

## Comparación de diferentes manejos forestales



Se realizaron los cálculos para analizar la inversión forestal en tres situaciones forestales contrastantes:

- 1- Manejo forestal con venta de madera de calidad
- 2- Manejo forestal con venta de madera con destino a Biomasa
- 3- Manejo silvopastoril con venta de madera de calidad.

Cuando se hace referencia a madera de calidad debe entenderse que el destino es como madera para laminado o aserrado, no como biomasa.

El manejo silvopastoril es aquel donde deliberadamente se diseña y manejan los árboles para permitir el pastoreo de los animales.

El trabajo está compuesto por tres partes: La definición del manejo forestal de cada uno de los sistemas, la estimación del crecimiento con el soporte de un simulador forestal y el cálculo de los indicadores financieros y económicos de la inversión.

### Producción de Biomasa

El modelo considera la plantación inicial de 1000 árboles por hectárea, una sobrevivencia alta del 90% y sin ninguna intervención de raleos ni podas. Se utilizan clones por la velocidad de crecimiento y homogeneidad.

Se realizaron distintas simulaciones de crecimiento con tres Índices de Sitio (IS) 25, 30 y 35. (Altura que tendrán los mejores 100 árboles/ha a los 7 años). Se utilizó el simulador de EMBRAPA Brasil, SisEuca.

En el siguiente ejemplo se presenta el resultado de una simulación de un manejo para Biomasa con un IS (Índice de Sitio) 25

Edad	Alt. Dominante m.	Árb/ha	Diámetro Médio cm.	Alt. Media m.	Área Basal m <sup>2</sup> /ha	Volumen Total m <sup>3</sup> /ha	I.M.A. m <sup>3</sup> /ha/año
2	10,1	900	7,1	8,9	3,6	12,4	6,2
3	14,5	900	10,4	12,8	7,6	37,9	12,6
4	17,9	899	12,6	15,8	11,3	69,4	17,3
5	20,7	898	14,3	18,2	14,4	102,4	20,5
6	23	896	15,6	20,3	17	134,7	22,4
7	25	893	16,6	22	19,3	165,3	23,6

El producto final al turno de corte con destino a biomasa (en este caso el simulador desagrega por destino según el diámetro en la punta fina, pero se detina todo a biomasa). En este ejemplo la suma de 58,8 + 102,7 m<sup>3</sup>/ha.

Clases DAP	árb/ha	Altura media	Volume Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
10,0-12,0	1	19,8	0,1	0	0	0,1
12,0-14,0	55	20,8	6,4	0	0	6
14,0-16,0	298	21,5	45,4	0	0	44,2
16,0-18,0	376	22	73	0	33,3	38,3
18,0-20,0	146	22,5	35,3	0	21,8	12,9
20,0-22,0	17	22,8	5,1	0	3,8	1,2
Total		22	165,3	0	58,8	102,7

Si el manejo para biomasa con un suelo con IS fuese 30 el resultado sería:

Edad	Alt. Dominante m.	Árb/ha	Diámetro Médio cm.	Alt. Media m.	Área Basal m <sup>2</sup> /ha	Volumen Total m <sup>3</sup> /ha	I.M.A. m <sup>3</sup> /ha/año
2	12,2	900	8,7	10,7	5,3	22,3	11,2
3	17,4	899	12,3	15,3	10,7	64	21,3
4	21,5	897	14,7	19	15,3	113,3	28,3
5	24,8	894	16,5	21,9	19,1	163,3	32,7
6	27,6	890	17,8	24,4	22,2	211,1	35,2
7	30	885	18,9	26,5	24,7	255,5	36,5

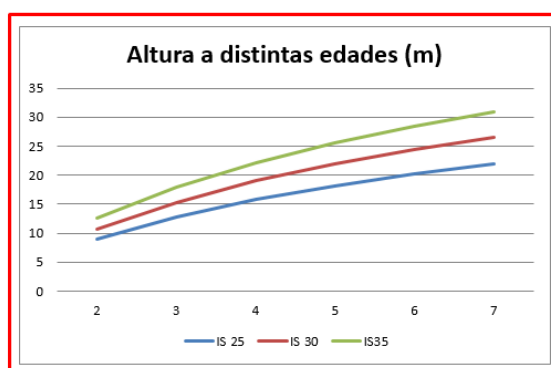
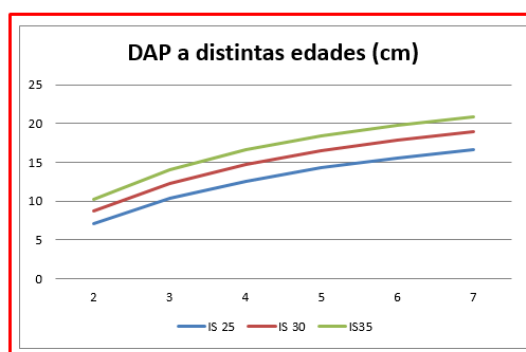
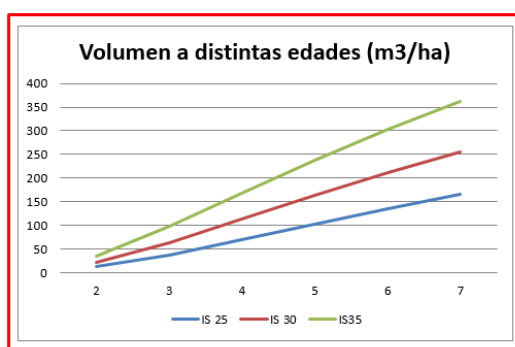
Clases DAP	árb/ha	Altura media	Volume Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
14,0-16,0	39	25	7,2	0	1,6	5,3
16,0-18,0	260	25,9	61,1	0	24,4	34,9
18,0-20,0	378	26,5	110,4	0	74,4	33,4
20,0-22,0	177	27,1	63,2	0	49	13,7
22,0-24,0	30	27,5	12,7	2,7	8,3	1,7
24,0-26,0	2	27,9	0,8	0,4	0,3	0,1
Total		26,5	255,5	3,1	158	89,2

En un manejo para biomasa con un muy buen suelo forestal con un IS 35, el simulador forestal nos indica como valores probables:

Edad	Alt. Dominante m.	Árb/ha	Diámetro Médio cm.	Alt. Media m.	Área Basal m <sup>2</sup> /ha	Volumen Total m <sup>3</sup> /ha	I.M.A. m <sup>3</sup> /ha/año
2	14,2	899	10,2	12,5	7,3	35,7	17,9
3	20,3	898	14,1	17,9	13,9	97,4	32,5
4	25,1	895	16,6	22,2	19,4	167,7	41,9
5	29	890	18,4	25,6	23,7	237,2	47,4
6	32,2	886	19,8	28,5	27,2	302,2	50,4
7	35	881	20,8	31	29,9	361,6	51,7

Clases DAP	árb/ha	Altura media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
16,0-18,0	40	29,3	11,2	0	4	7
18,0-20,0	269	30,3	92,2	0	56,3	34,6
20,0-22,0	372	31,1	155,2	29	94,7	29,7
22,0-24,0	168	31,7	84,3	28,5	38	16,6
24,0-26,0	29	32,1	17,3	8,1	6,7	2,4
26,0-28,0	2	32,6	1,3	0,9	0,3	0,1
Total		31	361,6	66,4	200	90,4

La figura de abajo compara el crecimiento de la forestación destinada a producir madera para biomasa en tres suelos diferentes. Índices de Sitio 25, 30 y 35.



### Producción Forestal con destino a Aserrío o laminado

En el siguiente ejemplo se simuló el crecimiento de una plantación con destino forestal, iniciando con una densidad de 625 árb/ha con un raleo comercial al año 6 y turno de corte a los 12 años.

En un manejo con destino a madera para aserrío, el crecimiento y rendimientos del raleo y tala rasa en un suelo con IS 25 se muestra en los cuadros siguientes:

Edad	Alt. Dominante	Árboles/Ha	Diámetro Médio	Alt. Media	Área Basal	Volumen Total	I.M.A. (m3/ha/año)
2	10,1	562	7,7	9	2,6	9,2	4,6
3	14,5	562	11,5	12,9	5,9	29,5	9,8
4	17,9	562	14,2	15,9	8,9	55,3	13,8
5	20,7	562	16,2	18,4	11,6	82,9	16,6
6	23	562	17,7	20,4	13,9	110,4	18,4
7	25	300	21,2	23	10,5	94,6	19,8
8	26,7	300	22,8	24,6	12,3	117,4	20,1
9	28,2	300	24,2	25,9	13,7	138,5	20,2
10	29,6	300	25,3	27	15	158	20,2
11	30,8	300	26,2	27,9	16,2	176,1	20
12	31,9	299	27	28,8	17,2	192,8	19,7

Rendimiento en el raleo comercial - Año 6						
Clases DAP	Árb/ha	Altura Media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energía
12,0-14,0	7	19,3	0,7	0	0	0,7
14,0-16,0	88	19,8	12,6	0	0	12,1
16,0-18,0	130	20,2	22,3	0	10,9	10,8
18,0-20,0	34	19,2	7,2	0	4,9	2,1
20,0-22,0	3	19,7	0,9	0	0,6	0,3
Totais		20,2	43,7	0	16,4	26

Rendimiento al turno de corte - 12 años						
Clases DAP	Árb/ha	Altura Media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energía
24,0-26,0	53	26,7	28,7	15,5	9,5	3,3
26,0-28,0	195	28,7	124,8	79,3	33,7	10,5
28,0-30,0	49	30	37,3	26,9	6,1	4
30,0-32,0	2	30,8	2,1	1,7	0,3	0,1
Total		28,8	192,8	123,4	49,6	17,9

El crecimiento de una plantación con destino aserrío, con un IS 30 sería:

Edad	Alt. Dominante	Árboles/Ha	Diámetro Médio	Alt. Media	Área Basal	Volumen Total	I.M.A. (m3/ha/año)
2	12,2	562	9,6	10,8	4	17	8,5
3	17,4	562	13,8	15,5	8,4	50,9	17
4	21,5	562	16,7	19,1	12,4	92,2	23
5	24,8	562	18,8	22,1	15,7	134,9	27
6	27,6	561	20,4	24,6	18,4	176,5	29,4
7	30	300	24	28,1	13,5	148,5	31,3
8	32,1	300	25,6	30	15,5	181,2	31,5
9	33,9	300	27	31,6	17,1	211,2	31,3
10	35,5	300	28,1	33	18,6	238,6	30,9
11	36,9	299	29	34,2	19,8	263,8	30,4
12	38,2	299	29,8	35,3	20,8	286,8	29,8

Rendimiento en el raleo comercial - Año 6

Clases DAP	Árb/ha	Altura Media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
14,0-16,0	2	23	0,3	0	0	0,3
16,0-18,0	46	23,7	10,1	0	4,3	5,4
18,0-20,0	158	24,2	42	0	24,4	17,1
20,0-22,0	49	23,5	15,6	0	11,4	3,8
22,0-24,0	6	24	2,4	0,6	1,4	0,3
Totais		24,4	70,4	0,6	41,6	26,9

Rendimiento al turno de corte - 12 años

Clases DAP	Árb/ha	Altura Media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
26,0-28,0	1	30,4	0,6	0,4	0,2	0,1
28,0-30,0	191	34,2	174,5	130,8	32,7	9,9
30,0-32,0	103	36,1	107,5	86	12,5	8,4
32,0-34,0	3	37	4,1	3,5	0,4	0,2
Total		35,3	286,8	220,7	45,7	18,5

Con un IS 35 los resultados de un manejo para aserrío, serían:

Edad	Alt. Dominante	Árboles/Ha	Diámetro Médio	Alt. Media	Área Basal	Volumen Total	I.M.A. (m3/ha/año)
2	14,2	562	11,3	12,6	5,6	27,7	13,9
3	20,3	562	15,9	18,1	11,2	78,8	26,3
4	25,1	562	19	22,3	15,9	138,6	34,6
5	29	561	21,2	25,8	19,8	199	39,8
6	32,2	560	22,8	28,7	22,9	256,6	42,8
7	35	300	26,3	33,2	16,3	211,8	45
8	37,4	300	28	35,4	18,4	254,6	44,7
9	39,5	300	29,3	37,3	20,2	293,4	44,1
10	41,4	300	30,3	39	21,6	328,6	43,2
11	43,1	300	31,2	40,4	22,9	360,6	42,2
12	44,6	299	31,9	41,7	24	389,7	41,1

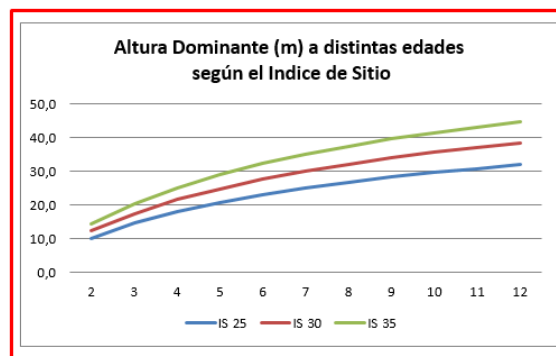
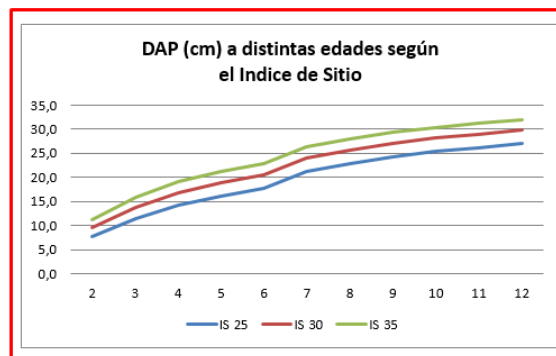
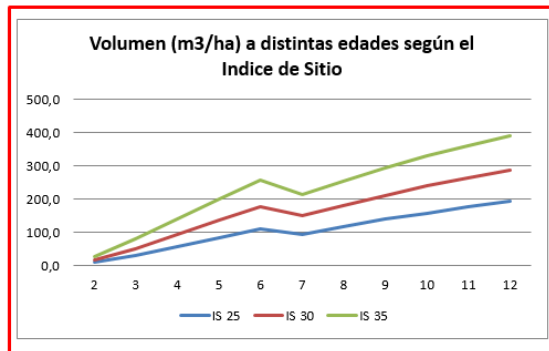
Rendimiento en el raleo comercial - Año 6

Clases DAP	Árb/ha	Altura Media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
16,0-18,0	1	26,6	0,1	0	0,1	0,1
18,0-20,0	28	27,6	9,1	0	6	3
20,0-22,0	166	28,2	64,5	0	48,6	15
22,0-24,0	60	28,8	26,5	9,7	12,5	4
24,0-26,0	5	28,4	2,7	1,4	0,9	0,4
Totais		28,5	103,1	11,1	68	22,6

Rendimiento al turno de corte - 12 años

Clases DAP	Árb/ha	Altura Media	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
30,0-32,0	180	40	225,8	183,9	23,1	18,2
32,0-34,0	118	42,3	162,4	137,1	14,2	10,8
34,0-36,0	1	43,3	1,5	1,4	0,1	0,1
Total		41,7	389,7	322,4	37,3	29

En los gráficos siguientes se comparan los crecimientos de un manejo para aserrío en distintos IS:



### Manejo Silvopastoril

El modelo que se utilizó para hacer correr el simulador fue: Densidad inicial de 400 árboles/ha con un diseño de callejones dobles, separados a 5 metros entre hileras, 2,5 metros entre plantas y los

líneos dobles separados con un callejón de 15 metros. El turno de corte será de 10 años con un raleo comercial al quinto año. El objetivo de este manejo es mantener un equilibrio entre la producción forestal y ganadera.

En los cuadros de abajo se observan los crecimientos y rendimientos de un manejo silvopastoril en un suelo con IS 25:

Edad	Alt. Dominante	Árboles/ha	Diámetro medio	Altura media	Área Basal	Volumen Total	I.M.A.
2	10,1	360	8,9	9	2,3	8	4
3	14,5	360	13,7	12,9	5,3	26,9	9
4	17,9	360	17,1	16	8,3	51,8	12,9
5	20,7	360	19,7	18,5	10,9	78,6	15,7
6	23	200	25,7	21,4	10,3	86,1	19,4
7	25	200	28,3	23,2	12,6	113,4	20,5
8	26,7	200	30,3	24,7	14,4	138,5	21,1
9	28,2	200	31,9	26	15,9	161,4	21,3
10	29,6	200	33,2	27,1	17,3	182,4	21,2

Rendimiento del raleo comercial - Año 5						
Clases DAP	Árb/ha	Altura Média	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energía
14,0-16,0	6	17,8	0,8	0	0	0,7
16,0-18,0	59	18	9,8	0	3	6,4
18,0-20,0	71	18,3	13,8	0	7,3	6
20,0-22,0	21	17,3	5	0	3,7	1,2
22,0-24,0	3	17,6	0,7	0,2	0,3	0,2
Totais		18,2	30,1	0,2	14,3	14,5

Rendimiento en la tala rasa - Año 10						
Clases DAP	Árv/ha	Altura Média	Volume Total	Serraria II	Serraria I	Energía
28,0-30,0	1	24,1	0,4	0,3	0,1	0
30,0-32,0	39	25,6	30,2	24,3	4,4	1,3
32,0-34,0	111	26,7	99,9	78,1	15,3	6,3
34,0-36,0	45	27,6	46,6	39,9	3,1	3,4
36,0-38,0	4	28,2	5,1	4,3	0,6	0,2
Total		27,1	182,4	146,8	23,5	11,2

Manejo silvopastoril en un suelo con IS 30:

Edad	Alt. Dominante	Árboles/ha	Diámetro medio	Altura media	Área Basal	Volumen Total	I.M.A.
2	12,2	360	11,2	10,9	3,6	15,1	7,6
3	17,4	360	16,6	15,5	7,8	47,5	15,8
4	21,5	360	20,3	19,2	11,7	87,6	21,9
5	24,8	360	23	22,2	14,9	129,3	25,9
6	27,6	200	28,9	26	13,2	133,6	30,6
7	30	200	31,4	28,2	15,5	170,9	31,6
8	32,1	200	33,3	30,1	17,4	204,3	31,8
9	33,9	200	34,8	31,6	19	234,3	31,6
10	35,5	200	35,9	33	20,3	261,3	31,1

Rendimiento del raleo comercial - Año 5						
Clases DAP	Árb/ha	Altura Média	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
16,0-18,0	1	21,2	0,1	0	0,1	0,1
18,0-20,0	17	21,6	4,2	0	2,7	1,5
20,0-22,0	90	21,9	27,2	0	20,9	6
22,0-24,0	40	21	13,9	3,7	7,3	2,6
24,0-26,0	11	21,3	4,4	2,1	1,9	0,4
26,0-28,0	1	21,6	0,4	0,3	0,1	0
Totais		22	50,2	6	32,9	10,6

Rendimiento en la tala rasa - Año 10						
Clases DAP	Árb/ha	Altura Média	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
32,0-34,0	4	29	3,8	3,1	0,5	0,1
34,0-36,0	107	31,9	131,9	113,3	13,1	5,2
36,0-38,0	82	33,6	114,6	102,6	5,3	6
38,0-40,0	7	34,5	10,8	9,6	0,9	0,3
Total		33	261,3	228,7	19,7	11,7

El crecimiento de una plantación con manejo silvopastoril en un suelo de buena calidad, IS 35 se presenta en el cuadro siguiente:

Edad	Alt. Dominante	Árboles/ha	Diámetro medio	Altura media	Área Basal	Volumen Total	I.M.A.
2	14,2	360	13,4	12,7	5,1	25,3	12,6
3	20,3	360	19,3	18,1	10,5	74,5	24,8
4	25,1	360	23,2	22,4	15,2	132,8	33,2
5	29	360	25,9	25,9	19	191,7	38,3
6	32,2	200	31,5	30,7	15,6	186,6	43,6
7	35	200	33,8	33,3	17,9	232,6	43,9
8	37,4	200	35,5	35,4	19,8	273	43,5
9	39,5	200	36,8	37,3	21,2	308,6	42,6
10	41,4	200	37,8	38,9	22,4	340,2	41,5



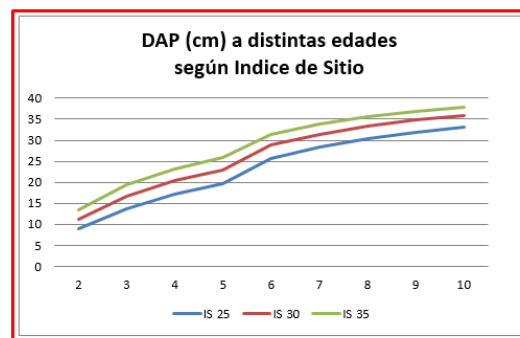
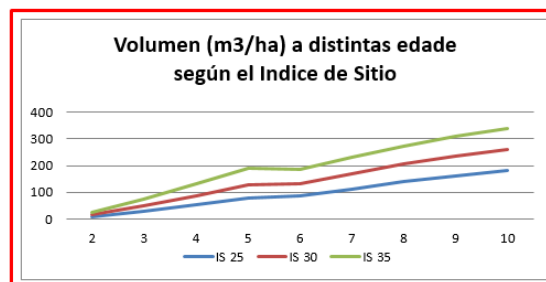
Rendimiento del raleo comercial - Año 5

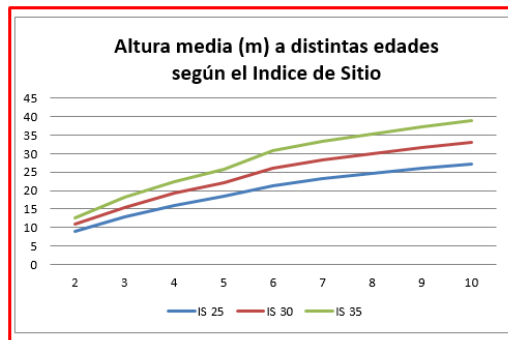
Clases DAP	Árb/ha	Altura Média	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
20,0-22,0	4	25	1,6	0	1,1	0,4
22,0-24,0	52	25,4	21,8	4,9	12,7	4
24,0-26,0	83	25,7	39,7	15,9	19,3	4,1
26,0-28,0	19	25,1	10,7	6,1	3,6	1
28,0-30,0	2	25,5	1,1	0,8	0,2	0,1
Totais		25,7	75	27,7	36,9	9,6

Rendimiento en la tala rasa - Año 10

Clases DAP	Árb/ha	Altura Média	Volumen Total	Aserrado II	Aserrado I	Energia
36,0-38,0	132	37,8	217	194,6	15,4	6,5
38,0-40,0	67	39,5	120,9	111,4	4	5,3
40,0-42,0	1	40,3	2,1	1,9	0,1	0,1
Total		38,9	340,2	307,8	19,6	11,8

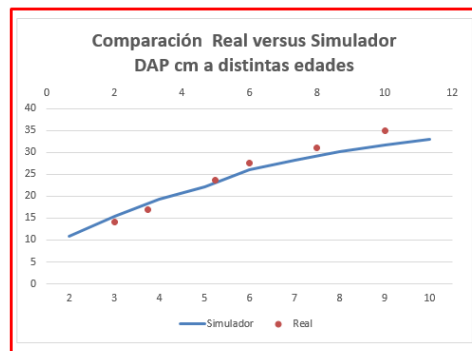
Las curvas de producción y mediciones de variables como DAP y Altura de los diferentes IS se observan a continuación:





Los valores mostrados sirven para tener una orientación y controlar las curvas de crecimiento con lo que realmente ocurre en nuestras plantaciones. De esa manera a medida que aumente la base de datos con información, se podrá ajustar la curva de crecimiento y definir los Índice de Sitios para las distintas situaciones.

Edad	Simulador	Real
2	10,9	14
3	15,5	17
4	19,2	
5	22,2	23,7
6	26	27,5
7	28,2	
8	30,1	31
9	31,6	
10	33	35



Finalmente es importante recordar una serie de conceptos:

Generalmente cuando se busca producir madera de calidad es necesario realizar podas y raleos para aprovechar la mayor cantidad de madera clear o libre de nudos. Producir madera podada y fina no suele ser buen negocio.

La mayor producción por hectárea se obtiene con la producción con destino a biomasa ya que no existen raleos y la competencia es únicamente entre los árboles de la plantación. En manejos con destino a aserraderos o laminadoras existe un subaprovechamiento del suelo desde el punto de

vista del máximo crecimiento, ya que se prioriza el diámetro antes que el volumen total. Lograr un adecuado equilibrio entre estas dos variables (diámetro y volumen) es un buen objetivo.

En los sistemas silvopastoriles se produce entre un 30 y 35% menos de madera que en un manejo forestal con destino a aserraderos, pero tiene como ventaja: la producción complementaria de carne, el mayor crecimiento de los árboles, la disminución del riesgo de incendios forestales y el mejor uso del recurso financiero cuando las hectáreas no son un factor limitante.

No existe un único manejo ideal, pueden combinarse distintos modelos productivos teniendo en cuenta los recursos financieros, la calidad del suelo y el acceso a los mercados. Muchas veces no se realiza el manejo más recomendado desde el punto de vista técnico por dar mayor importancia a alguna otra variable financiera, económica, empresarial, ambiental o social.

Ing.Agr. Jorge Esquivel - 2020