

# MF013 MANEJO FORESTAL II

NIVEL	:	PREGRADO
CARRERA	:	INGENIERÍA FORESTAL
CARÁCTER	:	OBLIGATORIO
SEMESTRE	:	2 / 2008
REQUISITOS	:	MF012, MANEJO I
PROFESOR RESPONSABLE	:	HORACIO BOWN
E-MAIL	:	hborn@uchile.cl
Fono	:	978 5872

U-CURSOS  
[www.u-cursos.cl](http://www.u-cursos.cl)

Avisos, Pruebas, mails, lecturas, cátedras, software y links

# Instrumentalización de un uso múltiple y sustentable de recursos forestales mediante modelos estratégicos de planificación

**Horacio Bown<sup>1</sup> y Salvador Gezán<sup>2</sup>**

*Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Universidad de Chile<sup>1</sup>  
CEFOR, Universidad Austral de Chile<sup>2</sup>*

- En nuestro entorno económico, social y ambiental actual, los recursos naturales y físicos de nuestro país, se encuentran cada vez con mayores presiones de uso y desarrollo.
- Como resultado de ello, observamos una mayor preocupación por el ambiente y un aumento en el número y complejidad de los conflictos ambientales.
- Estos conflictos surgen como resultado, de las diferentes perspectivas de uso y de valores de los distintos actores sociales, en relación con el uso y desarrollo de los recursos naturales

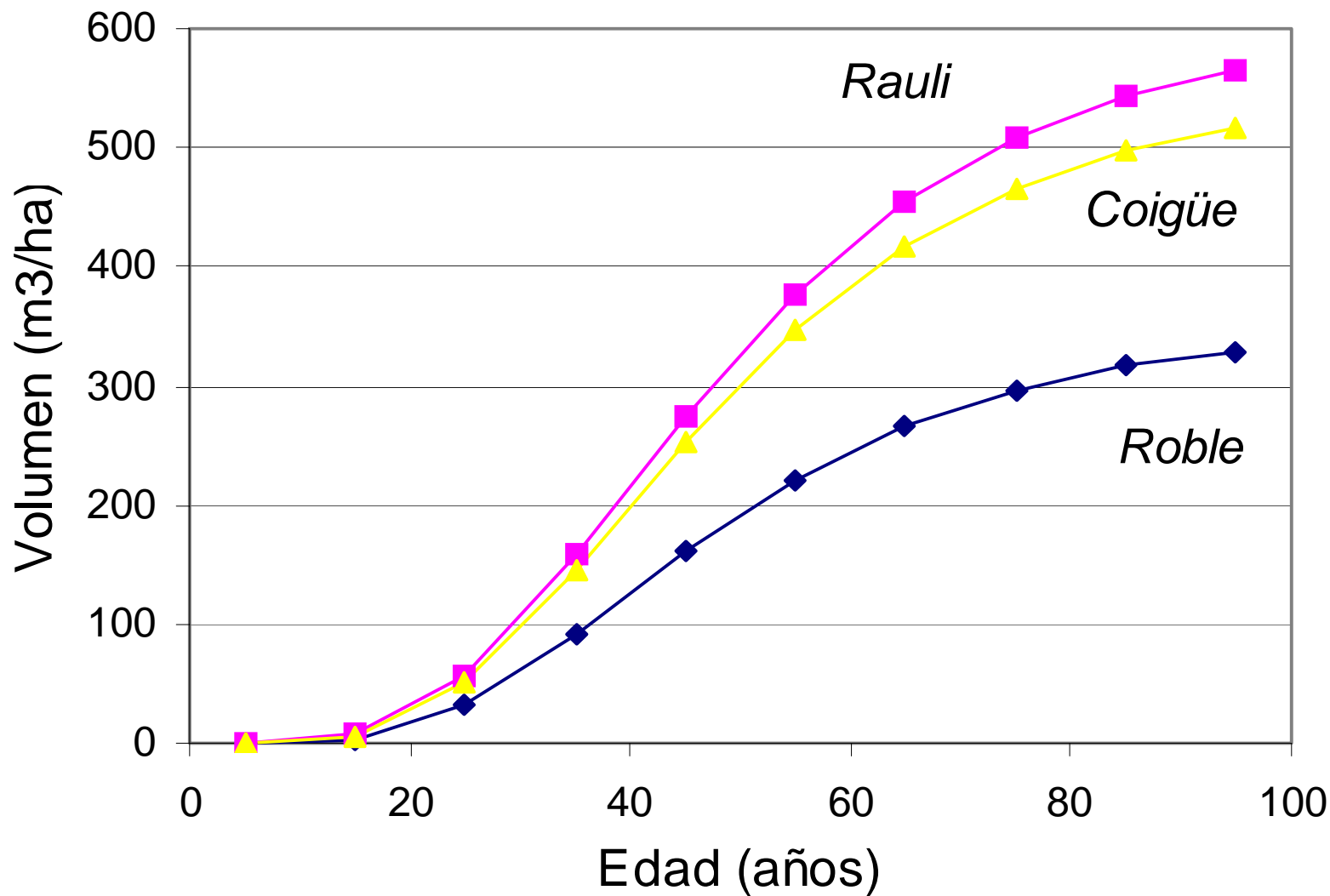
- De manera que, el manejo de los recursos naturales, hoy en día, es en gran parte acerca de la resolución de conflictos, transando y alcanzando acuerdos entre las partes involucradas.
- La condición de sustentabilidad viene dada por una tasa de cambio positiva, al considerar un horizonte de planificación relativamente largo
- En la actualidad, las herramientas de planificación en el ámbito forestal de Chile dan cuenta de objetivos económicos, con una escasa o nula participación de objetivos sociales o ambientales.
- El objetivo es proponer un modelo de planificación que considere objetivos económicos, sociales y ambientales; aplicando dicha metodología en un caso de estudio.

# MATERIAL Y MÉTODO

- Se propone un modelo para la programación del manejo de bosques, considerando múltiples objetivos y restricciones económicas, sociales y ambientales (de flujo no decreciente).
- Se desarrolló un caso de estudio considerando un patrimonio de 15.000 ha formado por tres croptypes de Roble, Raulí y Coigüe, ubicados en la Comuna de Panguipulli, Provincia de Valdivia en Chile.

<i>Macro-rodal</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Clase de Edad (años)</i>	<i>Rendimiento Hipotético Bertallanfi (Chapman-Richards) (m<sup>3</sup>/ha)</i>
<i>Roble</i>	5100	30-40	$Y = 350 (1 - e^{-0.05 x})^7$
<i>Raulí</i>	8100	20-30	$Y = 600 (1 - e^{-0.05 x})^7$
<i>Coigüe</i>	1800	40-50	$Y = 550 (1 - e^{-0.05 x})^7$

## Curvas de Rendimiento Hipotético



- Las alternativas de uso de cada hectárea fueron divididas en dos métodos silviculturales alternativos y tres niveles de dispersión en superficie.
- Así, se estableció que cada hectárea puede ser manejada de acuerdo a:
  1. Talarrasa
  2. Cortas de protección
- y éstas pueden ser realizadas en:
  1. grandes superficies ( >50 ha )
  2. medianas superficies ( 25-50 ha )
  3. pequeñas superficies ( <25 ha )

- Los regímenes alternativos se generaron de menor a mayor intensidad silvícola, y se asignaron valores económicos, sociales y ambientales a cada uno de ellos.

<i>Método de Regeneración</i>	<i>de Extensión</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Costo Cosecha (u.m./m3)</i>	<i>Rendimiento /Jornada (m3/j)</i>	<i>Pérdida de Suelos (Factor C en %)</i>
<i>Talarrasa</i>	>50 ha	1	0,10	40	90
	25-50 ha	2	0,15	35	80
	<25 ha	3	0,20	30	70
<i>Cortas de Protección</i>	>50 ha	4	0,30	20	50
	25-50 ha	5	0,45	15	40
	<25 ha	6	0,60	10	30

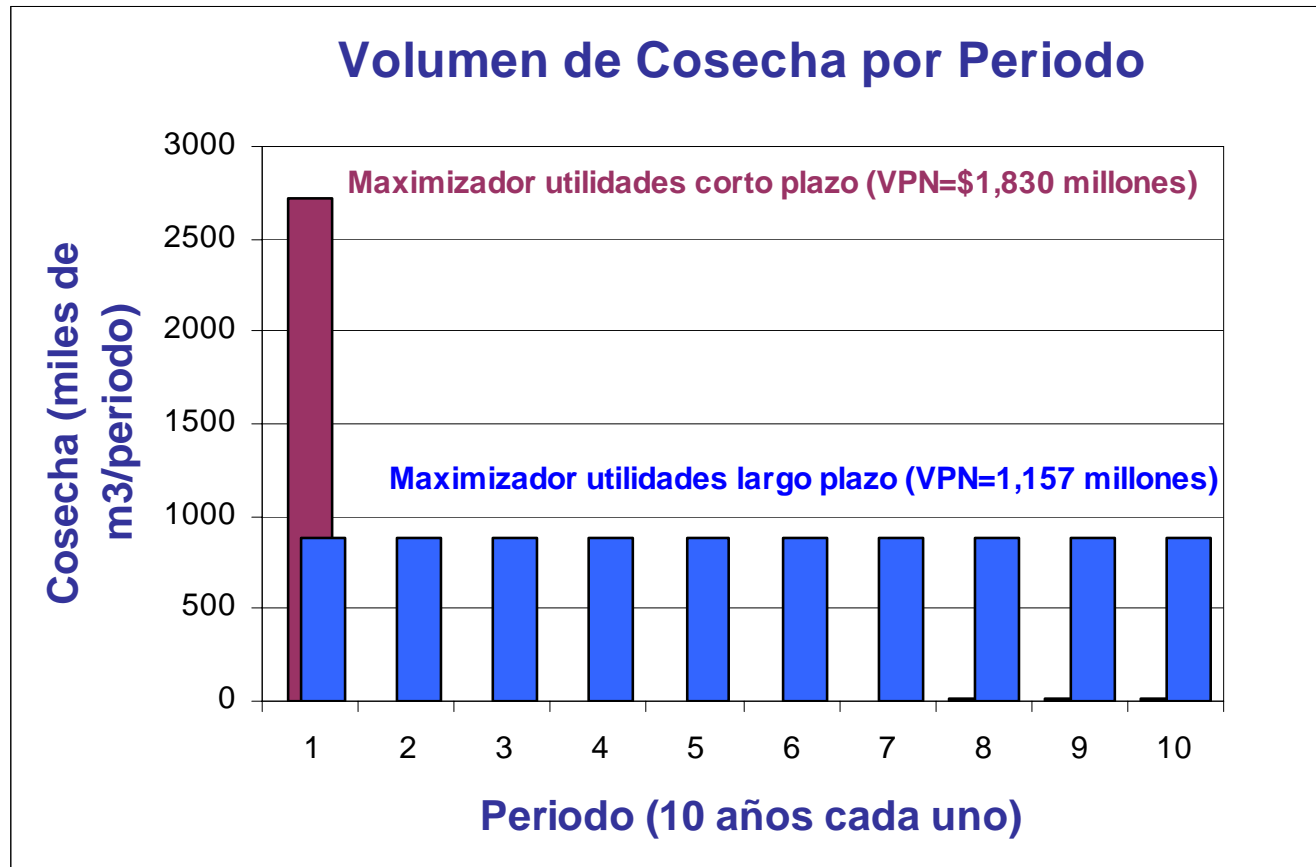


- El objetivo económico se representó por el Valor Presente Neto (VPN) considerando:
  1. Tasa de descuento de 7 % p.a.
  2. Costos de cosecha diferenciales
  3. Se extrae un 70 % del volumen en Cortas de Protección
- Como indicador del valor social del bosque se consideró el nivel de empleo a través de las jornadas de trabajo requeridas para operacionalizar el manejo del bosque
- El valor ambiental del bosque se relacionó con la pérdida de suelos

- La función de pérdida de suelos fue instrumentalizada, como la sumatoria de los productos entre la superficie cosechada y los factores de cobertura hipotéticos de la USLE.
- El modelo fue corrido para un horizonte de planificación de cien años, agregando el tiempo en periodos de diez años.
- Se analizaron siete escenarios considerando los perfiles de diferentes tomadores de decisiones.
- El perfil fue definido por el peso relativo que cada tomador de decisiones asignó a los objetivos económicos, sociales y ambientales.
- El objetivo ambiental fue representado a través de un índice de pérdida de suelos basado en el factor de cobertura de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos.
- De esta forma, se determinó el nivel de logro para cada objetivo respecto del ideal para cada perfil de tomador de decisiones.

# RESULTADOS

- Quien toma decisiones orientado a maximizar utilidades, optaría por talar completamente el bosque en el primer periodo, utilizando como método la talarrasa en grandes superficies.



- Obtendría \$ 1.830.000, considerando una tasa de descuento del 7 %. Esta opción obviamente no resulta aceptable desde la perspectiva del manejo sustentable de los bosques
- Si establecemos restricciones de flujo no decreciente en volumen cosechado, se obtendría \$ 1.156.684
- Quien toma decisiones orientado a maximizar la función ambiental, considerando la mínima pérdida de suelos, prohibiría la cosecha de cualquier superficie en cualquier periodo.
- De no ser posible, dilataría la cosecha hasta el final del horizonte de planificación y la realizaría utilizando métodos silviculturales que dieran cuenta de un alto valor ambiental
- Muy por el contrario, el mayor daño ambiental se produciría al cosechar toda la superficie a talar en el primer periodo (3.888.000 unidades de pérdida de suelos = máxima penalidad).

- Quien toma decisiones orientado a maximizar la función social (e.g. empleo), está interesado en maximizar la cantidad posiciones de trabajo asegurando su continuidad en el tiempo.
- La presentación de los escenarios anteriores, deja en evidencia que los objetivos económicos, sociales y ambientales no trabajan en la misma dirección.
- Entonces, si queremos resolver conflictos se debe alcanzar compromisos entre los objetivos involucrados, de manera de poner gente, valores e intereses a trabajar.

## Valores Máximos

<b>Función Económica VPN</b>	<b>=</b>	<b>\$ 1,156 millones</b>
<b>Función Social</b>	<b>=</b>	<b>640.158 jornadas</b>
<b>Función Ambiental</b>	<b>=</b>	<b>0 u. de pérdida de suelos</b>

- Estos valores corresponden a los máximos alcanzables para cada una de estas funciones
- Cualquier solución que considere los tres objetivos simultáneamente, resulta ser un compromiso con valores inferiores a los alcanzados cuando se considera sólo uno de ellos.
- La formulación MINMAX minimiza la máxima diferencia porcentual entre el logro actual y el ideal de un objetivo determinado.

*Min v*

*st*

$$\text{F.O. Económica} \quad + \quad (1.156.000 /w1) v \quad \geq \quad 1.156.000$$

$$\text{F.O. Social} \quad + \quad ( 640.158 /w2) v \quad \geq \quad 640.158$$

$$\text{F.O. Ambiental} \quad - \quad (3.888.000 /w3) v \quad \leq \quad 0$$

+

*Restricciones Estructurales*

+

*Restricciones de Flujo*

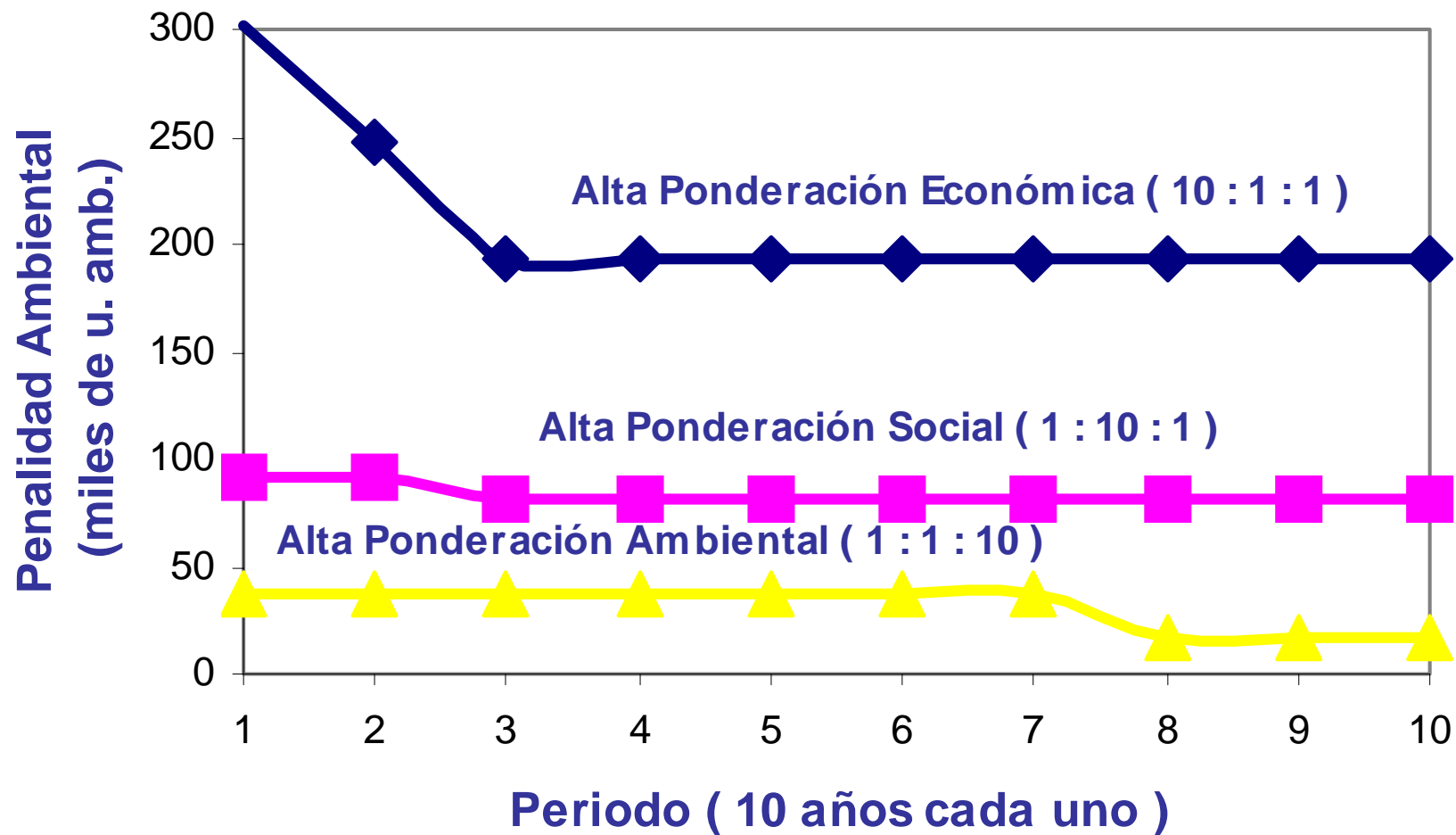
# **LAS DECISIONES DE ACUERDO AL PERFIL DEL TOMADOR DE DECISIONES**

- **Se modeló el perfil de siete actores sociales**
- **Dicho perfil se define en función de las ponderaciones que ellos asignan a los objetivos económicos, sociales y ambientales**

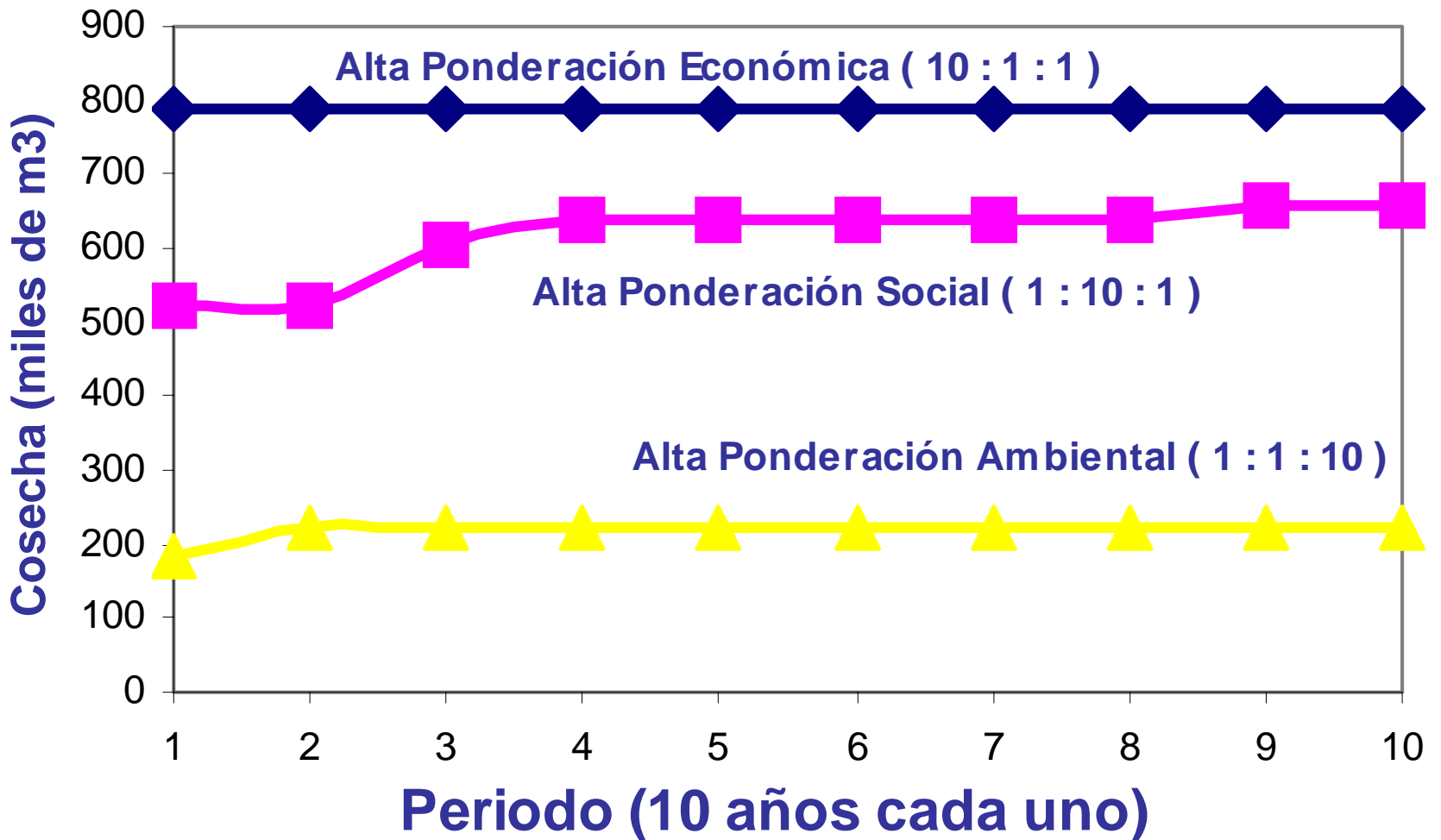


<i>Caso</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Peso</i>	<i>Porcentaje de Logro</i>	<i>Estrategia</i>
1	<b>Económico</b>	10	87 %	talarrasa en grandes superficies (> 50 ha) primeros periodos, remplazando la práctica gradualmente por talarrasa en superficies menores, y luego hacia el final del horizonte de planificación, por cortas de protección dispersas en pequeñas superficies (25 ha).
	<b>Social</b>	1	38 %	
	<b>Ambiental</b>	1	46 %	
2	<b>Económico</b>	1	30 %	Se cosecha fundamentalmente en aquellos tratamientos más intensivos en mano de obra, como son las cortas de protección dispersas en pequeñas superficies (< 25 ha)
	<b>Social</b>	10	93 %	
	<b>Ambiental</b>	1	79 %	
3	<b>Económico</b>	1	20 %	Los niveles de cosecha bajan ostensiblemente con relación a los escenarios anteriores, concentrándose fundamentalmente en cortas de protección dispersas en pequeñas superficies que corresponden a los tratamientos de menor impacto o penalidad ambiental.
	<b>Social</b>	1	20 %	
	<b>Ambiental</b>	10	92 %	
4	<b>Económico</b>	1	65 %	Se cosecha mayoritariamente mediante talarrasa y cortas de protección ambas dispersas en pequeñas superficies (<25 ha). No obstante lo anterior se aprecian superficies considerables, aunque en menor cuantía, de talarrasa en grandes superficies.
	<b>Social</b>	1	65 %	
	<b>Ambiental</b>	1	65 %	
5	<b>Económico</b>	2	77 %	Se cosecha fundamentalmente mediante talarrasa y cortas de protección, ambas dispersas en pequeñas superficies (<25 ha), logrando un nivel no decreciente en volumen cosechado de 745.000 m3 por periodo.
	<b>Social</b>	1	55 %	
	<b>Ambiental</b>	1	56 %	
6	<b>Económico</b>	1	54 %	Se cosecha fundamentalmente mediante cortas de protección y talarrasa dispersa en pequeñas superficies (<25 ha), logrando un nivel no decreciente valor social de 48.000 jornadas por periodo.
	<b>Social</b>	2	77 %	
	<b>Ambiental</b>	1	68 %	
7	<b>Económico</b>	1	50 %	Se cosecha fundamentalmente mediante cortas de protección y talarrasa dispersa en pequeñas superficies (<25 ha), logrando un nivel decreciente en penalidad ambiental hasta estabilizarse en 74.000 unidades.
	<b>Social</b>	1	50 %	
	<b>Ambiental</b>	2	75 %	

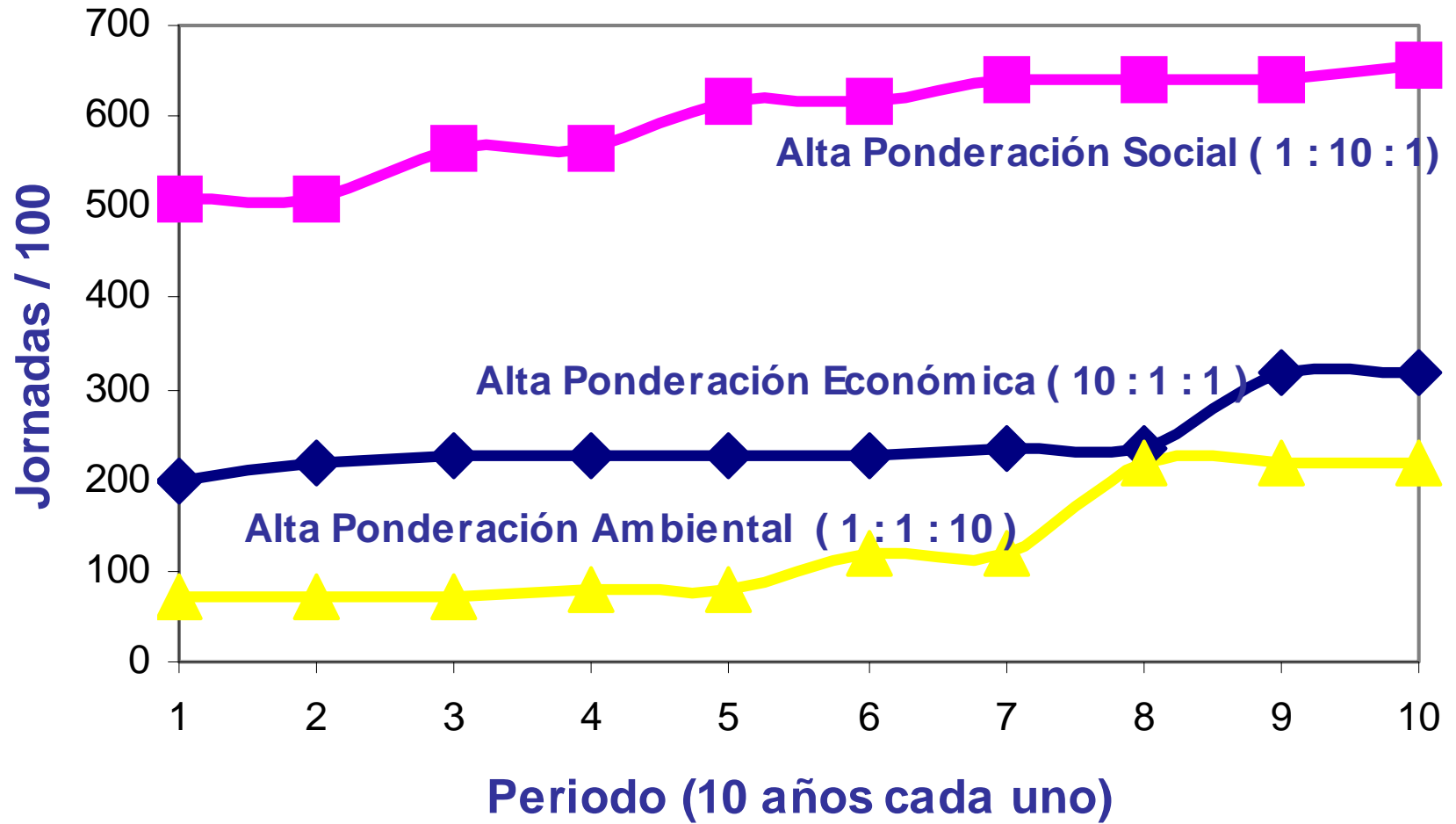
## Flujo de la penalidad ambiental de acuerdo al perfil de quien toma las decisiones



## Flujo de madera de acuerdo al perfil de quien toma las decisiones

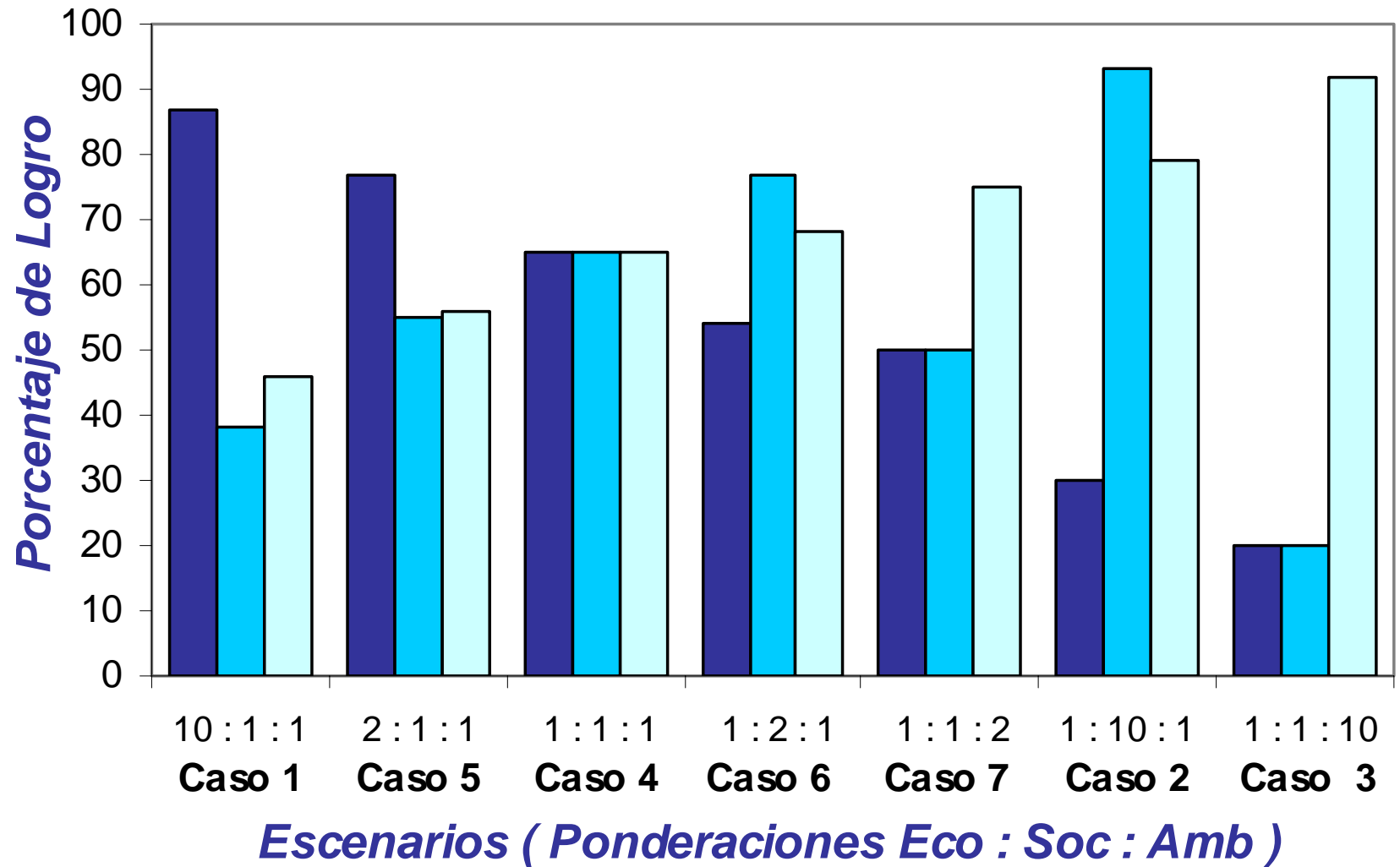


# Flujo de valor social de acuerdo al perfil de quien toma las decisiones



- A nuestro modo de ver, las decisiones se deben realizar claramente mas allá de las posiciones extremas, porque ellas no conducen a la resolución de los conflictos de uso.
- Nosotros hemos definido arbitrariamente que las posiciones extremas son todas aquellas situaciones en que alguno de los objetivos se encuentra por debajo del 50 % de logro.
- De esta forma, encontramos que solo los escenarios 4,5,6 y 7 resultan aceptables, y ellos nos indican **DONDE SE DEBEN CENTRAR LAS NEGOCIACIONES.**
- Esto es, aceptar que la talarrasa y cortas de protección dispersas en pequeñas superficies son una posibilidad real de conciliación de objetivos, no así la talarrasa en grandes superficies.
- Los porcentajes de logro para los casos no extremos oscilan entre el 50 % y el 80 %, por lo cual debe ser posible llegar a conciliar los objetivos en una ronda de negociaciones.

■ *Objetivo Económico*   ■ *Objetivo Social*   ■ *Objetivo Ambiental*



- Como resultado de lo anterior, podemos establecer donde NO SE DEBEN centrar las negociaciones de nuestro caso de estudio. Las negociaciones no se deben centrar en que:
  1. La talarrosa en grandes superficies es la única posibilidad de utilización del recurso desde el punto de vista económico
  2. Las Cortas de Protección dispersas en pequeñas superficies es la única posibilidad de utilización desde el punto de vista social
  3. La prohibición de corta sobre la mayor parte de la superficie es la única posibilidad de uso (no uso) desde el punto de vista ambiental

# CONCLUSION

- En los próximos años se debieran desarrollar herramientas de planificación que permitieran analizar la influencia del perfil de quien toma decisiones, sobre el desempeño de indicadores económicos, sociales y ambientales.
- Dichas herramientas, podrían proveer las bases para orientar las negociaciones, al mostrar las variaciones en los niveles de logro cuando cambian las ponderaciones que se asignan a los objetivos.
- Además, permitirían centrar las negociaciones en aquellos aspectos que fuesen prioritarios, eliminando aquellos que no contribuyen a la solución del problema.
- En contraste a los perfiles extremos, los perfiles no-extremos acortaron las distancias entre los niveles de logro e hicieron más probable transar y alcanzar compromisos entre los distintos actores sociales.



- TODOS LOS PERFILES NO-EXTREMOS COINCIDEN EN USAR TALARRASA Y CORTAS DE PROTECCIÓN, AMBAS EN PEQUEÑAS SUPERFICIES, VARIANDO EXCLUSIVAMENTE LAS PROPORCIONES, POR LO CUAL EL LOGRO DE ACUERDOS ENTRE DISTINTOS ACTORES SOCIALES ES ALTAMENTE PROBABLE.

# ORDENACIÓN BAJO MÚLTIPLES OBJETIVOS DE USO

1. Considere propiedad 100 ha de bosque
2. Cada ha puede ser asignada a dos sistemas silviculturales alternativos y mutuamente excluyentes: talarrasa en fajas y cortas sucesivas.
3. Considere un objetivo económico y un objetivo ambiental.
4. Estos objetivos pueden ser medidos a través de criterios de desempeño.
5. El objetivo económico puede ser medido por los ingresos netos descontados que se generan por la venta de la madera
6. El objetivo ambiental a través de un indicador de biodiversidad, pérdida de suelos o calidad de aguas, entre otros.
7. Este último se expresa en términos de unidades ambientales arbitrarias (u.a.).

Objetivo	Valor asociado al sistema silvicultural	
	Talarrasa en fajas	Cortas Sucesivas
Económico (M\$ / ha)	500	250
Ambiental (u.a. / ha)	30	47

## *Variable de decisión*

- $X_T$  : superficie (ha) asignada a talarrasa en fajas  
 $X_{CS}$  : superficie (ha) asignada a cortas sucesivas

## *Parámetros*

Los parámetros corresponden a los valores económicos y ambientales asignados a cada sistema silvicultural.

## *Funciones objetivos*

$$\text{Max } Z1 = 500 X_T + 250 X_{CS}$$

(Valor Económico)

$$\text{Max } Z2 = 30 X_T + 47 X_{CS}$$

(Valor Ambiental)

## *Restricciones*

$$X_T + X_{CS} \leq 100$$

(Valor Económico)

$$500 X_T + 250 X_{CS} + S_1 = 50.000$$

(Valor Ambiental)

$$30 X_T + 47 X_{CS} + S_2 = 4.700$$

1. Minimizar las distancias desde la solución ideal.
2. En general, se consideran las desviaciones porcentuales
3. Se redefine cada variable  $S$  como la desviación porcentual  $V_k$  del máximo logro  $T_k$  ( $S_k = T_k V_k$ ).

# FORMULACIÓN MINSUM

$$\text{Min } W_1 V_1 + W_2 V_2$$

s.a.

$$\begin{array}{rcl} 500 X_T + 250 X_{CS} + 50.000 V_1 & = & 50.000 \\ 30 X_T + 47 X_{CS} + 4.700 V_2 & = & 4.700 \\ X_T + X_{CS} & \leq & 100 \end{array}$$

# FORMULACIÓN MINSUM

1. solución óptima MINSUM ocurrirá en un punto extremo de la región factible.
2. Aún pequeños cambios en los pesos ( $W_1$ ,  $W_2$ ) pueden cambiar abruptamente la solución mediante un salto a un punto adyacente extremo de la región factible.
3. Sin embargo, esto es contrario a lo que la intuición indicaría.
4. Un tomador de decisiones esperaría que la solución óptima respondiera gradualmente a pequeños cambios en la estructura de pesos.



# FORMULACIÓN MINMAX

1. Variables de desviación individual se reemplazan por una única variable de desviación  $V$ , la cual mide la máxima desviación fraccional de cualquier objetivo desde el ideal.
2. Restricciones que tenían signo  $=$  en la formulación MINSUM, pasan a tener signo  $\geq$  en la formulación MINMAX.

Min  $V$

s.a.

$$\begin{array}{rclclclcl} 500 \text{ XT} & + & 250 \text{ XCS} & + & 50.000 \text{ V} & & \geq & 50.000 \\ 30 \text{ XT} & + & 47 \text{ XCS} & + & & 4.700 \text{ V} & \geq & 4.700 \\ \text{XT} & + & \text{XCS} & & & & \leq & 100 \end{array}$$

# MINSUM Y MINMAX

1. Por lo general, la solución óptima para este nuevo problema se ubicará en algún lugar en la frontera entre dos puntos extremos.
2. Mientras mayor sea la ponderación asignada a un objetivo, mayor será el porcentaje de logro de él.
3. Este es un atributo de la formulación MINMAX y como resultado de ello, la solución óptima responde gradual y suavemente a los cambios en los pesos.
4. MINMAX tiende a una distribución más equitativa de los porcentajes de logro que la formulación MINSUM
5. El mayor atractivo de MINSUM y MINMAX es su simplicidad y que el problema original de múltiples objetivos es convertido en un problema de programación lineal tradicional (simplex).