CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL
Región de Coquimbo

INFORME

TAREA 4.1.5

CONVENIO DE DESEMPEÑO COLECTIVO 2013

"IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALMENTE SUSCEPTIBLES DE FORESTAR PARA CUATRO ESPECIES DE INTERÉS EN LA REGIÓN DE COQUIMBO"

Coquimbo, Noviembre de 2013

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto del Convenio de Desempeño Colectivo, para el año 2011 y utilizando como base el Catastro de Uso Actual del Suelo, la Región de Coquimbo desarrolló la tarea 4.1.1 "Validación de la Superficie Potencial de Forestación". Ese trabajo fue elaborado mediante uso de cartografía digital, apoyado por talleres de expertos.

Como una forma de dar continuidad y mayor profundidad al esfuerzo realizado durante el año 2011, durante el presente año y también como una tarea incluida en Convenio de Desempeño Colectivo, se buscó cuantificar esta superficie potencial de forestación asociándola a los requerimientos de sitio de cuatro especies de interés en la Región de Coquimbo, siendo ellas *Atriplex nummularia, Prosopis chilensis, Acacia saligna y Quillaja saponaria*.

Reconociendo que el proceso de Desertificación es el principal problema ambiental y socioeconómico de la Región de Coquimbo, el presente documento busca aportar información relevante en la búsqueda de estrategias y definición líneas de acción para enfrentar y mitigar de mejor forma este gran flagelo regional y mundial.

Es importante tener claridad que los resultados, que arroja este trabajo, son el producto de la aplicación de metodologías cartográficas complementadas con la opinión de expertos. Para dar la precisión, que convierta esta información de tipo estratégico en una de tipo operativa, es necesaria su depuración y verificación de terreno junto a una validación por medio de talleres territoriales.

2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

2.1 División Político Administrativa de la Región de Coquimbo

La superficie total de la Región de Coquimbo según cálculos del Instituto Geográfico Militar alcanza a los 40.579,9 km^2. Administrativamente, está dividida en las provincias de Choapa, Limarí y Elqui, de sur a norte, y éstas por 15 comunas (figura y cuadro 1). Del total de la superficie regional, aproximadamente un 47,5% corresponde a suelos de aptitud forestal o silvopastoral.

Cuadro 1: Antecedentes administrativos de la Región de Coquimbo

Provincia	Superficie (Km^2)	Población[1]	Capital provincial	Comunas	Capital comunal
Elqui	16.895,1	365.371	Coquimbo	1-La Higuera 2-Vicuña 3-La Serena 4-Coquimbo 5-Andacollo 6-Paiguano	La Higuera Vicuña La Serena Coquimbo Andacollo Paihuano
Limarí	13.553,2	156.158	Ovalle	7-Ovalle 8-Río Hurtado 9-Punitaqui 10-Monte Patria 11-Combarbalá	Ovalle Samo Alto Punitaqui Monte Patria Combarbalá
Choapa	10.131,6	81.681	Illapel	12-Canela 13-Illapel 14-Los Vilos 15-Salamanca	Canela Baja Illapel Los Vilos Salamanca
Total	**40.579,9**	**603.210**			

[1] Según Censo de población del año 2002.

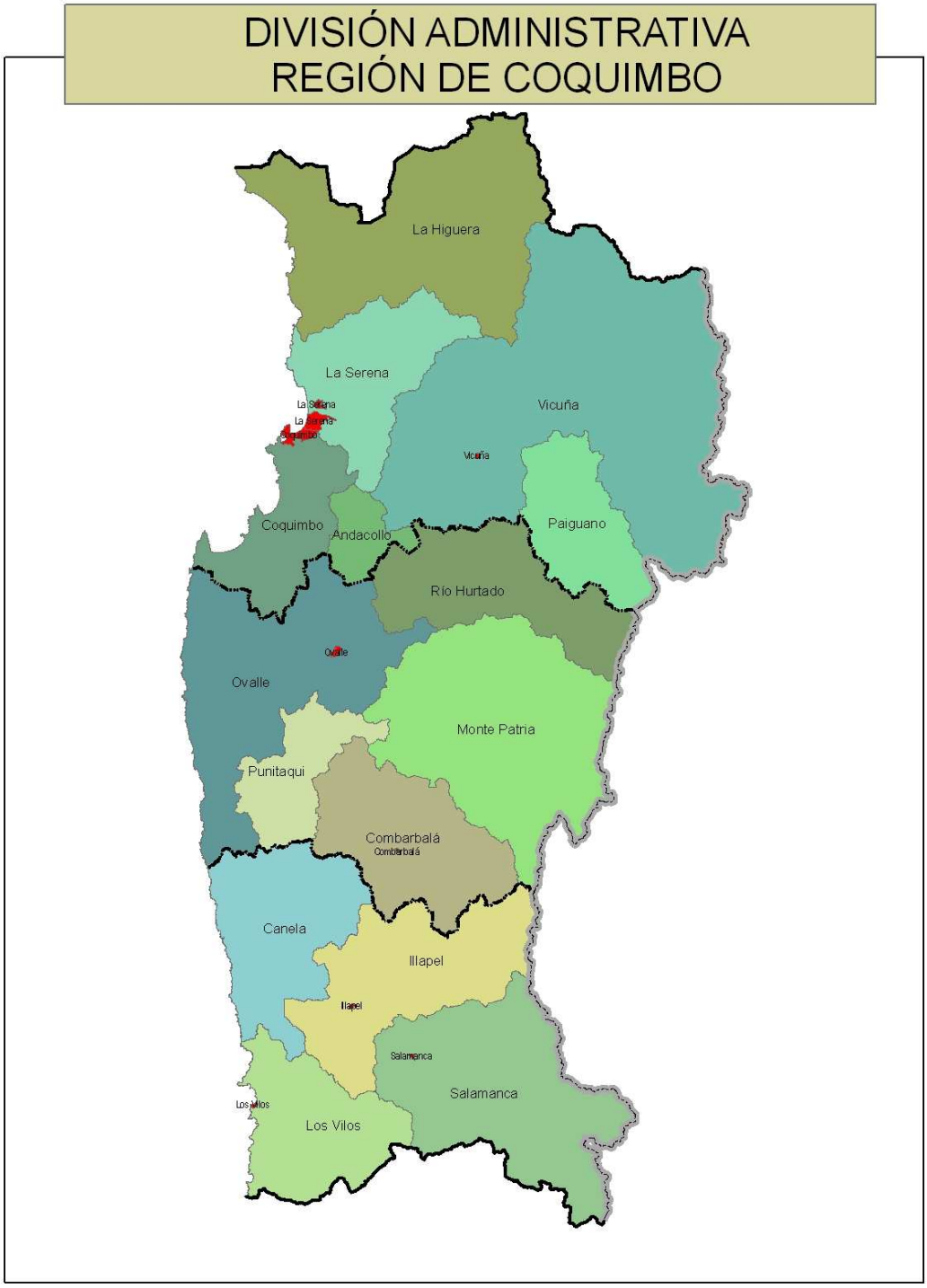

DIVISIÓN ADMINISTRATIVA
REGIÓN DE COQUIMBO
La Higuera
La Serena
Vicuña
Paiguano
Coquimbo
Andacollo
Río Hurtado
Ovalle
Monte Patria
Punitaqui
Combarbalá
Canela
Illapel
Salamanca
Los Vilos

Figura 1

2.2 Clima

La Región presenta una zona de transición entre los climas desérticos con aquellos donde la mayor humedad se asocia a la aparición de vegetación. Esta condición permite distinguir, en la parte litoral, una continuación del clima desértico con nublados abundantes hasta las proximidades de los 29º S y, de ahí en adelante, se puede distinguir un clima de estepa con nublados abundantes; la zona intermedia de la Región presenta similitud con respecto a lo que sucede en el litoral, observándose una zona de transición entre el clima desértico marginal bajo con el de características de estepa con gran sequedad atmosférica. Esta zona intermedia se produce aproximadamente a los 30º S y está determinada por la variación anual de precipitaciones registradas entre una zona y otra.

La situación descrita permite realizar una descripción de tipos de clima que son:

Clima de estepa con nubosidad abundante: Se presenta en la costa, con oscilaciones térmicas bajas y con neblina que comienza a desaparecer al mediodía. La nubosidad costera penetra al interior de la Región por medio de los valles transversales, lo que permite la aparición de vegetación y de bosques relictos en los altos de Talinay y Fray Jorge. El 80% de las precipitaciones se registra en los meses de invierno y aumenta con la altura y hacia el Sur.

Clima desértico marginal bajo: Se presenta como la continuidad del mismo que se presenta en la Región de Atacama, prolongándose hasta el valle del Elqui, con influencia marítima, pero aún así, presenta grandes oscilaciones térmicas en el día.

Clima desértico marginal de altura: Este clima presenta las mismas características que en la III Región, pero cabe agregar que las precipitaciones concentradas en invierno acumulan cerca del 70% del total del año. Por otro lado, la nieve caída en esta temporada ayuda a la alimentación de los ríos, que aumentan su caudal en los meses de verano.

Clima de estepa con gran sequedad atmosférica: Se presenta en el interior y se caracteriza por su escasa humedad y cielos limpios. La lejanía en relación a la costa provoca una gran oscilación térmica. Presenta grandes precipitaciones en invierno y, al igual que el clima desértico marginal de altura, la nieve caída en los meses invernales ayuda a la alimentación de los ríos, aumentando su caudal en tiempos de deshielo.

Clima templado cálido con estación seca prolongada de 7 a 8 meses: Se presenta sobre los 2.000 metros de altura y hacia el Sur de la Región haciéndose más evidente su presencia en el interior de la Región de Valparaíso. Es un clima muy seco ya que, entre 7 a 8 meses del año, los registros de precipitaciones no sobrepasan los 40 mm. La escasa humedad ambiental provoca una amplia oscilación térmica.

En cuanto a la pluviometría, según Santibáñez la Región de Coquimbo manifiesta un típico régimen mediterráneo, que implica una acumulación de las precipitaciones superior al 60% en los tres meses más fríos, llegando a ser casi nulas en verano. Las precipitaciones anuales oscilan entre menos de 75 a los 400 mm, de norte a sur de la Región. En la figura N° 2, se muestra la distribución de los rangos de precipitaciones construidos sobre la base de las isoyetas (promedio aritmético Proyecto ONU - CHI 535).

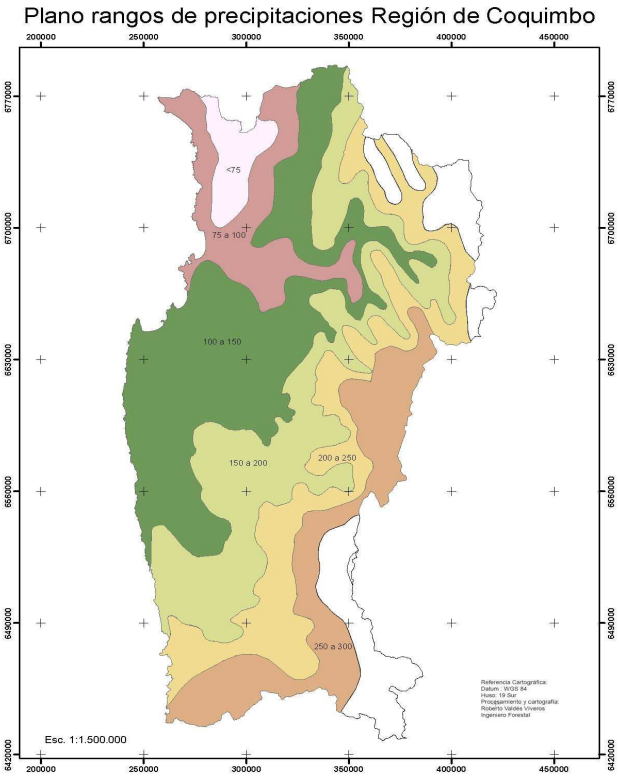


Figura N°2

2.3 Vegetación

2.3.1 Vegetación Natural

La vegetación que presenta la Región se conoce como estepa arbustiva abierta con predominio de la especie espino (*Acacia caven*). Estas características varían por factores climáticos y topográficos. Es así como puede observarse en las planicies litorales un matorral arbustivo costero poco denso con especies como cactáceas, espinos y un tapiz herbáceo.

La abundante humedad que se presenta en la costa sur de la Bahía de Tongoy y al norte del río Limarí permite la subsistencia de los bosques Fray Jorge y Altos del Talinay de categoría relictus (residual) del tipo selva valdiviana, con especies como olivillo, arrayán, canelo, y litres. Al interior de la Región, específicamente al norte de La Serena, se presenta una estepa abierta de Acacia caven, baja, dispersa y asociada a cactáceas y hierbas anuales. Hacia el sur, aparecen especies mesófilas como boldo, peumo, chañar, molle y algarrobo.

En los cordones montañosos se presenta un matorral abierto andino, entre aproximadamente los 1.000 y 2.000 msnm, de características bajas, cubierta de hierbas y arbustos muy dispersos con especies como el guayacán y baccharis. Por sobre los 2.000 msnm se presentan especies xerófitas adaptadas especialmente a climas de altura como festucas, stipas y arbustos pequeños.

En el Catastro de Uso del Suelo y Vegetación Cuarta Región de Coquimbo (CONAF, 2004), se señala que la superficie ocupada por praderas y matorrales alcanza las 3.112.391,6 hectáreas,

que representa un 76,8% de la Región, las áreas cubiertas con bosque nativo llegan a las 31.381 hectáreas, las cuales no alcanzan al 1% de la superficie regional.

2.3.2 Plantaciones

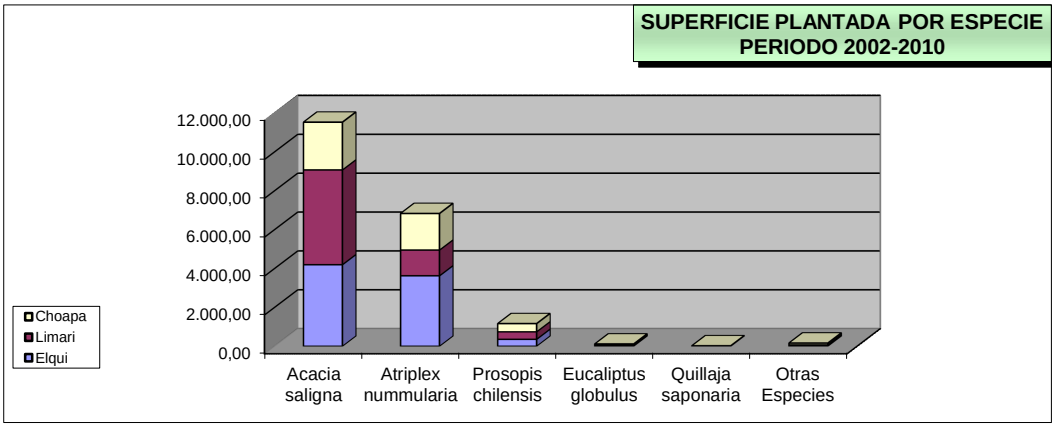
Según se señala en las Estrategias de CONAF para el Desarrollo de la Región de Coquimbo, actualización año 2006, la superficie forestada con especies forrajeras se alzaba por sobre las 75.991 hectáreas, las plantaciones con fines madereros con especies pertenecientes principalmente al Género *Eucalyptus* eran equivalentes a 2.394 hectáreas, las cuales presentaban una sobrevivencia de un 80% al momento de realizada la actualización.

En relación con las especies más utilizadas en forestación en la Región, tomando como base la información estadística de plantaciones que realiza CONAF, Región de Coquimbo, para el período 2002 a 2010, claramente sobresale la especie *Acacia saligna* entre las exóticas y *Prosopis chilensis* entre las nativas (Cuadro N°2 y Gráfico N°1).

Cuadro N°2 : Principales especies forestadas en la Región de Coquimbo Período 2002-2010

	Especies	Elqui	Limarí	Choapa	TOTAL
	Acacia saligna	4.198,73	4.876,54	2.453,69	**11.528,96**
	Atriplex nummularia	3.628,22	1.324,20	1.878,98	**6.831,40**
	Prosopis chilensis	361,36	384,43	419,85	**1.165,64**
	Eucaliptus globulus	28,66	19,15	70,43	**118,24**
	Quillaja saponaria	2,30	4,48	19,33	**26,11**
	Otras Especies	15,27	59,93	90,83	**166,03**
	TOTAL	**8.234,54**	**6.668,73**	**4.933,11**	**19.836,38**

Gráfico N°1



2.4 Superficie Potencial de Forestación

Los primeros acercamientos a la superficie disponible para forestar en la Región de Coquimbo se encuentran en el Estudio Predial del Sector Actualmente Forestable en la IV Región, publicado por CONAF en 1981, que la estima en 337.500 ha; luego, en 1993, el denominado Proyecto FIDA hace proyección de 700.000 ha; MUCECH - INFOR, en 1997, la estima en 800.000 ha; el Plan de Desarrollo Forestal Ambiental IV Región de Coquimbo, desarrollado en el año 1997, por medio de un método participativo con actores regionales, el autor estableció la urgente necesidad de recuperar áreas degradadas, proponiendo intervenir en el largo plazo 600.000 hectáreas con forestación, con prioridad de 150.000 hectáreas, ubicadas en el secano costero e interior, para lo que planteó un programa con una duración mínima de 30 años.

En el año 2005, la Corporación utilizando herramientas que brindan los sistemas de información geográficos, junto a talleres de participación ciudadana, elabora el Plan de Desarrollo Forestal y Ambiental de la Comuna de Illapel, determinando la existencia de 113.725 hectáreas potencialmente forestables en la comuna. Luego de una depuración, realizada sobre la base de criterios como requerimientos de cada especie, elementos limitantes y focalización hacia grupos de usuarios, se estableció que el área total para establecer masas forestales en la Comuna de Illapel es de 31.604 hectáreas. De este total, el fin de establecimiento de forestaciones con objetivos madereros, entre las cuales se encuentran preferentemente especies pertenecientes al género *Eucalyptus*, alcanza 919 hectáreas y para la forestación con objetivos no madereros, las restantes 30.685 hectáreas, que se componen de 15.667 hectáreas para *Quillaja saponaria,* 1.899 hectáreas para *Prosopis chilensis,* 1.439 hectáreas para *Acacia saligna* y 11.680 para *Atriplex nummularia*.

En el marco del diagnóstico realizado en las Estrategias de CONAF para el Desarrollo de la Región de Coquimbo, realizado el año 2005 y actualizado el 2006, se concluye que la Región presenta una superficie susceptible de forestar de aproximadamente 230.350 hectáreas, de las cuales existen 3.250 ha que tienen aptitud maderera (para plantaciones con especies del Género *Eucalyptus*) y 227.100 hectáreas para productos no madereros, distribuidas en todas sus comunas (asimiladas a áreas de desarrollo), según puede apreciarse en el Cuadro N°3.

Cuadro 3: Superficie (ha) por Área Temática de las Áreas de Desarrollo

Área de Desarrollo	Superficie por Área Temática					Superficie Total
	PPM	GPNM	PCMF	GSA	ASE	
La Serena	409	176	2.500	18.050		21.135
La Higuera	3	31	1.500	12.352	352	14.238
Andacollo	3	9	1.500	5.000		6.512
Coquimbo	77	8.730	12.000	3.200		24.007
Paihuano	2	3	2.100	21.000		23.105
Vicuña	40	165	2.100	40.000		42.305
Ovalle	250	11.535	40.900	10.189	9.959	72.833
Punitaqui	100	645	9.600			10.345
Río Hurtado		24	500	10.000	118	10.642
Monte Patria	100	450	16.500	2.200		19.250
Combarbalá		334	50.000	26.000		76.334
Illapel	387	24.111	31.000	10.637	4.229	70.364
Salamanca	200	1.016	20.000	20.000		41.216
Los Vilos	300	11.950	10.100	15.034		37.384
Canela	50	21.000	30.050	2.000		53.100
Total	**1.921**	**80.179**	**230.350**	**195.662**	**14.658**	**522.770**

PPM	Productoras de Productos Madereros
GPNM	Generadora de Productos no Madereros
PCMF	Potenciales para la Creación de Masas Forestales
GSA	Generadora de Servicios Ambientales
ASE	Áreas Socioeconómicas

Finalmente durante el año 2011, producto de la ejecución de la tarea CDC “Determinación de la Superficie Potencialmente Forestable, en la Región de Coquimbo” y una vez aplicados los criterios definidos regionalmente, la superficie determinada como forestable mediante el empleo del Catastro del Bosque Nativo y Uso del Suelo (en su versión actualizada 2003) para la Región fue de 1.467.517 hectáreas.

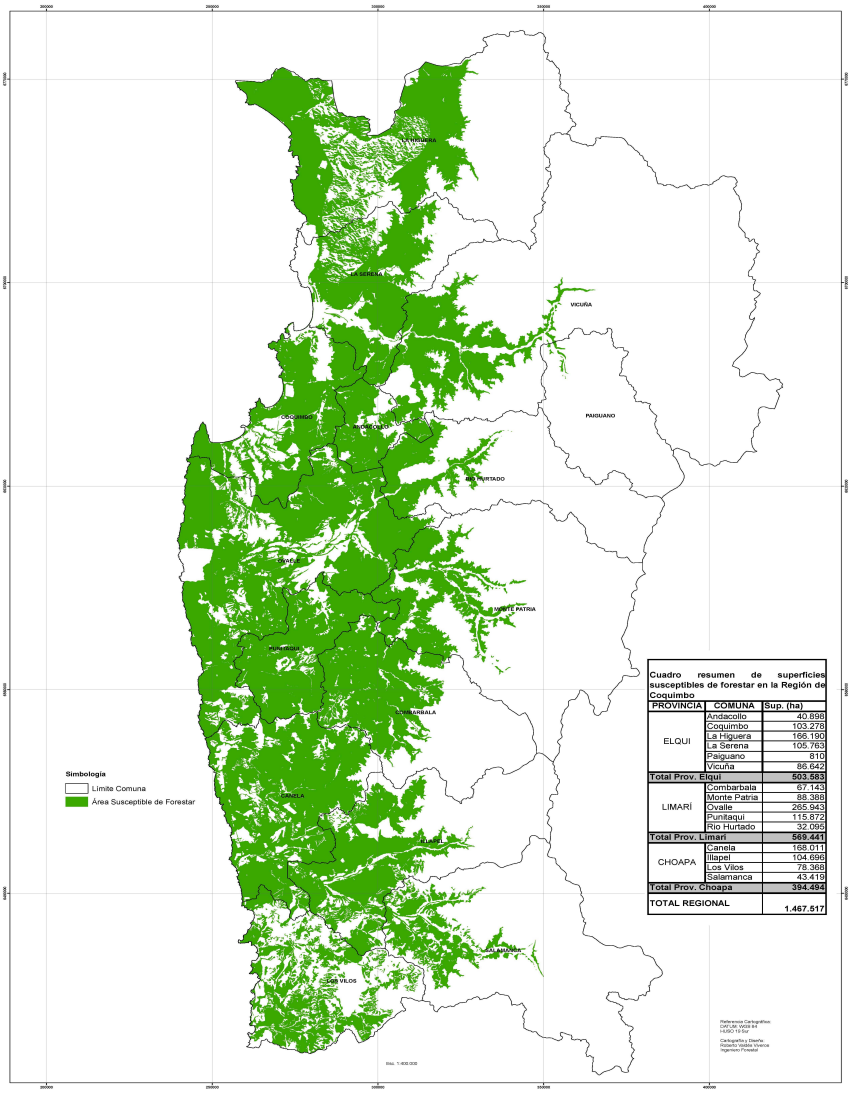
El detalle por provincia y comuna se describe en el cuadro 4:

Cuadro N°4 Resumen de superficies Potencialmente S usceptibles de Forestar en la Región de Coquimbo		
PROVINCIA	**COMUNA**	**Superficie (ha)**
ELQUI	Andacollo	40.898
	Coquimbo	103.278
	La Higuera	166.190
	La Serena	105.763
	Paihuano	810
	Vicuña	86.642
Total Provincia del Elqui		**503.583**
LIMARÍ	Combarbalá	67.143
	Monte Patria	88.388
	Ovalle	265.943
	Punitaqui	115.872
	Rio Hurtado	32.095
Total Provincia del Limarí		**569.441**
CHOAPA	Canela	168.011
	Illapel	104.696
	Los Vilos	78.368
	Salamanca	43.419
Total Provincia del Choapa		**394.494**
TOTAL REGIONAL		**1.467.517**

En forma gráfica, la Figura N°3 muestra la ubicaci ón espacial de la superficie determinada.

Figura N°3

Área por comuna susceptible de forestar en la Región de Coquimbo



Cuadro resumen de superficies susceptibles de forestar en la Región de Coquimbo

PROVINCIA	COMUNA	Sup. (ha)
ELQUI	Andacollo	40.898
	Coquimbo	103.278
	La Higuera	166.190
	La Serena	105.763
	Paiguano	810
	Vicuña	86.642
Total Prov. Elqui		503.583
LIMARÍ	Combarbala	67.143
	Monte Patria	88.388
	Ovalle	265.943
	Punitaqui	115.872
	Río Hurtado	32.095
Total Prov. Limarí		569.441
CHOAPA	Canela	168.011
	Illapel	104.696
	Los Vilos	78.368
	Salamanca	43.419
Total Prov. Choapa		394.494
TOTAL REGIONAL		1.467.517

3. ANTECEDENTES DE LAS ESPECIES DE INTERES

3.1 *Quillaja saponaria* (Quillay)

3.1.1 Descripción

El quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) es un árbol siempreverde polígamo-monoico o hermafrodita perteneciente a la familia Rosácea (Hoffmann, 1978; Rodríguez *et al*). Alcanza hasta 15 m de altura y un metro de diámetro (Rodríguez *et al*., 1983). Sin embargo, según Vita (1966), es posible encontrar individuos de 27 m de altura y hasta141 cm de diámetro. Su tronco presenta buena forma y es casi cilíndrico, con ramificaciones que comienzan a los 2 m sin presentar un ápice muy notorio (Benedetti *et al.,* 2000). Las hojas están dispuestas alternamente en el tallo, de 3 a 4 cm de largo y 1,3a 3 cm de ancho, son cortamente pecioladas, coriáceas, simples, con forma redondeada y borde liso a regularmente dentado (Hoffmann, 1978; Benedetti *et al*., 2000). Su color varía de un verde intenso brillante a amarillento en otoño, (Benedetti *et al.,* 2000). Presenta flores blancas y hermafroditas, en forma solitaria o dispuesta en corimbos terminales cortos. Su fruto es un de forma estrellada que persiste abierto y seco en el árbol por largo tiempo con numerosas semillas aladas en su interior. Según Donoso y Cabello (1978), la floración puede producirse desde diciembre a enero y sus frutos maduran entre marzo y abril. Sin embargo, Rodríguez *et al.* (1983), indican que la floración puede producirse desde octubre hasta enero.

2.1.2 Requerimientos Edafoclimáticos

El quillay es un árbol adaptado a climas secos y cálidos, pero también se encuentra en sitios más frescos y húmedos e incluso soporta nieves y heladas (Rodríguez *et al.,* 1983). Es capaz de desarrollarse en condiciones de temperaturas moderadas, soportando calores en verano e intensos períodos de frío en invierno (Vita, 1974). Su mejor desarrollo lo logra en zonas con clima mediterráneo, de temperaturas medias cercanas a los 14ºC y precipitaciones que varían entre los 150 y los 1.500 mm (Benedetti *et al.,* 2000). En general, no crece en lugares expuestos directamente al mar; es por ello que en la Cordillera de la Costa se desarrolla en pendientes que van hacia el interior del valle central (Vita, 1974). Según Prado *et al.* (1983), se mantiene principalmente en la vertiente este y en sectores abrigados de la influencia del mar. En el valle central crece en lugares asoleados y en los faldeos de los cerros más o menos secos y con escasa vegetación (Lagos, 1998).

Puede crecer en suelos pobres, degradados y con pendiente, aunque su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos, no acepta excesos de agua. Por esto no es recomendable para suelos arcillosos, con mal drenaje o exceso de salinidad (Benedetti *et al.,* 2000). Sin embargo, Ruiz de Gamboa (1986), indica que en la Provincia del Choapa, es posible encontrarlo en suelos arcillosos en los sectores más altos de las laderas, ya que estos suelos pueden retener la humedad por más tiempo.

Es posible encontrarlo en distintas posiciones topográficas, partes altas, medias, bajas y también se adapta a diferentes exposiciones al sol (Benedetti *et al.,* 2000). Soporta bastante bien los asoleamientos fuertes cuando se encuentra en condiciones topográficas favorables, como son quebradas o bajos de laderas, donde cuenta con mayor humedad (Ruiz de Gamboa, 1986).

El quillay es capaz de desarrollarse en zonas semiáridas mediterráneas que no tienen uso alternativo, excepto el pastoral en algunos casos, y que son marginales para *Pinus radiata* y el *Eucalyptus globulus* (Vita, 1974).

3.2 *Prosopis chilensis* (Algarrobo)

3.2.1 Descripción

Árbol de copa redondeada que puede alcanzar 3 a 10 m de altura y 0,6 a 1 m de diámetro Burkart 1976, Rodríguez et al. 1983, Altamirano 2006). Corteza surcada longitudinalmente de color café rojizo, fácilmente desprendible (Rodríguez et al. 1983). Ramas arqueadas, parcialmente espinosas. Espinas duras, axilares, blanquecinas, geminadas, de origen caulinar de 6 a 10 cm de longitud (Burkart 1976, Rodríguez et al. 1983, Altamirano 2006). Hojas compuestas, caducas, glabras, uni, bi o tripinnadas. Fasciculadas sobre braquiblastos alternos entre cada par de espinas (Burkart 1976, Rodríguez et al. 1983). Pecíolo de 1,5 a 12 cm de largo, donde se insertan raquis secundarios con 10 a 29 folíolos. Folíolos verdes, lineares, rectos o subfalcados, agudos o mucronados, nervadura poco marcada, algunas veces con cilias en los márgenes, distanciados 5 a 9 mm entre sí, de 2 a 3,5 mm de largo y 1,5 a 2 mm de ancho (Burkart 1976, Rodríguez et al. 1983, Altamirano 2006). Inflorescencia en racimos espiciformes dispuestos en grupos de 2 a 4 en los mismos braquiblastos donde nacen las hojas. De forma alargada, de 7 a 12 cm de largo, con alrededor de 250 flores de 5 mm de longitud con cáliz glabro. Pétalos alargados de 3 mm de largo, lineares, pilosos en el haz emergiendo con mechón de pelos blanquizcos hacia el envés, de color verdoso amarillento (Burkart 1976, Rodríguez et al. 1983, Peralta & Serra 1987, Altamirano 2006). El fruto corresponde a una legumbre indehiscente, coriácea a subleñosa de 12 a 18 cm de longitud y 1 a 1,8 cm de ancho. Alargada a levemente curvada, de color amarrillo claro y comprimida por los lados. Semillas de morfología variables de 20 a 32 semillas por fruto de color café amarillento de entre 6 a 7 mm de largo (Burkart 1976, Rodríguez et al. 1983, Peralta & Serra 1987, Altamirano 2006).

2.2.2 Requerimientos Edafoclimáticos

FAO (1997), señala que en Chile se desarrolla en zonas desérticas y de clima mediterráneo perárido, árido y semiárido, con un promedio de precipitación anual de 28-356 mm, principalmente concentradas en el periodo invernal, pudiendo éstas llegar a ser nulas en los años secos o bien erráticas, sucediendo en forma torrencial. El periodo seco es de 8 – 12 meses.

El mismo autor señala que el régimen se caracteriza por temperaturas muy contrastantes entre enero y julio, que son los meses más cálidos y fríos respectivamente, así como una gran amplitud entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Puede soportar heladas ocasionales hasta – 5ºC. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 14,3 – 14,9 ºC. Las temperaturas máximas absolutas varían entre 27,4º y 30,6ºC.

Prefiere los suelos secundarios de origen volcánico, gruesos, de textura arenosa o francoarenosa, a menudo muy pedregosos, alcalinos, ricos en cal libre. Extremadamente resistente a la salinidad, puede crecer en suelos con pH entre 7,6 – 8,9 y muy ricos en sodio. Ocupa suelos de buen drenaje (FAO, 1997).

La posición topográfica que ocupa, está fuertemente relacionada con la disponibilidad de agua, relacionándose con paisajes de lugares bajos, lechos de río, esteros y quebradas al pie de los pie de montes y depresiones de los llanos (FAO, 1997).

3.3 Acacia saligna (Acacio azul)

3.3.1 Descripción

La *Acacia saligna* es una leguminosa siempreverde originaria del Sudoeste de Australia, donde comúnmente se le denomina aromo naranjo (Orange wattle), aromo de hojas azules (Blueleafed wattle), o aromo de guirnaldas doradas (Golden wreath wattle). En Chile se le denomina acacia azul, acacia o cianófila. La especie presenta la apariencia de un árbol perennifolio de tres a ocho metros de altura, con un fuste principal de hasta 30 cm de diámetro; de copa frondosa, redondeada y ramas extendidas. Su corteza es rojiza, lisa y apenas fisurada (Alcaíno *et al*., 1995; N.A.S, 1979).

Las hojas son de color verde-azulado, semiduras, con longitud variable de 8 a 20 cm y de uno a cuatro centímetros de ancho con el nervio principal notorio. Su reproducción puede ser por semilla o en forma vegetativa (Perret y Mora, 2000).

Las flores aparecen en primavera y se agrupan de dos a cinco glomérulos, dispuestos en cortos racimos de color amarillo intenso en las axilas de las hojas. Los frutos se producen a partir del tercer año y corresponden a una vaina rojiza de 5 a 14 cm de largo y un centímetro de ancho, maduran desde octubre a diciembre. La colecta de frutos es posible realizarla hasta febrero (Serra, 1997).

3.3.2 Requerimientos Edafoclimáticos

Acacia saligna en su hábitat natural del oeste de Australia, se localiza con prioridad en zonas cercanas a la costa (Bratti, 1996; Serra, 1997). Específicamente se distribuye entre los 28º y 33ºS, desarrollándose como parte del sotobosque asociado a *Eucalyptus gomphocephala* sobre formaciones calcáreas de la zona costera (Serra, 1997).

En Chile, se ha plantado desde la zona desértica al sur, particularmente entre la III y VII Región, concentrándose principalmente en el sector costero de las Regiones IV y V (Perret y Mora, 2000). Crece en zonas de precipitaciones irregulares y limitadas que oscilan entre 100 a 250 mm anuales En el norte y centro del país se desarrolla preferentemente en áreas con influencia de neblinas costeras siendo plantada en la zona de clima mediterráneo. Se adapta a algunas localidades del secano costero en la región central con diversas respuestas (Jordán, 1996).

Tolera vientos marinos y crece en una gran variedad de suelos, desde muy delgados a profundos, con texturas desde arenosas a arcillosas, lo que indica que la especie no tiene grandes limitantes edáficas para su establecimiento (Perret y Mora, 2000).

3.4 *Atriplex nummularia* (Atriplex)

3.4.1 Descripción

Arbusto nanofanerófito de origen australiano. Es una especie con un gran potencial a nivel mundial en la rehabilitación de terrenos áridos degradados y en producción de forraje y combustible, constituye uno de los recursos forrajeros mejor adaptados a terrenos de secano de la región árida y semiárida de Chile.

Crece especialmente durante los meses de primavera y verano, pudiendo alcanzar sus ejemplares adultos alturas superiores a los tres metros y diámetros sobre los cuatro metros (Gutiérrez, 1990).

2.4.2 Requerimientos Edafoclimáticos

Atriplex nummularia está particularmente adaptado a suelos profundos de textura limosa a limo-arcillosa, de salinidad débil a alta, con precipitaciones mayores o iguales a 200 mm (Le Houérou y Pontanier, 1987). Sin embargo, Franclet y Le Houréou (1971) afirman que la especie puede crecer en suelos arenosos bastante delgados recubriendo margas o arcillas donde la precipitación anual es mayor o igual a 150 mm, aun cuando su óptimo ecológico, al igual que otras especies de su género, se encuentra entre las isoyetas de 200 a 400 mm. Por su parte, Gastó y Contreras (1972) indican que esta especie se desarrolla mejor en suelos de profundidad media, adaptándose bien a precipitaciones anuales de 150 a 1.200 mm.

4. OBJETIVO

El objetivo planteado fue la identificación y cuantificación de las Áreas Potencialmente Susceptibles de Forestar para las *especies Quillaja saponaria, Prosopis chilensis, Acacia saligna y Atriplex nummularia* en la Región de Coquimbo, determinadas cartográficamente en base al Catastro del Uso Actual del Suelo y Bosque Nativo (año 2004).

5. METODOLOGÍA

5.1 Información Geográfica

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó el Catastro del Bosque Nativo y Uso Actual del Suelo de la Región de Coquimbo, en su versión actualizada y ajustada del año 2003, cuya base de datos digital asociada fue operada mediante el software ARCView versión 3.2. La información generada a partir de este estudio fue georreferenciada en datum WGS 84 y huso 19 Sur.

La pendiente, exposición y altitud fue obtenida mediante procesamiento del Modelo Digital de Elevación Global, confeccionado por el sensor Aster de Japón, llamado oficialmente ASTER global digital elevation model V001 (ASTGTM). Este DEM Aster está en formato Raster y su resolución es de 30 m por pixel.

Otra fuente de actualización fue la base de datos de plantaciones digitalizadas del INFOR, al año 2007.

5.2 Determinación de Criterios

En una primera etapa se determinó la superficie potencialmente forestable, de acuerdo a los siguientes criterios:

a) Uso actual del suelo

Se excluyó , como polígonos susceptibles de forestar, aquellos que en el Catastro aparecen como bosques nativos, plantaciones, centros urbanos y poblados, cuerpos de agua, afloramientos rocosos, áreas sobre límite vegetacional, cajas de río y terrenos de uso agrícola, matorral arborescente denso, semidenso y matorral con suculentas denso.

En consecuencia, calificaron como terreno forestable todos los polígonos que tuviesen como uso actual Estepa Andina Norte, Matorral Abierto, Matorral Arbóreo. Muy Abierto, Matorral Muy Abierto, Matorral Pradera Abierto, Matorral Pradera Muy Abierto, Matorral Pradera Semidenso, Matorral Semidenso, Matorral - Pradera, Matorral-Suculenta Muy Abierto, Matorral-Suculentas Abierto, Matorral-Suculentas Denso, Matorral-Suculentas Semidenso, Otros Terrenos Sin Vegetación, Dunas, Praderas, Praderas Anuales y Praderas Perennes.

Se descontaron, además, las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), los sitios prioritarios definidos en el libro rojo de la Región de Coquimbo y las forestaciones acreditadas de la base digital INFOR al año 2007.

b) Altitud

Esta variable se incorpora al crear cartografía digital de polígonos con rangos cada 100 metros de altura sobre el nivel del mar, con una superficie mínima significativa igual a 5 ha, en base al procesamiento del Modelo Digital de Elevación Global (imagen satelital DEM).

Se han excluido como zonas forestables, aquellas por sobre los 1.200 msnm, ya que la altitud es una variable ambiental que tiene efecto en el desarrollo de la vegetación estableciendo pisos altitudinales de vegetación, por su interdependencia con la temperatura, presión barométrica y precipitación.

Desde el punto de vista forestal, estas condicionantes principalmente de variables climáticas de origen natural, limitan el establecimiento y desarrollo de plantaciones hasta cierta altitud. En la Región de Coquimbo este límite máximo altitudinal se ha definido en los 1.200 msnm, en especial en la cordillera de Los Andes, considerando como referente el desarrollo de plantaciones de especies arbustivas rústicas como *Atriplex nummularia.*

c) Pendiente

Se crea cartografía digital de polígonos con rangos de pendiente de 0% a 15%, 15% a 30%, 30% a 45%, 45% a 60%, 60% a 100% y pendientes mayores a 100%, con una superficie mínima significativa igual a 5 ha, lo que permite mejorar la cartografía de esta variable con mejor precisión que la que ofrece el Catastro de Uso del Suelo del año 2003, en base al procesamiento del Modelo Digital de Elevación Global (imagen satelital DEM).

Se ha definido como límite para el establecimiento de plantaciones una pendiente de hasta 100%.

Esta variable topográfica se asocia a una mayor fragilidad y degradación de los suelos producto del factor físico de la gravedad y la escorrentía producida por las lluvias, lo que genera suelos más pobres y delgados, muchas veces exponiendo incluso afloramientos rocosos estériles.

Se consideraron pendientes entre 60 y 100%, como áreas necesarias de forestar, independiente de sus dificultades y limitantes físicas debido a que en la Región por su topografía de serranías, éstas son comunes y demandan la necesidad de establecer plantaciones con fines de protección al recurso suelo, lo que se traduce en un desafío en el accionar contra los procesos erosivos y la desertificación.

Del área susceptible de forestar, se descuenta todos aquellos sectores con pendientes superiores a 100%.

d) Precipitación media anual (mm)

En la Región de Coquimbo la disponibilidad de agua es el factor limitante para el establecimiento de plantaciones forestales, registrándose fluctuaciones de precipitaciones medias anuales menores que 75 mm en el límite norte y hasta los 400 mm en los sectores sureste de la Región con precipitaciones más abundantes.

Incide fuertemente en el régimen hídrico tanto la cantidad, tipo y distribución anual de las precipitaciones, las cuales además originan periodos de sequía que afectan directamente las posibilidades de éxito en el establecimiento de plantaciones forestales que puedan llegar a conformar una masa forestal.

Para incorporar esta variable al análisis cartográfico se digitalizaron las isoyetas extraídas de la cartografía impresa del Plano Predial del Sector Actualmente Forestable de la IV Región, escala 1:250.000, del año 1980, generando polígonos con rangos de precipitación entre cada isoyeta.

e) Exposición

Esta variable también fue generada gracias al procesamiento del Modelo Digital de Elevación Global (imagen satelital DEM), para mejorar la información contenida en el Catastro de Uso de Suelo con una superficie mínima significativa igual a 5 ha.

5.3 Determinación de Superficies Potenciales por Especie

Sobre la base de la experiencia regional acumulada respecto plantaciones forestales o forestaciones a cada rango de las variables se le asignó el valor 0 cuando la especie no tiene potencial de establecimiento y el valor 1 para cuando si lo tiene, el valor potencial del sitio resulta de la multiplicación de todas las variables.

El cuadro N°5, muestra la matriz de valores aplica dos a cada pixel.

Cuadro N°5 :

	Valorización del sitio en función de Especies Potenciales			
Variable	**Algarrobo**	**Quillay**	**Atriplex**	**Acacia**
Altitud (m.s.n.m)				
0-400	**0**	**1**	**1**	**1**
400-800	**1**	**1**	**1**	**1**
800-1200	**1**	**1**	**0**	**0**
Pendiente (%)				
0-30	**1**	**1**	**1**	**1**
30-60	**1**	**1**	**1**	**1**
60-100	**0**	**0**	**1**	**0**
Precipitación media anual (mm)				
150-250	**1**	**1**	**1**	**1**
75-150	**1**	**1**	**1**	**1**
0-75	**0**	**0**	**0**	**0**
Exposición				
Sur y Este	**1**	**1**	**1**	**1**
Sin exposición	**1**	**1**	**1**	**1**
Norte y Oeste	**0**	**0**	**1**	**0**

Calculo Potencial del sitio	**Indicador**
A*P*Pp*E	
Con Potencial de Establecimiento	**1**
Sin Potencial	**0**

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6.1 Superficie Potencialmente Forestable por Provincia y Especie

Cuadro N°6

SUPERFICIE POTENCIAL DE FORESTACIÓN POR PROVINCIA Y ESPECIE (Ha)				
Provincia	**Especies**			
	Algarrobo	**Quillay**	**Atriplex**	**Acacia**
Elqui	**145.311**	**210.199**	**234.492**	**115.490**
Limarí	**182.875**	**268.285**	**384.016**	**187.071**
Choapa	**138.790**	**187.478**	**243.981**	**116.955**
Total	**466.976**	**665.962**	**862.489**	**419.516**

Tanto a nivel provincial como regional *Atriplex nummularia* aparece como la especie con mayor superficie potencial para su establecimiento, situación absolutamente predecible dada su rusticidad y adaptación a climas áridos y semiáridos, llama la atención que la segunda especie en términos de su potencial sea el quillay por sobre la *Acacia saligna,* lo que se puede deber a que la primera es una especie nativa muy bien adaptada a climas secos y cálidos, pero también se le puede encontrar en climas más frescos y húmedos, incluso soporta nieve y heladas propias de altitudes mayores, por otra parte *Acacia saligna* desarrolla su mayor potencial de establecimientos en áreas con una mayor influencia costera, por último algarrobo crece en condiciones muy definidas, es un árbol característico de los llanos y serranías interiores, siempre alejado de las influencias marinas.

Es necesario resaltar que los valores obtenidos son el resultado de una aplicación metodológica puramente cartográfica, la cual es necesario complementar o depurar con visitas a terreno y talleres territoriales que permitan integrar al análisis un mayor número de variables y consideraciones de tipo socioeconómicas y ambientales.

6.2 Superficie Potencialmente Forestable por Comuna y Especie

Cuadro N°7

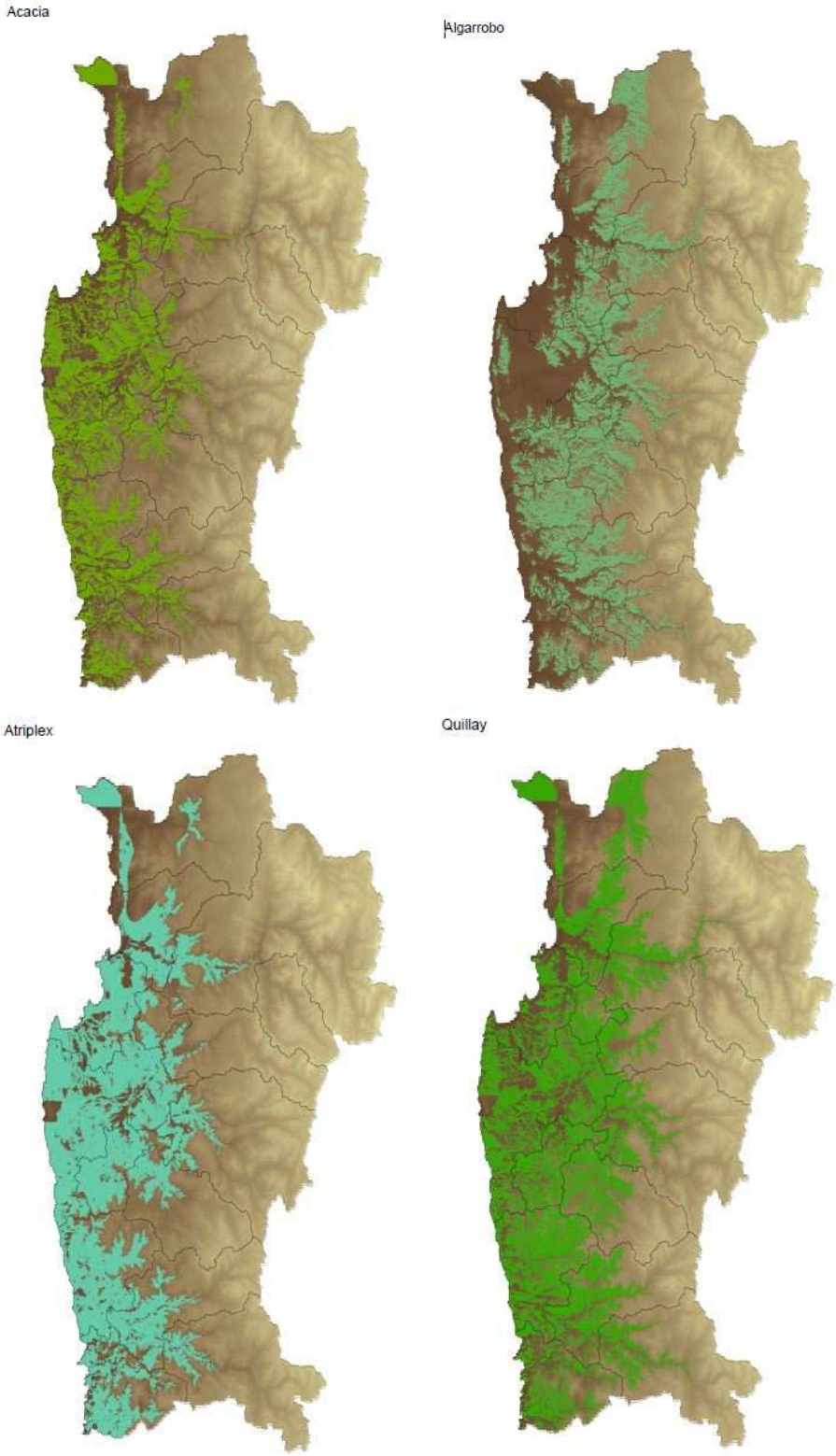
SUPERFICIE POTENCIAL DE FORESTACIÓN POR COMUNA Y ESPECIE (Ha)				
Comuna	**Especies**			
	Algarrobo	**Quillay**	**Atriplex**	**Acacia**
Andacollo	**20.738**	**21.659**	**16.173**	**8.378**
Canela	**61.553**	**87.521**	**113.583**	**58.296**
Combarbalá	**41.645**	**41.645**	**27.588**	**12.514**
Coquimbo	**12.304**	**39.778**	**96.749**	**36.671**
Illapel	**43.307**	**48.762**	**56.224**	**25.674**
La Higuera	**38.227**	**60.326**	**41.211**	**29.449**
La Serena	**33.023**	**46.565**	**55.924**	**29.237**
Los Vilos	**15.690**	**32.836**	**60.323**	**27.453**
Monte Patria	**37.857**	**38.173**	**32.461**	**16.540**
Ovalle	**57.178**	**133.105**	**245.151**	**123.779**
Paihuano	**566**	**566**	**-**	**-**
Punitaqui	**28.597**	**37.763**	**68.247**	**28.959**
Río Hurtado	**17.598**	**17.598**	**10.569**	**5.279**
Salamanca	**18.242**	**18.359**	**13.852**	**5.533**
Vicuña	**40.452**	**41.304**	**24.433**	**11.754**
Total	**466.976**	**665.962**	**862.489**	**419.516**

En general, en términos territoriales se nota una relación directa entre la ubicación espacial de las comunas y su superficie potencial de forestación para cada especie, así las comunas interiores presentan mejores condiciones para el establecimiento de especies como algarrobo y quillay, por el contrario *Acacia saligna* tiene un potencial muy deprimido. Para *Atriplex nummularia* no se nota la misma correlación debido a que la especie puede establecerse en una mayor amplitud de hábitat.

En este caso también es necesario hacer la precisión que los valores que muestra el cuadro N° 7, está relacionada con los respectivos tamaños comunales, así a comunas más grandes se obtienen superficies potenciales de forestación más altas.

La figura N°4 muestra gráficamente la ubicación espacial de las áreas potenciales de forestación para cada una de las especies analizadas.

Figura N°4



7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por el Catastro del Bosque Nativo y Uso del Suelo (versión 2003), la Región de Coquimbo presenta 466.976 hectáreas potenciales para el establecimiento de *Prosopis chilensis*, 605.962 hectáreas para *Quillaja saponaria*, 862.489 hectáreas para *Atriplex nummularia* y 419.516 hectáreas para la especie *Acacia saligna*.

Las superficies determinadas, pueden ser asimiladas a otras especies con requerimientos de hábitat similares a las estudiadas.

El desarrollo de actividad forestal en la Región de Coquimbo, es altamente dependiente de la existencia de una Ley de Fomento Forestal de plantaciones, así queda demostrado al analizar las estadísticas de forestación de la Región.

Los resultados obtenidos brindan un importante instrumento de planificación territorial; sin embargo, es necesario precisar que la decisión de forestar un terreno determinado requiere ser complementada por una visita a terreno.

En términos de los objetivos de la forestación en la Región, las cuatro especies analizadas tienen una mayor vocación hacia la producción no maderera, luego los servicios ambientales y por último la producción maderera de autoconsumo.

8. RECOMENDACIONES

La depuración de la información señalada debe ser un proceso continuo, en la medida que se cuente con bases digitales de otras variables importantes en la definición de la aptitud o potencial de los suelos, para ser integrados a la actividad forestal.

9. BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 1981. Estudio Predial del Sector Actualmente Forestable en la IV Región. Lira R., Soto G. y Cerda J., 76 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 1997. Plan de Desarrollo Forestal Ambiental IV Región Coquimbo. Pizarro R., Convenio CONAF e INDAP – PRODECOP. La Serena, 154 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 2004. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación: Cuarta Región de Coquimbo. Universidad Austral de Chile y Universidad de La Serena, 31 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 2005. Plan de Desarrollo Forestal Ambiental de la Comuna de Illapel, 127 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 2006. Diagnóstico Sectorial Cuarta Región, Actualización 2006, Estrategias de CONAF para el Desarrollo de la Región de Coquimbo, 44 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 2011. Informe de Convenio de Desempeño Colectivo 17.1.2 año 2011, Gerencia Forestal, Diseño y criterios para la identificación y priorización de áreas susceptibles de forestar en cada región del país, 19 p.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, 2011. Informe de Convenio de Desempeño Colectivo 4.1.1 año 2011, Región de Coquimbo, Identificación de las Areas Susceptibles de Forestar en la Región de Coquimbo, 21 p.

UNIVERSIDAD DE CHILE, 1992. Variables Edáficas que más Influyen en la Producción y Calidad de Forraje de *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl., en la IV Región, C. Correa, Tesis Ingenieria Forestal, 69 p.

UNIVERSIDAD DE CHILE, 2007. Evaluación de un Ensayo de Riego y Fertilización de Quillay (Quillaja *saponaria* Mol.), en la Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, L. Valenzuela, Memoria Ingeniería Forestal, 74 p.

UNIVERSIDAD DE CHILE, 2004. Propuesta para el Uso de *Acacia saligna* en Sistemas de Producción de Pequeños Propietarios de la Provincia de Elqui, IV Región, C. Gómez, Memoria Ingeniería Forestal, 121 p.

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2007. Factibilidad técnico-económica de generar productos alimenticios a partir del fruto de Algarrobo Chileno (Prosopis *chilensis Mol. Stuntz*) para la alimentación humana o animal, R. Aedo, Memoria Agronomía, 120 p.

10. ANEXOS CARTOGRÁFICOS

Se anexa CD, con Cartografía Digital, en formato Shape, de las superficies potencialmente forestable por especie y como cartografía base la división político administrativa de la Región de Coquimbo.