

**Acacia saligna UNA ESPECIE MULTIPROPOSITO: SU POTENCIAL FORRAJERO EN  
LA  
PROVINCIA DE CHOAPA, IV REGION**

**Eduardo Alcaíno<sup>1</sup>  
Susana Benedetti<sup>2</sup>  
Sandra Perref<sup>2</sup>  
Gerardo Valdevenito<sup>2</sup>**

## **INTRODUCCIÓN**

La ganadería caprina, es un factor fundamental en la economía campesina de la IV Región, aportando el 42 % del valor total de la producción agropecuaria (COSSIO y DEMANET en Comité MAB-Chile, 1986). La importancia de esta actividad en las comunidades rurales radica además en que representan la única fuente de proteínas animal para el consumo humano y de leche para los niños.

El deterioro progresivo de la vegetación en la región, debido a las malas prácticas de manejo implementadas, ha provocado el tránsito desde ganado bovino a ovino y, finalmente a caprino (VITA, 1989). Esta actividad se desarrolla extensivamente, sin un control de la carga animal, siendo uno de los factores de la desertificación que experimenta la región. La única limitación que regula el crecimiento de la masa ganadera es la que impone el medio natural. Así en los años favorables, donde hay abundancia de pastos, la masa caprina aumenta significativamente ejerciendo una gran presión sobre la pradera natural. Los años de sequía afectan sensiblemente a la población caprina, llegando a perderse más del 50% de las crías y el 20% de las madres, particularmente en la provincia del Choapa (PAF, 1993).

Actualmente existen en la región aproximadamente 50.000 ha forestadas con arbustos forrajeros, prácticamente sólo dos especies han sido utilizadas para ello, *Atriplex repanda* y en especial *Atriplex nummularia*. Sin embargo, estas especies se adaptan mejor bajo ciertas condiciones de sitio, especialmente en los sectores costero, faltando generar nuevas alternativas forrajeras y también forestales, tanto para condiciones de secano como de riego eventual, para la propia zona costera y en especial para el secano interior. Actualmente en la región están aumentando las plantaciones con la especie *Acacia saligna*, por lo que el presente estudio pretende determinar la producción y calidad forrajera de la especie *Acacia saligna*, en base a una plantación piloto en la Comunidad Agrícola Tunga Norte y ser un aporte técnico a la escasa información que existe de las potencialidades que puede tener esta especie en la IV Región.

Para alcanzar este objetivo, se plantea en una primera etapa obtener una función de producción de forraje para la especie, para posteriormente analizar el aporte nutricional del material forrajero proveniente de *Acacia saligna* y determinar la producción forrajera de la plantación piloto.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Panamericana Norte S/N, Los Vilos.

<sup>2</sup> Instituto Forestal. Huérfanos 554, Santiago.

## MATERIAL Y METODO

### Material

El área de estudio se localiza en la Provincia de Choapa, Comuna de Illapel, en la comunidad agrícola Tunga Norte, sector Quebrada de Ita. La plantación estudiada fue establecida en 1991, a un espaciamiento de 4mx4m, en una especie aproximada de 0,8 ha con un total de 516 plantas.

El clima es de tipo mediterráneo árido según Emberger (DI CASTRI y HAJEK, 1976). Se caracteriza por una precipitación invernal que en promedio alcanza 220 mm y un largo período seco de 8 a 11 meses por año. Los suelos son aridisoles de origen granítico de transición entre pardo cálcicos a pardo no cálcicos (ROVIRA, 1984; FUENZALIDA, 1965).

La vegetación natural existente en el área es una estepa de *Quillaja saponaria* de baja densidad, acompañada de un estrato arbustivo bajo, dominado por *Gutierrezia paniculata* y *Cassia closiana*, también se encuentra *Flourensia thurifera*, *Colletia spinosa*, y *Schinus molle*. Existen además formaciones xerofíticas cuyas especies predominantes son *Puya sp.* y *Cereus sp.*

En base a los resultados obtenidos en las investigaciones de introducción de especies, es posible recomendar las siguientes: *Acacia saligna*, *Eucalyptus cladocalyx* y *E. sideroxylon*, siendo la especie involucrada en este estudio la que obtiene los resultados más promisorios.

*Acacia saligna* es una leguminosa siempreverde originaria del sur-oeste de

Australia, ha sido introducida exitosamente en otros países como México, Sudáfrica y el Este Medio (KANDEEL, 1994).

Esta especie presenta una amplia variación fenotípica, expresada en sus hojas y su forma. En su lugar de origen alcanza una altitud máxima de 325 msnm, correspondiendo a lugares de alta insolación. Se desarrolla bien en las zonas cálidas, húmedas y subhúmedas, y también en regiones de mayor pluviometría, presentándose en un rango entre los 300 mm y los 1.000 mm. Puede soportar altas temperaturas y vientos salinos. Crece bien en una amplia gama de suelos, incluyendo los arcillosos, arenosos, terrenos pantanosos, graníticos, etc., pero se observa preferentemente en terrazas costeras y en sectores de topografías con suave ondulación. (PEÑA, 1978).

Los principales usos de la especie han sido como ornamental, para la fijación de dunas, reforestación de áreas mineras costeras y en plantaciones para la producción de taninos a partir de la corteza y de combustible.

Con respecto a las características forrajeras de la especie, pareciera presentar buenos indicadores. Entregada a caprinos como alimento suplementario pre y post-pastoreo, el rechazo ha sido mínimo, fluctuando entre 2,8 y 12,7%. (INIA, 1995, no publicado). En un análisis de la digestibilidad in vitro, realizado en Chile (PEÑA, 1978) se obtuvo para hojas un 41,8% de digestibilidad y en tallos 38,5%.

En este sentido, *Acacia saligna* ha demostrado ser un árbol muy, vigoroso y de múltiples usos, que se adapta fácilmente a laderas desforestadas, tierras desiertas, y

sitios con fuertes índices de aridez. Se introdujo en Sudáfrica en los años 1840, como un intento para estabilizar las dunas de arenas movedizas. También se ha plantado en Uruguay, México, Israel, Irán, Irak, Jordania, Siria, Grecia, Chipre y en países del Norte de África (CATIE, 1984).

## Método

### Obtención de una función de producción de Forraje

El objetivo central de definir una función de regresión de fitomasa forrajera, es poder determinar qué variables dasométricas explicatorias se relacionan con la variable explicada (peso seco de material forrajero), para predecir a futuro, bajo cierto parámetro, en forma rápida, fácil y económica, la producción forrajera de una plantación de *Acacia saligna*, con la finalidad de manejarla racionalmente, prolongado su vida útil.

Como primera etapa se realizó una estratificación de la plantación en base al volumen de copa, con la finalidad de realizar un muestreo lo más representativo posible. Se identificaron cuatro estratos y en cada uno de ellos se seleccionaron 4 individuos en forma aleatoria.

Para cada árbol seleccionado, se determinó y midió en terreno las siguientes variables dasométricas, que según la teoría tienen una correlación importante con la producción de forraje. Estas fueron las siguientes:

A : Altura total del árbol (metros)  
DAC : Diámetro del fuste a la altura del cuello (centímetros)

DMF : Diámetro medio del fuste (centímetros)  
DCMIN : Diámetro de copa mínimo (metros)  
DCMAX : Diámetro de copa máximo (metros)  
AC : Altura de copa (metros)  
PS : Peso seco material forrajero (kilogramos)

Las mediciones efectuadas al fuste se dividieron en 4 secciones, de acuerdo a la forma de la rama principal, en ella se midió el DAC, DCC (Diámetro Comienzo de Copa), DTF (Diámetro al Término de Fuste) y el DMF el que estaba determinado por la distancia media entre el DCC y DTF.

Para cuantificar la variable independiente, se extrajo el total de fitomasa forrajera a cada uno de los árboles medidos (hojas y ramillas hasta un grosor de 0,5 cm de diámetro), se secó a niveles anhidricos y se pesó, obteniendo el material seco en kg asociado a cada uno de los parámetros muestreados por individuo.

Con esta información, más la generada por otro estudio realizado con anterioridad en el mismo rodal, se completó un total de 32 individuos muestreados, con 8 árboles por estrato.

### Selección de variables

Como la variable a predecir tiene directa relación con la copa del árbol, se incorporaron al modelo aquellas que definen su forma (DCMIN, DCMAX, AC). Producto de las características propias de la zona y especie, no se consideraron las variables relacionadas con el fuste, ya que por su característica heterogénea de forma,

resulta difícil definir criterios comunes para la incorporación de dicha variable en el modelo. La variable altura total (A T), fue incorporada debido a la relación que existe entre la altura total de la especie y su diámetro de copa (aprox. 1:1).

Para obtener una mayor correlación de variables, se realizó un ploteo de los parámetros medidos y se determinaron las siguientes variables compuestas.

- DMC : Diámetro medio de copa (DCMIN + DCMAX)/2
- DMC\* AC : Diámetro medio de copa \* Altura de copa
- DMC<sup>^</sup> AC : Diámetro medio de Copa <sup>^</sup> Altura de copa
- DMC\*AT : Diámetro medio de copa \* Altura de copa
- DMC<sup>^</sup> AT : Diámetro medio de copa <sup>^</sup> Altura total

Para la obtención de la función de producción se probaron modelos lineales simples, (exponenciales, multiplicativos y logarítmicos) y compuestos. El criterio de selección se basó en los valores obtenidos para los estimadores de correlación y error estándar.

**MODELO 1: PS v/s DMC\* AC**

Modelo exponencial:  $PS = e^{(a+b(DMC * AC))}$

Estimadores del modelo 1:

	Estimadores	Error St	t
a	-1,5225	0,0911367	-16,7056
b	0,337787	0,0198543	17,0133
Error Standar	0,292981		
r2	0,9033		

**Análisis Bromatológico**

Para analizar la calidad nutricional de la especie *Acacia saligna*, se enviaron muestras del material cosechado al Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental INIA de Remehue, para un análisis bromatológico in vitro, donde se determinó el nivel de los siguientes parámetros: proteína total, proteína verde, porcentaje de cenizas, fibra detergente ácida, porcentaje de digestibilidad de la materia seca y orgánica, y energía metabolizable.

**RESULTADOS y CONCLUSIONES**

Funciones de Biomasa para Peso Seco Modelos de regresión simple (dos variables).

El análisis de regresión fue realizado usando el método de cuadrados mínimos ordinarios (CMO), utilizando el Software estadístico Statgraphics (Statistical Graphics System):

Los modelos que mejor se ajustaron a las variables involucradas fueron:

### MODELO 2: PS vs DMC<sup>AC</sup>

Modelo multiplicativo:  $PS = a * (DMC^{AC})^{Ab}$

Estimadores del modelo 2:

	Estimadores	Error St	t
a (log a)	-1,22198	0,0735484	-16,6147
b	0,814402	0,0455515	17,5787
Error Standar	0,280082		17,8787
r2	0,9116		

### MODELO 3: PS vs D;C<sup>AT</sup>

Modelo multiplicativo:  $PS = a * (DMC^{AT})^{Ab}$

Estimadores del modelo 3:

	Estimadores	Error St	t
a (log a)	-1,21905	0,0773524	-15,7596
b	0,682375	0,0402975	16,9334
Error Standar	0,294228		
R2 (ajust.)	0,9024		

Los modelos seleccionados no presentan diferencias significativas respecto de los estadígrafos de control. El coeficiente de determinación en los tres casos corresponde al 90% de correlación, lo que implica que aproximadamente el 90 % del valor de la materia seca foliar (PS) está explicada por las variables involucradas

DMC, AT, AC).

### Modelos de regresión múltiple

Al analizar las variables involucradas bajo el enfoque de regresión múltiple y utilizando el método de selección de variables, en un primer intento se generó el siguiente modelo:

**MODELO 4:  $PS = a + b(DMC \cdot AC) + c(DMC^{AC})$** 

Estimadores del modelo 4:

	Estimadores	Error St	t
a	-0,0196	0,1138784	-0,1721
b	0,151297	0,048287	3,1333
c	0,106298	0,014971	7,1005
Error Standar	0,277018		
R2 (ajust.)	0,954		

Un segundo resultado de regresión múltiple, incorporando las tres variables

compuestas, entregó los siguientes resultados:

**MODELO 5:  $PS = a + b(DMC^{AC}) + c(AT)$** 

Estimadores del modelo 5:

	Estimadores	Error St	t
a	-0,165719	0,25285	-0,6554
b	0,13215	0,011395	11,5973
c	0,260481	0,141862	1,8362
Error Standar	0,30259		
R2 (ajust.)	0,9454		

Si bien, en este modelo todas las variables involucradas son parámetros diferentes, existe una relación entre la variable altura de copa (AC) y altura total (AT), que implica un grado de colinealidad. Con respecto a la prueba de Durbin -Watson ( $d=2,011$ ), ésta indica que no existe autocorrelación en las variables independientes.

coeficiente de regresión múltiple entrega una mejor medida de la bondad de ajuste que los modelos lineales simples. Sin embargo, el modelo no considera el supuesto de la no multicolinealidad entre las variables explicatorias. Lo anterior se debe a que las dos variables independientes compuestas tienen el mismo origen.

Al analizar los resultados obtenidos en el modelo 4, se puede verificar que el

En el modelo 5, a pesar de entregar un R2 superior al de los modelos lineales, la

diferencia no es significativa y presenta un error estándar estimado levemente superior. Por lo tanto, para efecto de este estudio, se recomienda utilizar los modelos lineales simples ya que tienen errores estándares más bajos, los coeficientes de determinación resultan aceptables (90%) y el modelo en general resulta ser muy fácil de utilizar en evaluaciones futuras de fitomasa forrajera en la zona.

En el Cuadro 1 se entregan las funciones que, de acuerdo a los criterios expuestos en el punto anterior fueron seleccionados como los mejores estimadores de peso seco del componente forrajero de *Acacia saligna*. En el Cuadro 2 se presentan los valores de peso seco obtenidos mediante el muestreo directo, comparados con los entregados por las dos funciones seleccionadas.

Cuadro 1. Funciones seleccionadas

MODELO	PARAMETROS	FUNCION	(r <sup>2</sup> )
EXPONENCIAL	a: -1,5225 b: 0,337787	PS = e <sup>(-1.5225+0.3378(DMC*AC))</sup>	90,3%
MULTIPLICAT.	a: 0,29465 b: 0,814402	PS = (0.295*(DMC^AC)^0.8144)	91,2%
MULTIPLICAT.	a: 2955 b: 0,682375	PS = 2955*(DMC^AT)^0.8684	90,2%

En base al análisis estadístico realizado, es posible concluir que el mejor modelo lineal simple encontrado es el multiplicativo (modelo 2), con un error estándar estimado de 0,28 y un r<sup>2</sup>= 91,16% (Figura 1). El ploteo de los residuos se distribuye en forma relativamente homogénea y el valor computado de F (F=289,4) es estadísticamente significativo (F<sub>c</sub>=0,8245), para afirmar que el diámetro medio de copa y la altura de copa están relacionados con el peso seco de la fitomasa forrajera (Figura 2).

donde:

- PS : Peso seco (kg)
- DMC : Diámetro medio de copa (m)
- Ac : Altura de copa (m)

Del análisis de lo anterior es posible concluir que las funciones permiten hacer buenas estimaciones del peso seco de la masa forrajera. El modelo para estimar el peso seco de *Acacia saligna* está afecto a errores de alrededor del 5 %, lo que se considera satisfactorio para este tipo de funciones.

$$PS = 0.29465 * (DMC^{AC})^{0.814402}$$

Cuadro 2. Valores reales y estimados de peso seco

PESO SECO REAL	ESTIMADO $Y=f(\text{DMC}^{\wedge}\text{AC})$ Multiplic.	ESTIMADO $Y=f(\text{DMC}^{\wedge}\text{AT})$ Multiplic.	ESTIMADO $Y=f(\text{DMC}^* \text{AC})$ Exponen.
4,86	5,49	5,64	6,57
4,63	4,22	3,54	4,42
3,66	3,69	3,70	3,86
2,01	2,08	2,65	2,04
2,02	2,13	1,88	2,08
3,75	3,11	2,93	3,25
1,41	1,18	1,22	1,07
1,41	0,85	0,89	0,75
1,10	0,95	0,98	0,84
0,33	0,32	0,32	0,46
0,33	0,41	0,42	0,43
0,30	0,34	0,34	0,36
0,98	1,03	0,99	1,01
2,80	2,38	2,89	2,48
0,90	1,31	1,37	1,20
0,81	0,62	0,60	0,65
1,47	1,77	1,40	1,68
1,29	1,14	1,23	1,02
0,48	0,82	0,82	0,76
0,62	0,64	0,62	0,60
0,44	0,36	0,35	0,43
0,22	0,48	0,46	0,49
0,49	0,42	0,43	0,43
0,90	0,55	0,52	0,53
0,61	0,40	0,38	0,42
0,41	0,41	0,41	0,39
0,40	0,50	0,59	0,42
0,43	0,38	0,40	0,35
0,37	0,26	0,26	0,30
0,28	0,33	0,35	0,30
0,33	0,32	0,32	0,33
0,30	0,35	0,35	0,33
0,21	0,26	0,26	0,31



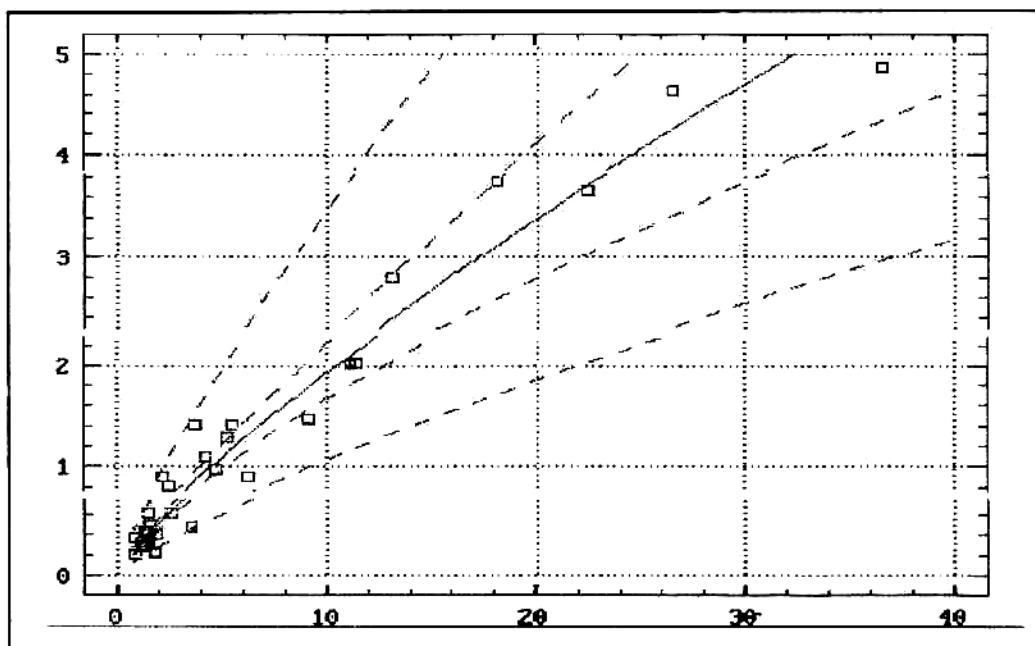


Figura 1. Modelo seleccionado: Peso seco en kg/ha versus  $DMC^{AC}$

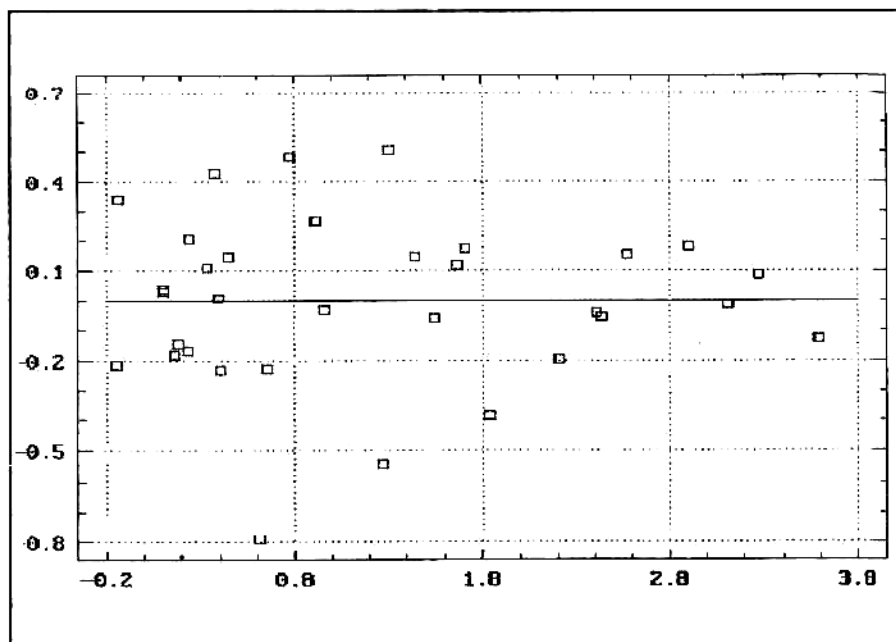


Figura 2. Ploteo de los residuos.

### Estimación de la producción de Forraje

Realizando un inventario de la plantación se desarrolló una tabla de frecuencia según

estrato a la cual se aplicó la función de producción obtenida en el punto anterior. obteniéndose la producción total de materia

seca forrajera del rodal estudiado. Los resultado se presentan en el Cuadro 3:

Cuadro 3: Estimación de producción de forraje

ESTRATO	N° DE ARBOLES	DMC(m)	AC (m)	PS (MODELO) (KG.)
A	76	3,10	2,99	351,39
B	136	2,95	2,44	345,33
C	209	2,24	1,83	205,78
D	98	1,17	1,65	35,56
TOTAL	519			938,06

### Análisis Bromatológico

La calidad forrajera de las distintas estratas muestreadas no presentan diferencias significativas. El contenido de proteína total y verdadera es sólo regular, fluctuando entre 10 a 12% y 9 a 11 % respectivamente

(Cuadro 4) en comparación con lo observado en *Atriplex nummularia* cuyo porcentaje de proteínas varían entre 15 a 18%. La digestibilidad de la materia seca promedio es de 40,23 %, considerada regular si se tiene en cuenta que una buena digestibilidad debe ser superior al 60%.

Cuadro 4. Resultados de análisis Bromatológico:

MUESTRA	PROTEINA TOTAL %	PROTEINA VERDADERA %	CENIZAS %	F.D.A. %	DMS %	D %	E.M. (Mcal/Kg)
A	11,9	9,4	13,3	27,8	44,9	31,7	1,31
B	12,9	10,7	9,6	30,2	37,9	29,3	1,23
C	10,4	8,9	11,8	26,9	37,9	29,6	1,24

FDA : Fibra detergente Ácida

DMS : Digestibilidad de la Materia Seca

D : Cantidad de materia orgánica digestible en relación al total de materia seca.

EM : Energía metabolizable:  $D \cdot 0.0325 + 0.279$  (U. Austral) en ovinos.

Producto de las características particulares del rodal y del sitio (plantación de 4 años de edad con un alto componente leñoso, establecida con fines dendroenergéticos) las cifras obtenidas indican que la plantación posee una calidad de forraje regular. Sin embargo, es importante señalar que estos análisis *in vitro* se realizan con líquido ruminal de ovinos, por lo cual se esperaría un aumento de la digestibilidad en caprinos. Por otro lado, sería interesante evaluar la calidad nutricional de la especie en plantaciones destinadas a la producción de forraje, favoreciendo a través de intervenciones silviculturales el desarrollo foliar.

Es necesario además, evaluar el efecto de la suplementación de *Acacia saligna* en la ganancia de peso y la producción de leche. Actualmente, en forma conjunta INFOR-INIA Los Vilos, se está llevando a cabo una investigación destinada a determinar la influencia de la alimentación suplementaria con esta especie en la producción de leche del ganado caprino con un productor que obtiene el suplemento de la misma plantación analizada en este estudio.

#### BIBLIOGRAFIA

- CATIE, 1984. Especies para leña. Arbustos y árboles para la producción de energía, Costa Rica. 17 p.
- COMITE MAB-Chile, 1986. Ecosistemas pastorales de la zona mediterránea de Chile. Proyecto UNESCO-MAB. Vol I. Uruguay, Montevideo. 475 p.
- DI CASTRI, F. y HAJEK, E., 1976. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile, Santiago. 128 p.
- FUENZALIDA, F., 1965. Suelos Cap. VI. En: Geografía Económica de Chile, CORFO, Santiago, p. 200-226.
- INFOR-CORFO, 1994. Estadísticas Forestales 1994. Boletín Estadístico N° 31, Instituto Forestal 101 p.
- KANDEEL, S.A.E ED., 1994. Silviculture of protection forestry in arid regions and the agroforestry potential. Proceeding of the first international symposium. Egipto. 279 p.
- PAF, 1993. Comisión de Desarrollo Rural. IV Región. Plan de Acción Forestal, Chile.
- PEÑA, A. 1978. Estudio de la propagación vegetativa en las especies *Acacia cyanophylla* Lindl., *Atriplex repanda* Phil. y *Atriplex nummularia* Lindl. Santiago, Chile, Universidad de Chile. Facultad de Recursos Naturales. 120 p.
- ROVIRA, P., 1984. Geografía de Chile, Tomo V. Geografía de los Suelos. Instituto Geográfico Militar, Santiago. 177 p.
- VITA, A. 1989. Ecosistemas de bosque y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. Santiago, Chile. Documento de trabajo N 21. Proyecto CONAF/PNUD/FAO. 243 p.