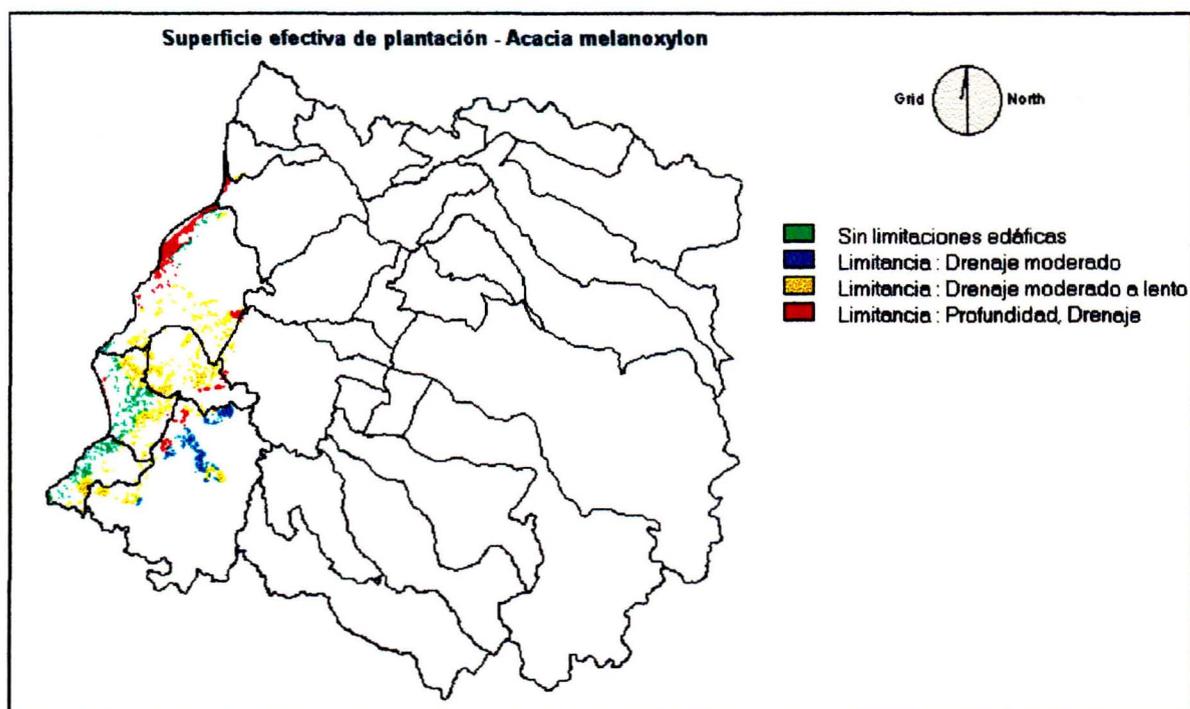


El principal factor limitante corresponde al drenaje, es necesario considerar tratamientos de suelo para el establecimiento de plantaciones.

Mapa 2.1



Mapa 2.2

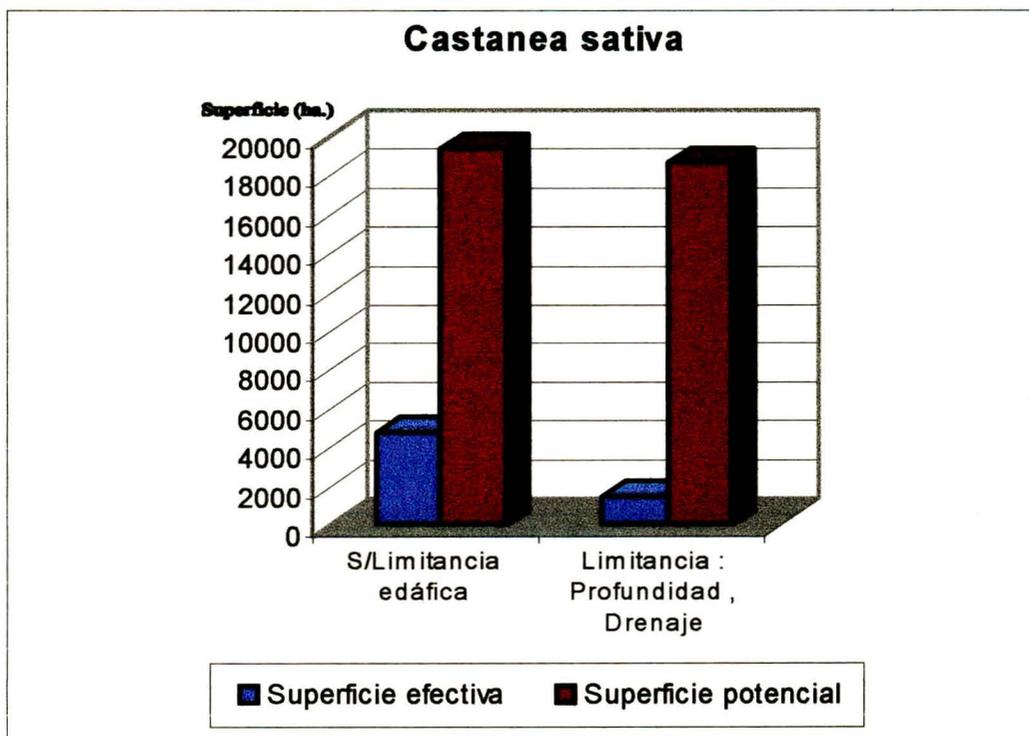


5.3.- Castanea sativa

Cuadro 3.- Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

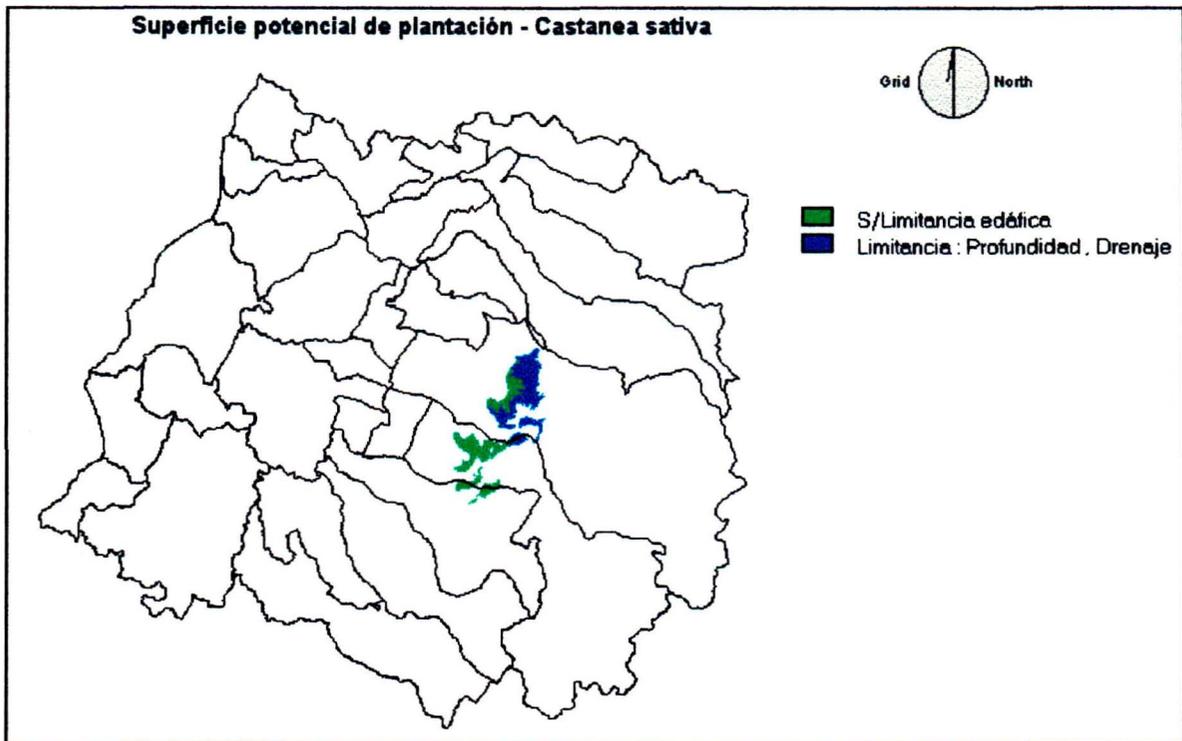
Leyenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
S/Limitancia edáfica	4.768	19.372
Limitancia : Profundidad , Drenaje	1.505	18.654
Total	6.273	38.026

Gráfico 3. - Factores limitantes edáficos

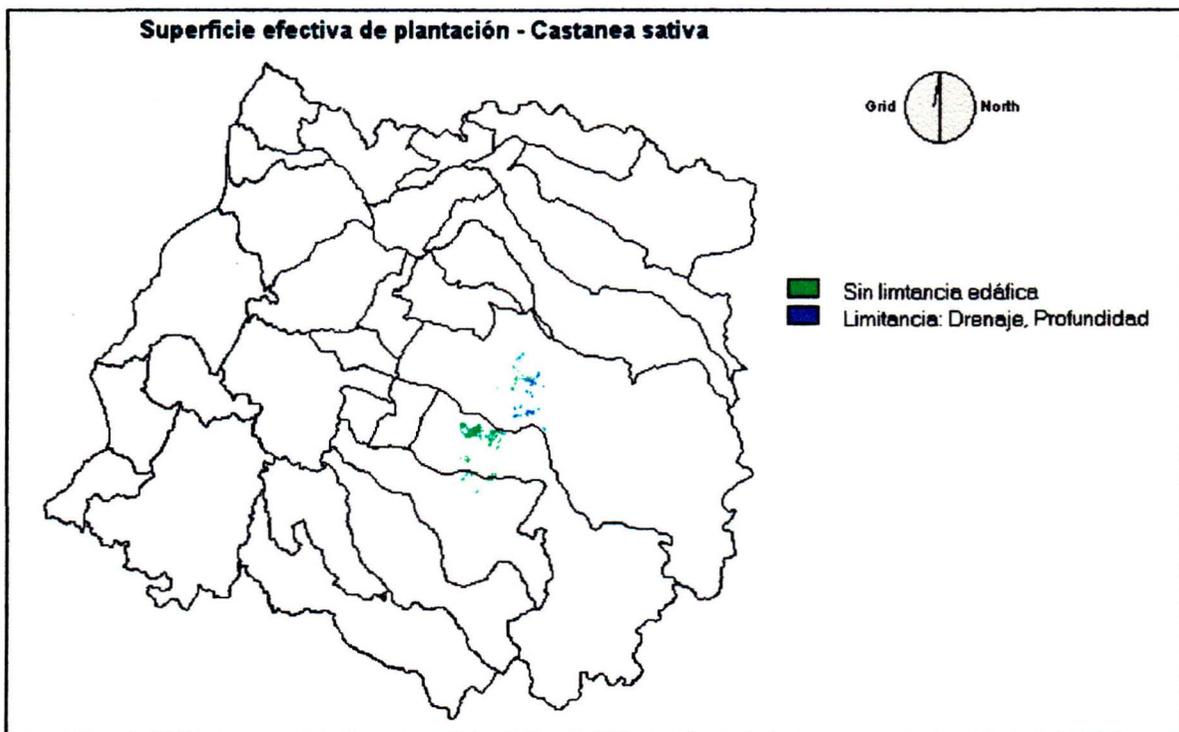


Casi 5.000 ha. no presentan limitaciones climáticas ni edáficas para esta especie, por lo que hacen de ella una atractiva opción de diversificación forestal. Dentro del área en que podría desarrollarse adecuadamente.

Mapa 3.1



Mapa 3.2

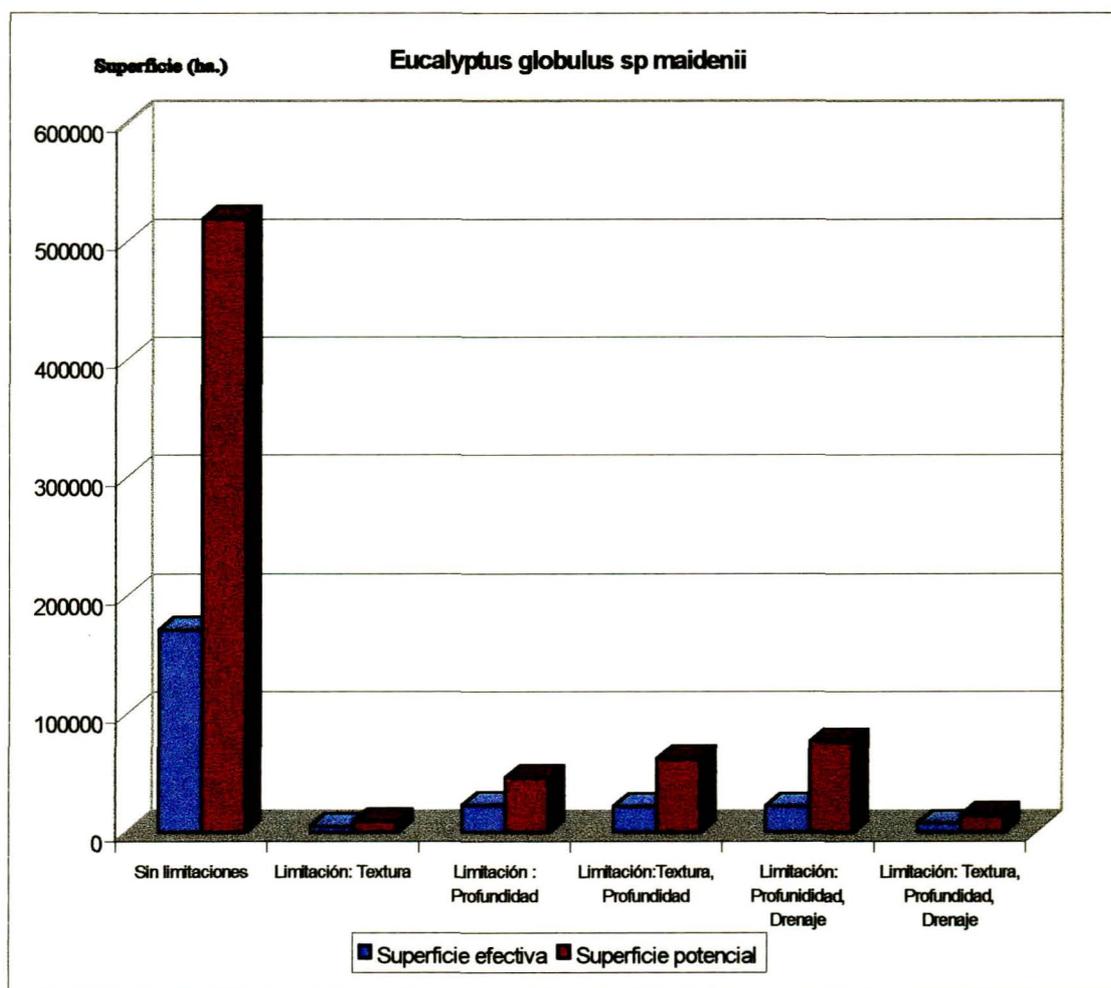


5.4.- Eucalyptus globulus maidenii

Cuadro 4.- Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

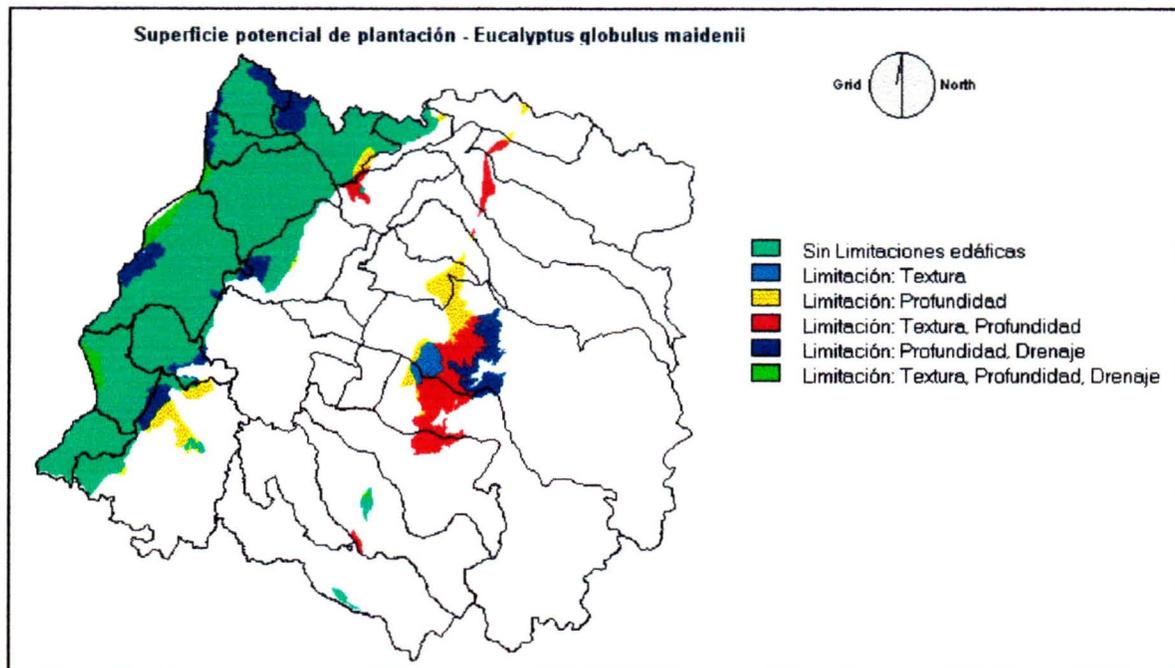
Leyenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
Sin limitaciones	171.054	518.235
Limitación: Textura	4.784	9.414
Limitación : Profundidad	22.766	45.939
Limitación:Textura, Profundidad	21.512	61.755
Limitación: Profundidad, Drenaje	2.1435	76.570
Limitación: Textura, Profundidad, Drenaje	7.501	14.563
Total	249.052	726.476

Gráfico 4. - Factores limitantes edáficos

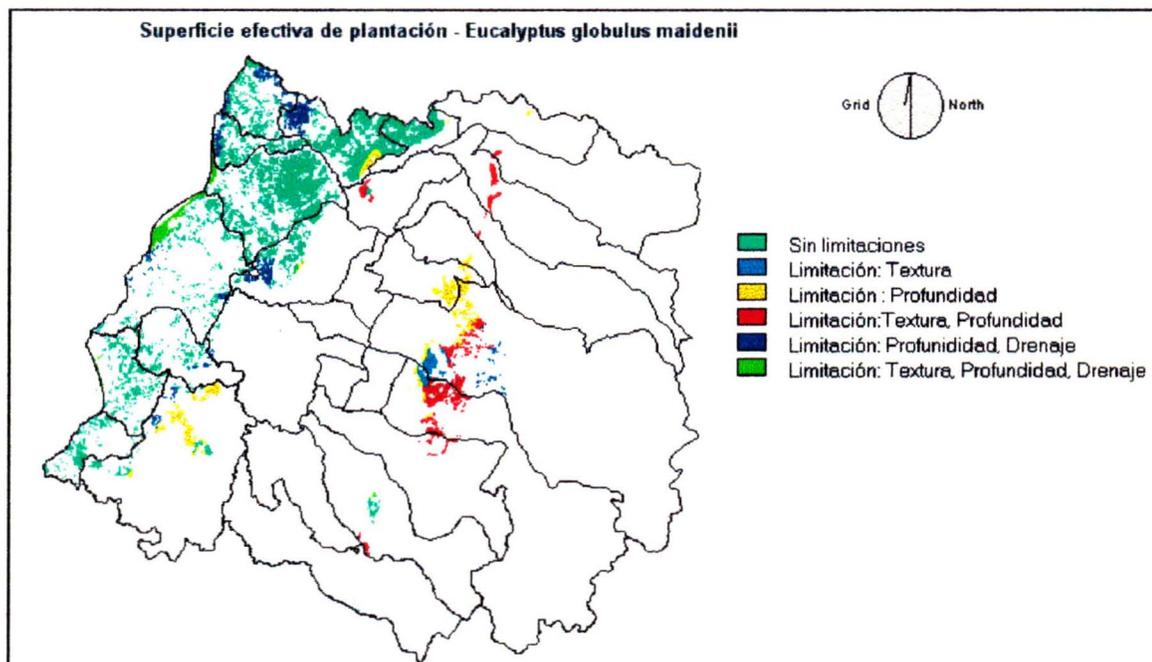


Una considerable superficie de 170.000 ha. se presenta sin limitaciones climáticas ni edáficas, y se encuentra efectivamente disponible para el cultivo de esta especie.

Mapa 4.1



Mapa 4.2

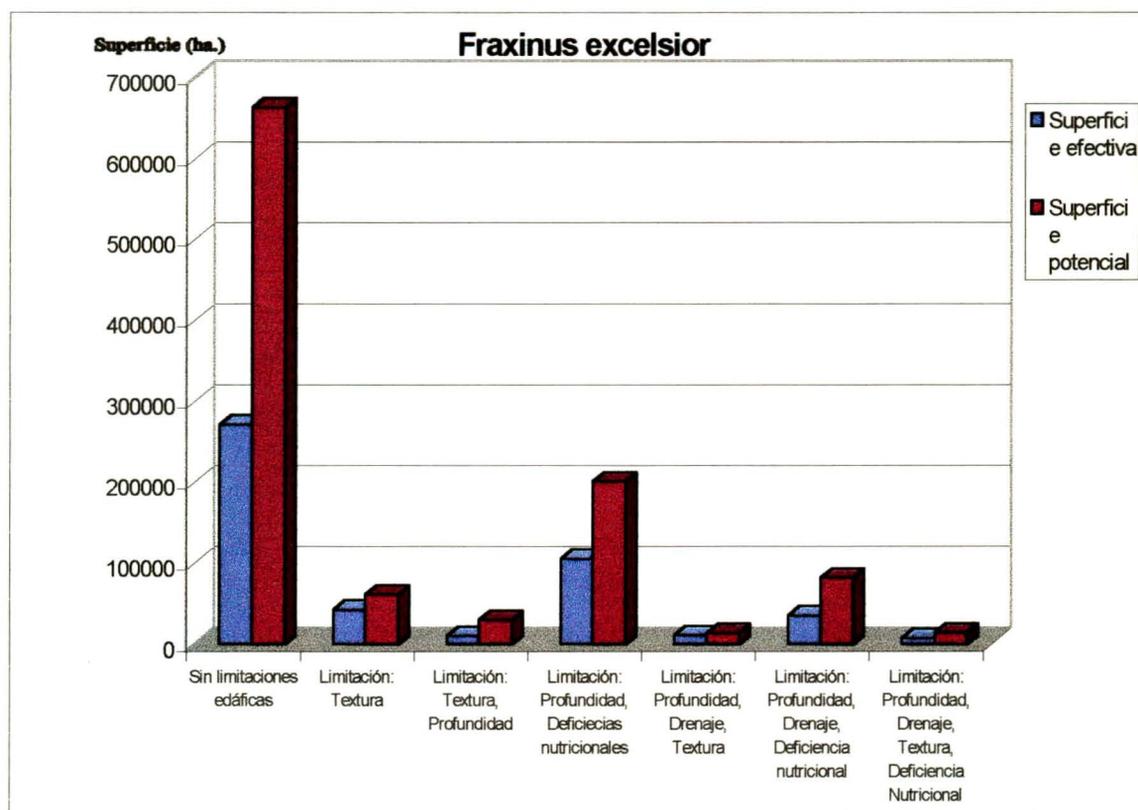


5.5.- Fraxinus excelsior

Cuadro 5.- Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

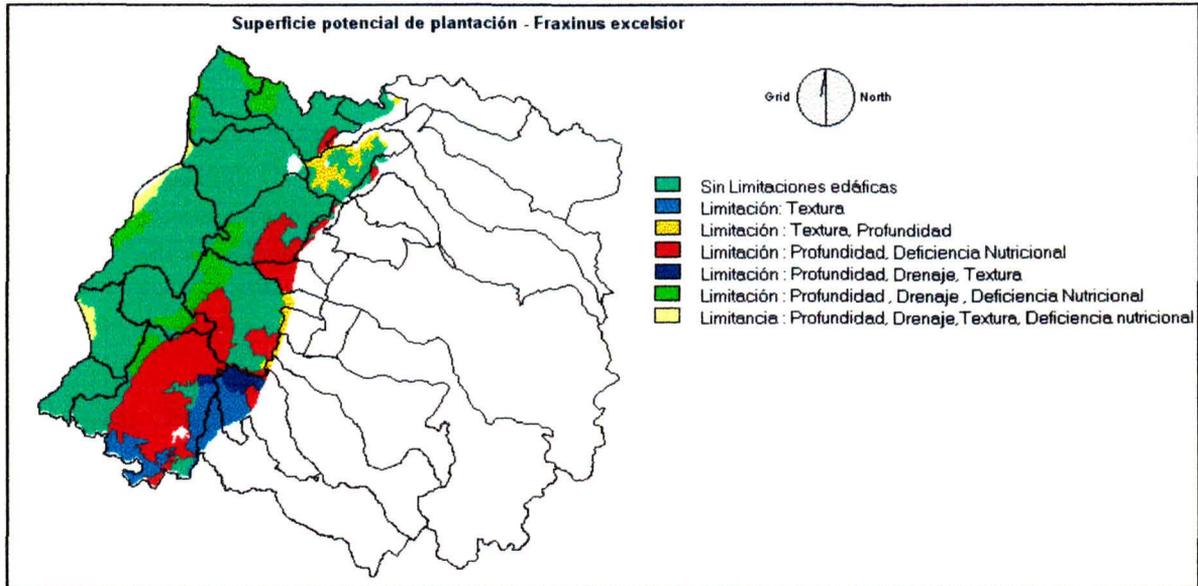
Leyenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
Sin limitaciones edáficas	271.055	662.317
Limitación: Textura	42.187	60.462
Limitación: Textura, Profundidad	9.742	29.883
Limitación: Profundidad, Deficiencias nutricionales	104.659	200.225
Limitación: Profundidad, Drenaje, Textura	10.459	13.238
Limitación: Profundidad, Drenaje, Deficiencia nutricional	34.783	81.307
Limitación: Profundidad, Drenaje, Textura, Deficiencia Nutricional	7.357	14.172
Total	480.242	1.061.604

Gráfico 5. - Factores limitantes edáficos

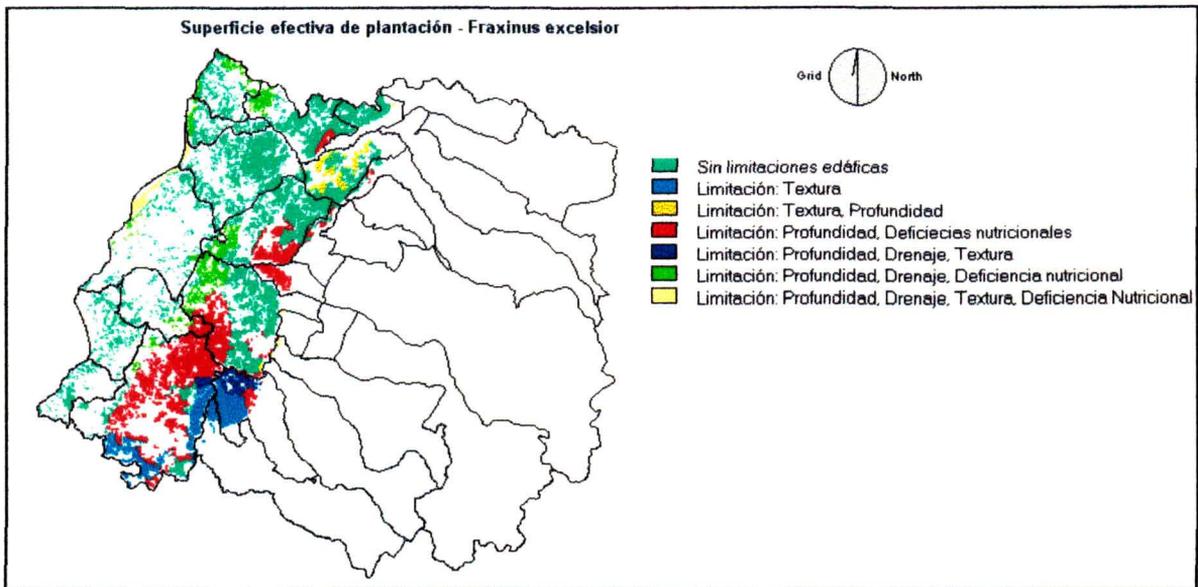


De acuerdo con los resultados de este estudio, para *Fraxinus excelsior* existen disponibles para forestar 271.055 ha, sin limitaciones edáficas ni climáticas.

Mapa 5.1



Mapa 5.2

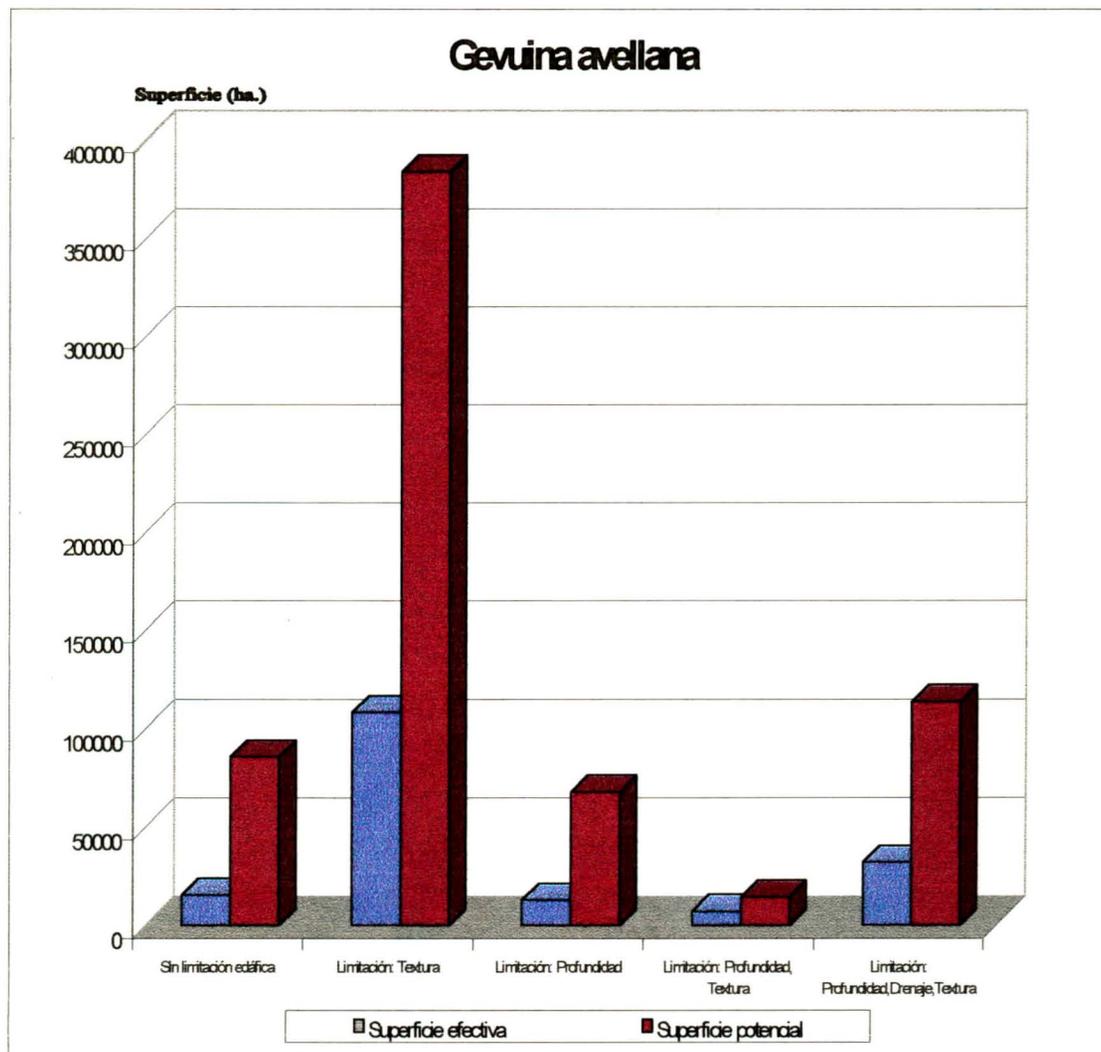


5.6.- Gevuina avellana

Cuadro 6.- Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

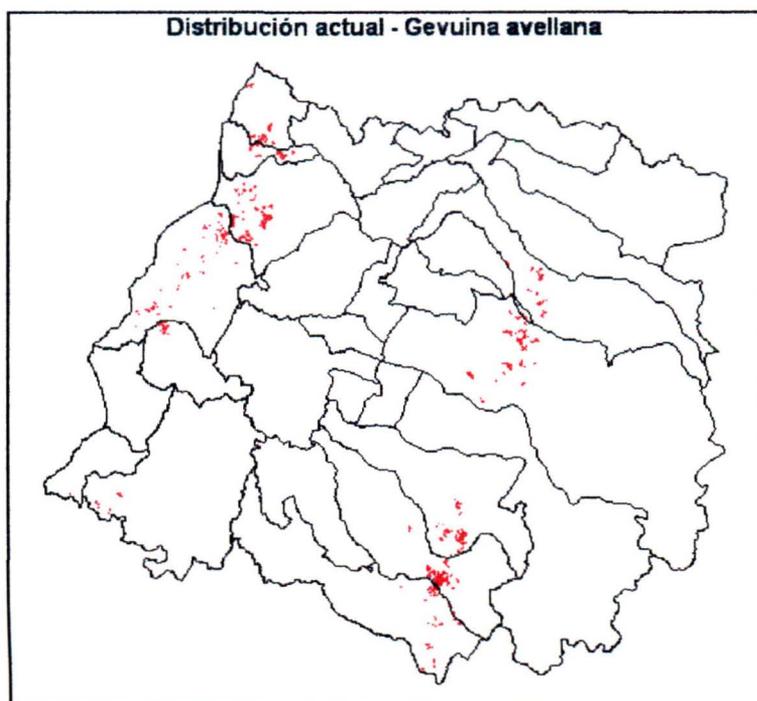
Leyenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
Sin limitación edáfica	15.432	85.734
Limitación: Textura	108.647	384.046
Limitación: Profundidad	12.743	67.732
Limitación: Profundidad, Textura	7.158	14.478
Limitación: Profundidad, Drenaje, Textura	31.914	113.840
Total	175.894	665.830

Gráfico 6. - Factores limitantes edáficos

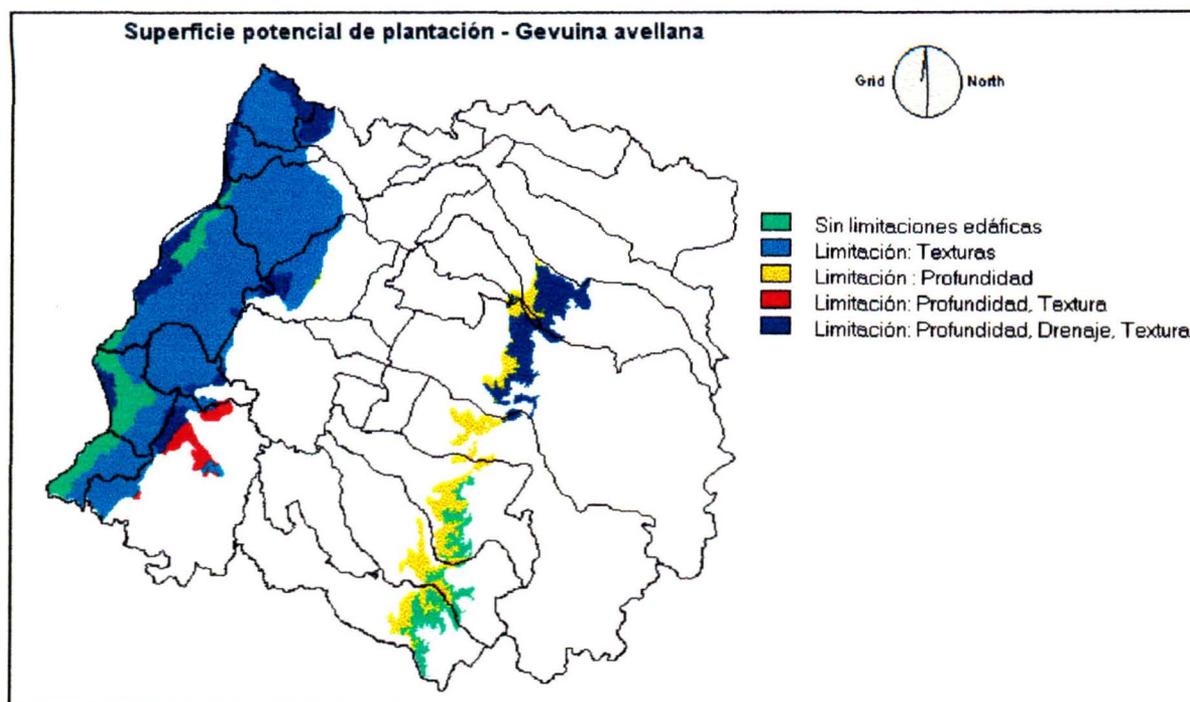


a especie Gevuina avellana presenta 15.432 ha disponibles para forestar sin limitaciones edáficas.

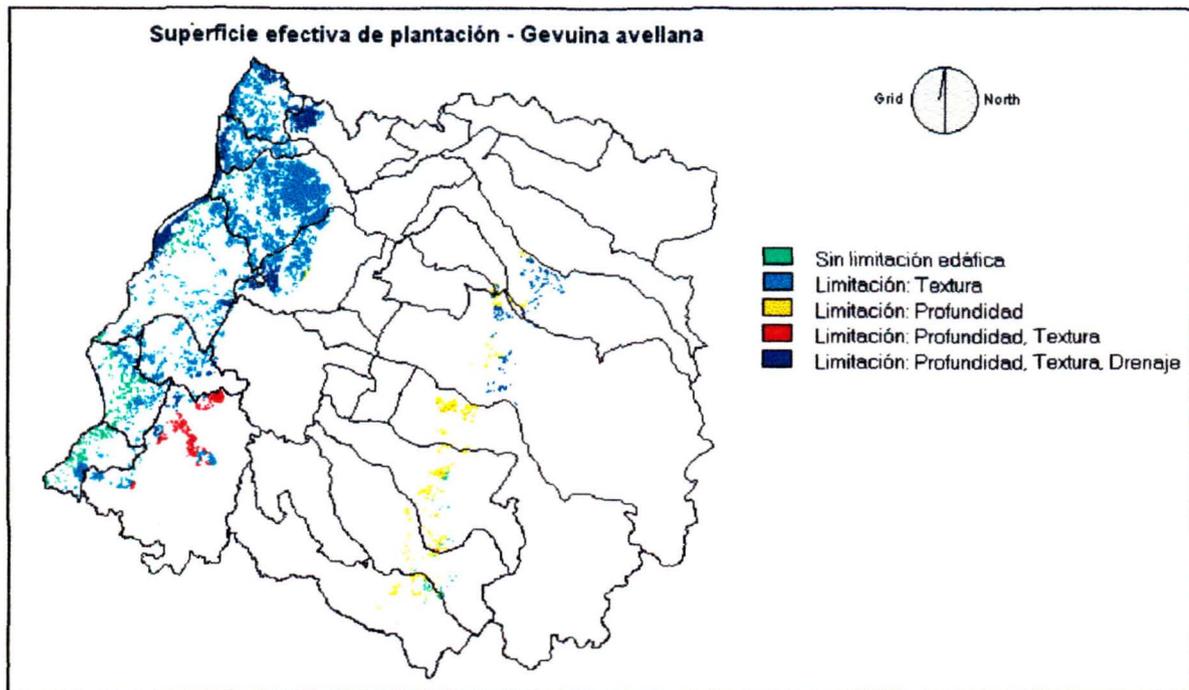
Mapa 6.1



Mapa 6.2



Mapa 6.3

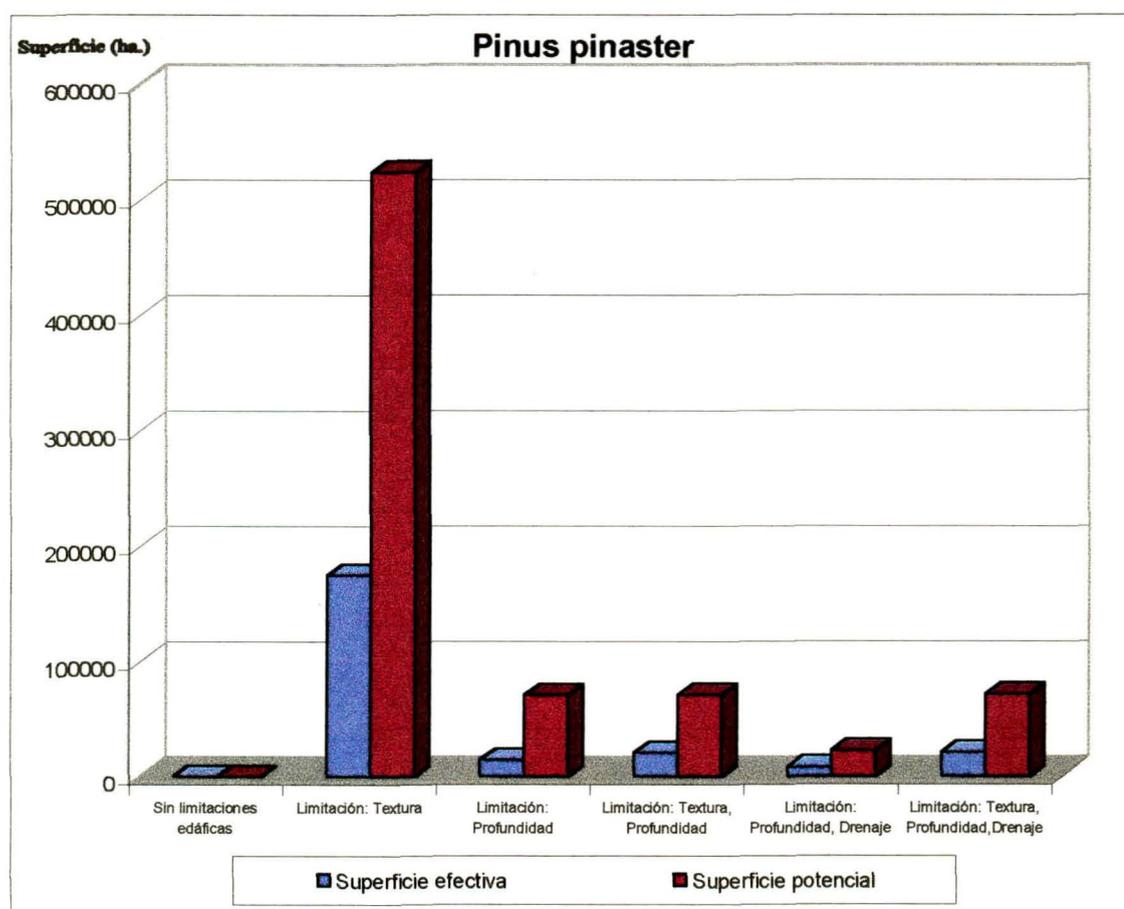


5.7.- Pinus pinaster

Cuadro 7. - Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

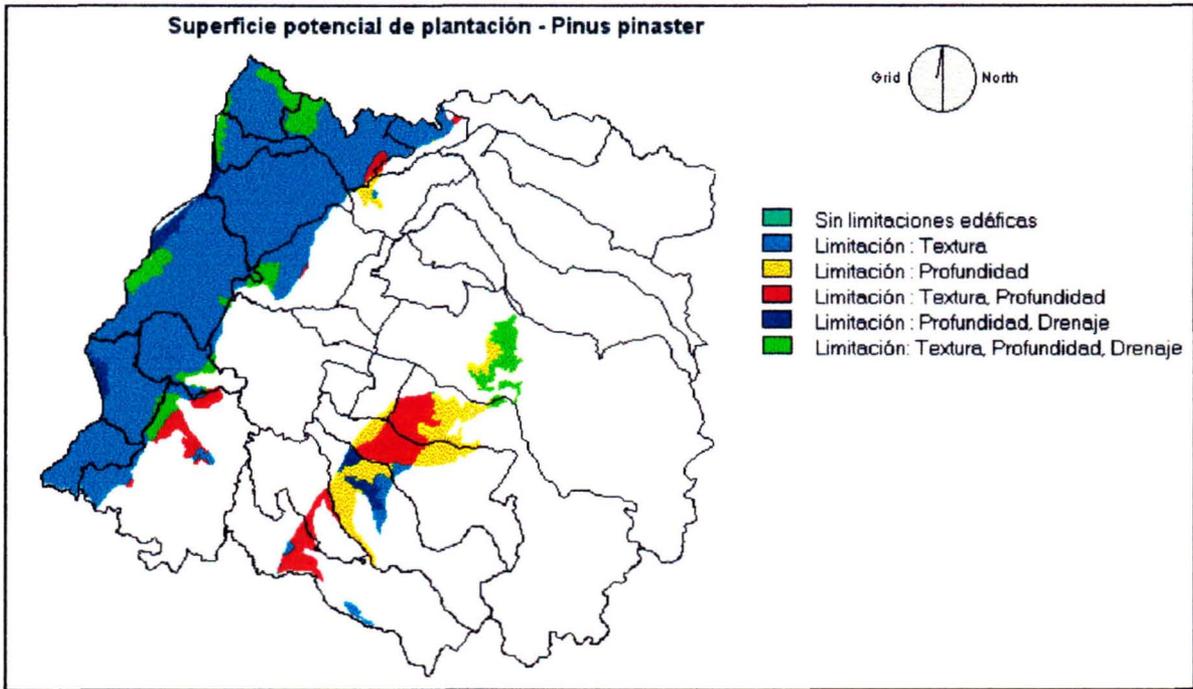
Leyenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
Sin limitaciones edáficas	55	55
Limitación: Textura	174.476	524.325
Limitación: Profundidad	14.522	70.696
Limitación: Textura, Profundidad	20.476	71.335
Limitación: Profundidad, Drenaje	8.175	22.657
Limitación: Textura, Profundidad, Drenaje	21.033	71.778
Total	238.737	760.846

Gráfico 7.- Factores limitantes edáficos

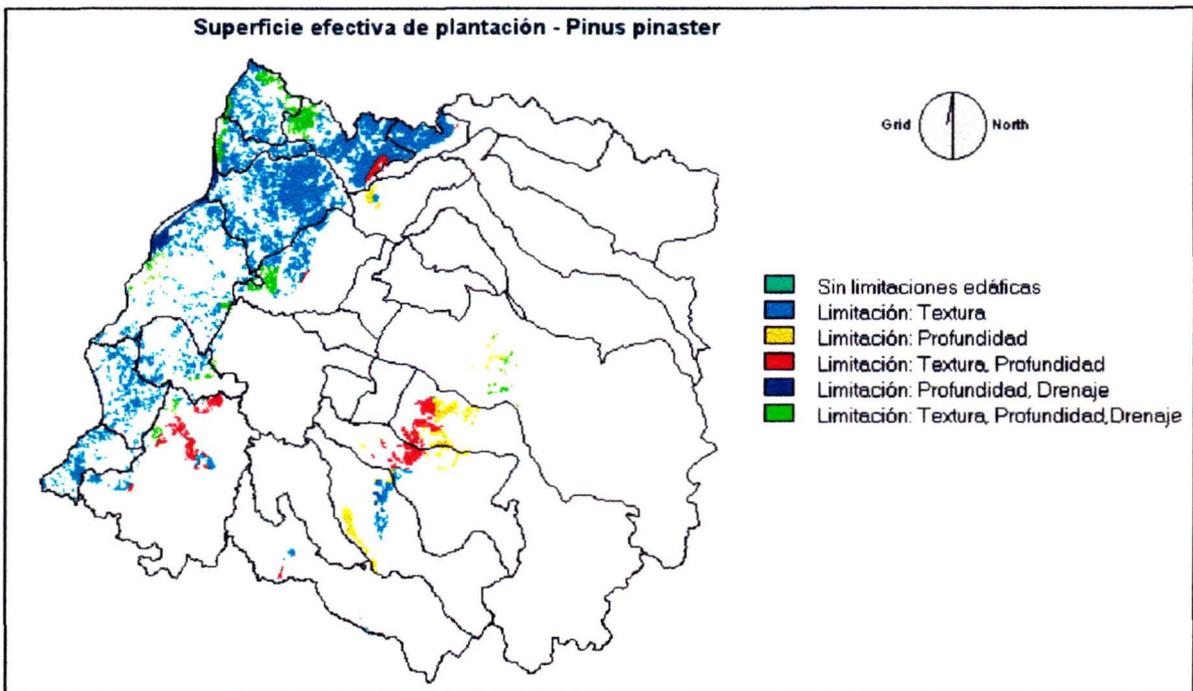


La especie *Pinus pinaster* tiene una superficie efectiva disponible para forestar de 238.737 ha. Sin embargo, estos suelos presentarían diferentes limitaciones que deben ser consideradas en los programas de forestación.

Mapa 7.1



Mapa 7.2

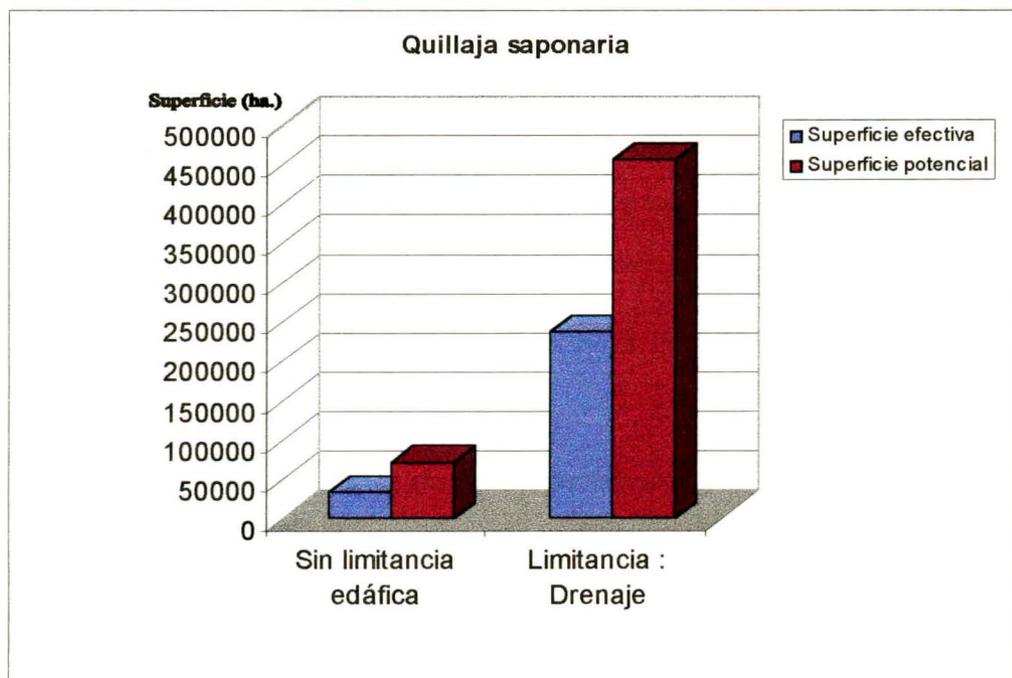


5.8.- Quillaja saponaria

Cuadro 8.- Superficie efectiva y potencial según factor limitante edáfico

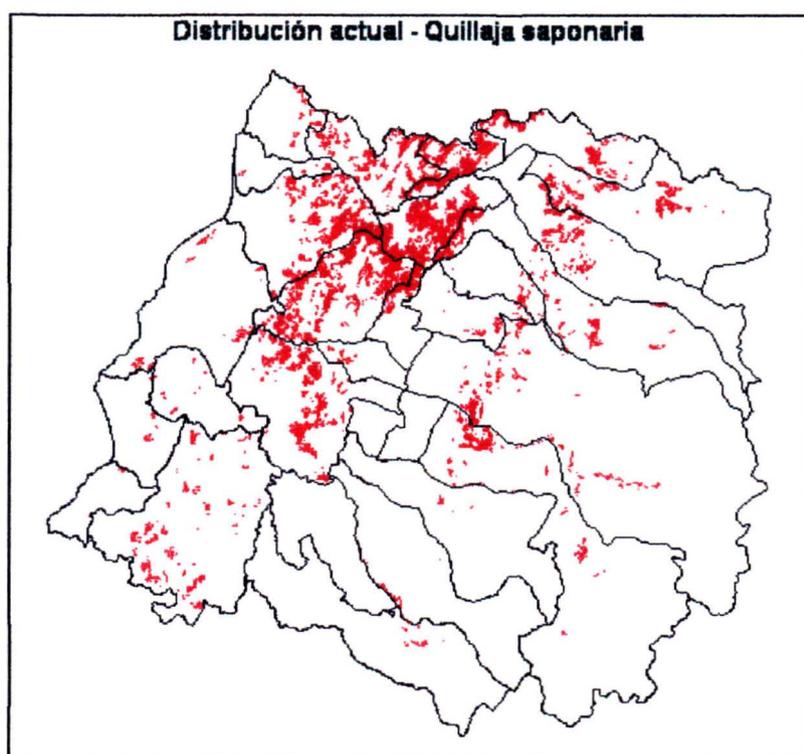
Legenda	Superficie efectiva (ha.)	Superficie potencial (ha.)
Sin limitancia edáfica	32.821	71.676
Limitancia : Drenaje	237.855	457.466
Total	270.676	529.142

Gráfico 8.- Factores limitantes edáficos

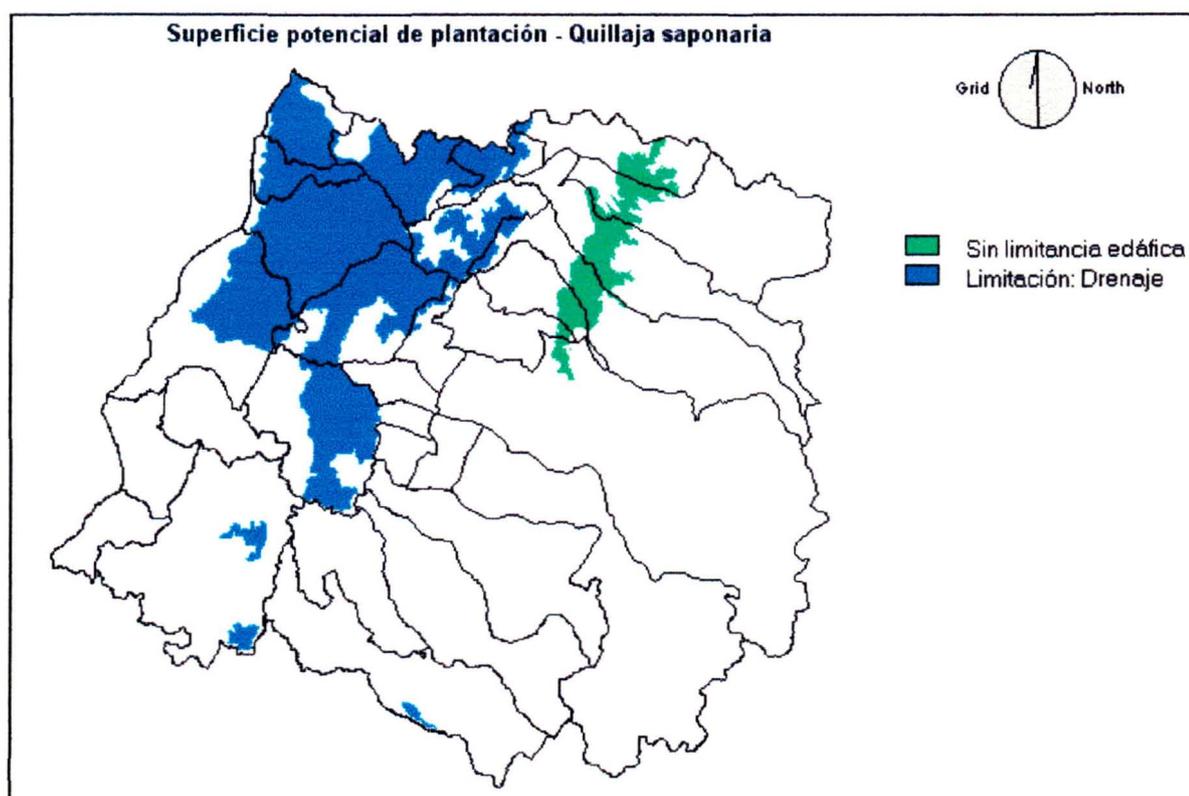


La especie Quillaja saponaria, presenta una superficie de 32.821 ha disponibles para su forestación sin limitaciones edáficas ni climáticas, y 237.676 ha presentan limitaciones de drenaje para su establecimiento.

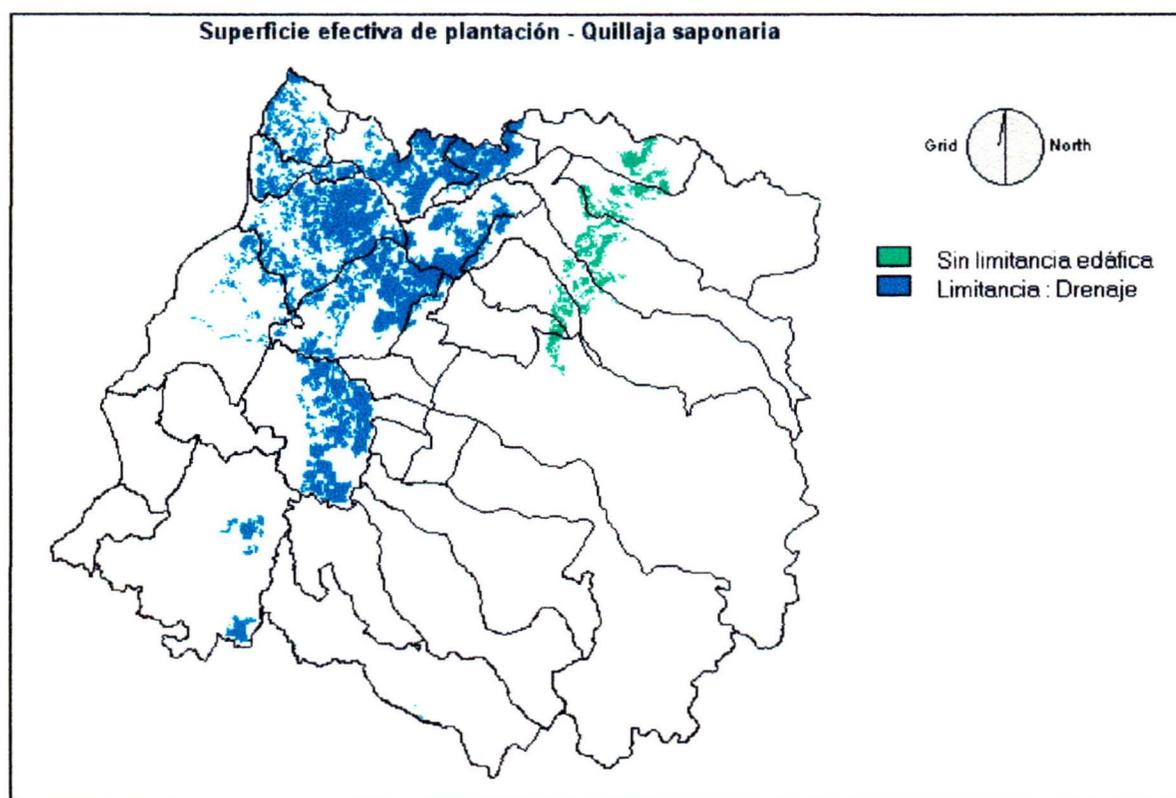
Mapa 8.1



Mapa 8.2



Mapa 8.3



6. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La metodología utilizada para la obtención de las áreas potenciales de forestación para las especies en estudio se considera apropiada tanto desde el punto de vista de las variables climáticas discriminantes (alta relación con las temperaturas y disponibilidad de agua), como del nivel de detalle de la información según la escala cartográfica.
- Las descripciones edafoclimáticas realizadas para las especies Quillaja saponaria y Gevuina avellana sólo para la Región del Maule, de ninguna forma son poco confiables, ya que basta considerar que en actividades relacionadas con introducción de especie siempre se considera la procedencia de una especie cuyas características climáticas son de carácter local, de modo que es un aporte al estudio de las especies en cuestión, que debe ser complementada con datos dasométricos y de productividad.
- La cartografía digital base utilizada en este estudio ("Sistema de Ordenamiento de la Tierra", 1:250.000) es muy adecuada para la zonificación ambiental de la Región, pero los resultados provenientes de ella no permiten niveles operativos (prediales), siendo necesario estudios a escalas mayores.
- Especies muy promisorias son Quillaja saponaria y Gevuina avellana , si se considera su adaptación local, distribución actual sin grandes limitaciones y área efectiva disponible.
- Según otros estudios Acacia melanoxylon no se debería considerar como especie potencial para la VII Región del Maule con buenos rendimientos. Sin embargo, las zonas determinadas en este estudio se basaron en características climáticas locales de zonas con presencia de esta especie, presentando un buen desarrollo, por lo tanto, el efecto de la adaptación local ha sido considerado.
- La especie Castanea sativa se puede considerar de importancia tanto por sus propiedades fruto-forestales como también la posibilidad del desarrollo de una economía local para las comunas de San Clemente y Colbún.
- A modo referencial, existen actualmente una superficie efectiva por especie de: Quercus suber (22.898 ha.), Acacia melanoxylon (56.853 ha.), Castanea sativa (6.273 ha.), Eucalyptus globulus maidenii (249.052 ha.), Fraxinus excelsior (480.242 ha.), Gevuina avellana (175.894 ha.), Pinus pinaster (238.737 ha) y Quillaja saponaria (270.676 ha.)

Recomendaciones

- Para las especies *Fraxinus excelsior*, *Eucalyptus globulus* ssp *maidenii* y *Pinus pinaster*, debido a su gran área factible de forestación, es necesario establecer una cantidad de módulos experimentales adecuada, que verifique y adapte y desarrollo en los ambientes propuestos.
- Las posibilidades de un desarrollo de economía local en base a plantaciones de *Quercus suber* en las comunas de Chanco y Empedrado, pone de manifiesto la necesidad de investigar en temas tales como: silvicultura, industrialización y comercialización, incluyendo las respectivas transferencias técnicas y tecnológicas.
- En aquellas zonas donde pueda establecerse adecuadamente más de una de las especies consideradas en este estudio, se propone en una primera etapa dar prioridad a las especies nativas debido a su adaptabilidad natural y también por su identificación con la gente rural. Una vez que los módulos experimentales entreguen datos más fidedignos, y se estudie la posibilidad de coexistencia de plantaciones y especies exóticas, se pase a favorecer una mayor diversidad de especies y productos.
- Para decidir el establecimiento de las especies forestales en las zonas aquí propuestas, es deseable analizar otros aspectos no considerados en este documento. Caso particular es generar estudios relacionados a las plagas asociadas a las especies incluidas en este estudio y determinar su comportamiento espacio-temporal (simulación).

7. - BIBLIOGRAFÍA

CIREN, 1990. Atlas Agroclimático de Chile, Regiones IV a IX.

CIREN, 1981. Estudio Complementario Semidetallado – VII Región.

Donoso C., 1992. Ecología Forestal “El Bosque y su Medio Ambiente”. Editorial Universitaria, III edición, 369 pp.

Flores M., Baeza C. 1999. Los Modelos Digitales del Terreno y su aplicación en el Análisis climático, Instituto de Cs. de la Tierra, Barcelona, España Universidad Politécnica de Cataluña. <http://bachelor.upc.es/jose/damnet.html>, 13 pp.

Loewe et al, 1996. Obtención de zonas potenciales para el establecimiento de Aromo Australiano (*Acacia melanoxylon*) VIII a X Región.

Lusk C., 1998. Apuntes de Ecología (Ingeniería Forestal). Instituto de Biología Vegetal y Biotecnología, Universidad de Talca.

Ramírez J. Schlatter J., 1998. Análisis de las variables de sitio para estimar el Establecimiento en Chile de *Acacia melanoxylon* R Br., Revista Bosque Volumen 19 N° 2, 16 pp.

Santibañez F., 1993. Atlas Agroclimático de Chile. , Regiones VI-VII-VIII-IX Universidad de Chile, Agrimed.

ANEXOS

**VARIABLES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS
SISTEMA DE ORDENAMIENTO DE LA TIERRA**

Clima	Leyenda
Tmin	Temperatura mínima del mes de Julio
Tmax	Temperatura máxima mes de Enero
Ppmin	Precipitación mínima
Ppmax	Precipitación máxima
Psecmin	Período seco mínimo
Psecmax	Período seco máximo
PIhmin	Período libre de heladas mínimo
PIhmax	Período libre de heladas máximos
IHAmin	Índice de humedad anual mínimo
IHAmax	Índice de humedad anual máximo
HREmin	Humedad relativa mínima
HREmax	Humedad relativa máxima
IHEmin	Índice de humedad estival mínimo
IHEmax	Índice de humedad estival máximo
NTHmin	Número total de heladas mínimo
NTHmax	Número total de heladas máximo

Suelos	Leyenda
Textura	Clase textural
Profundidad	Profundidad
CAA	Capacidad de agua aprovechable
Drenaje	Drenaje interno
Déficit Nutricional	Déficit nutricional

