

Integración de la biodiversidad en un modelo de planificación forestal estratégica mediante el empleo de técnicas de programación por metas.

Universidad Politécnica de Madrid

Reunión GEDM

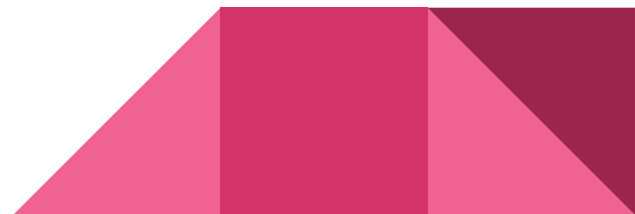
Valencia, 6 de Julio de 2018

Marta Ezquerro, Marta Pardos y Luis Díaz Balteiro

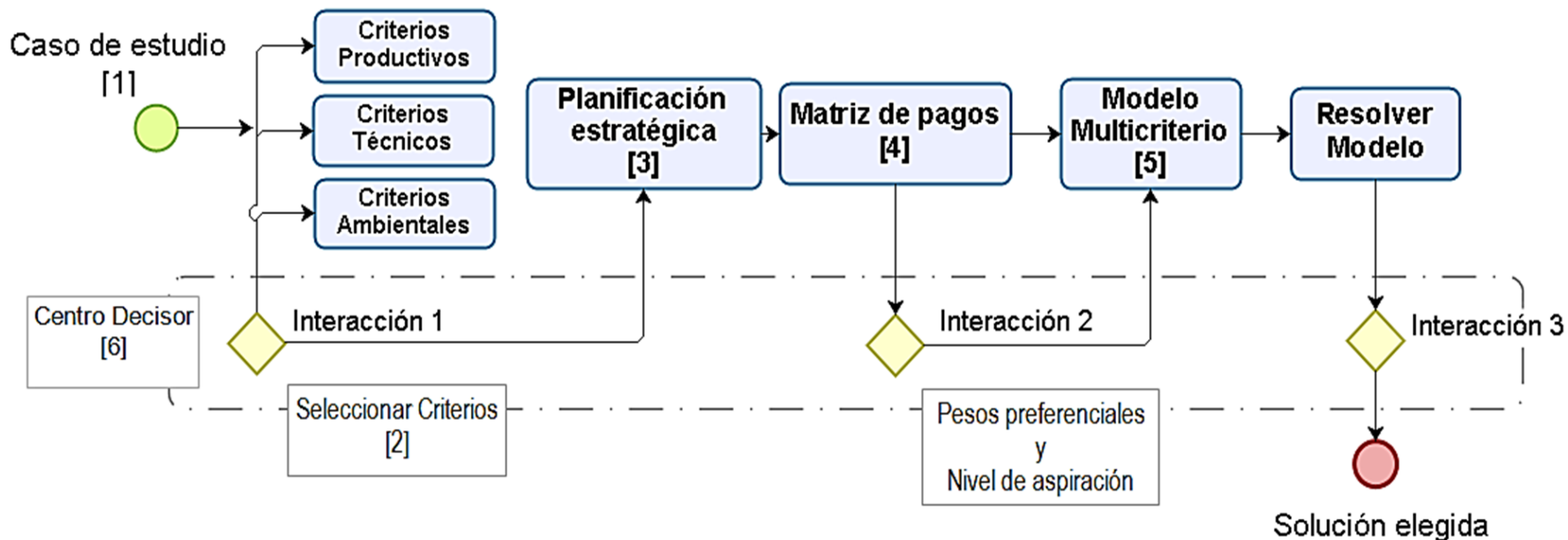
marta.ezquerro@upm.es

OBJETIVO

Integrar medidas de conservación en la gestión forestal, mediante el desarrollo de estrategias que permitan compatibilizar la biodiversidad del monte con su aprovechamiento maderero.

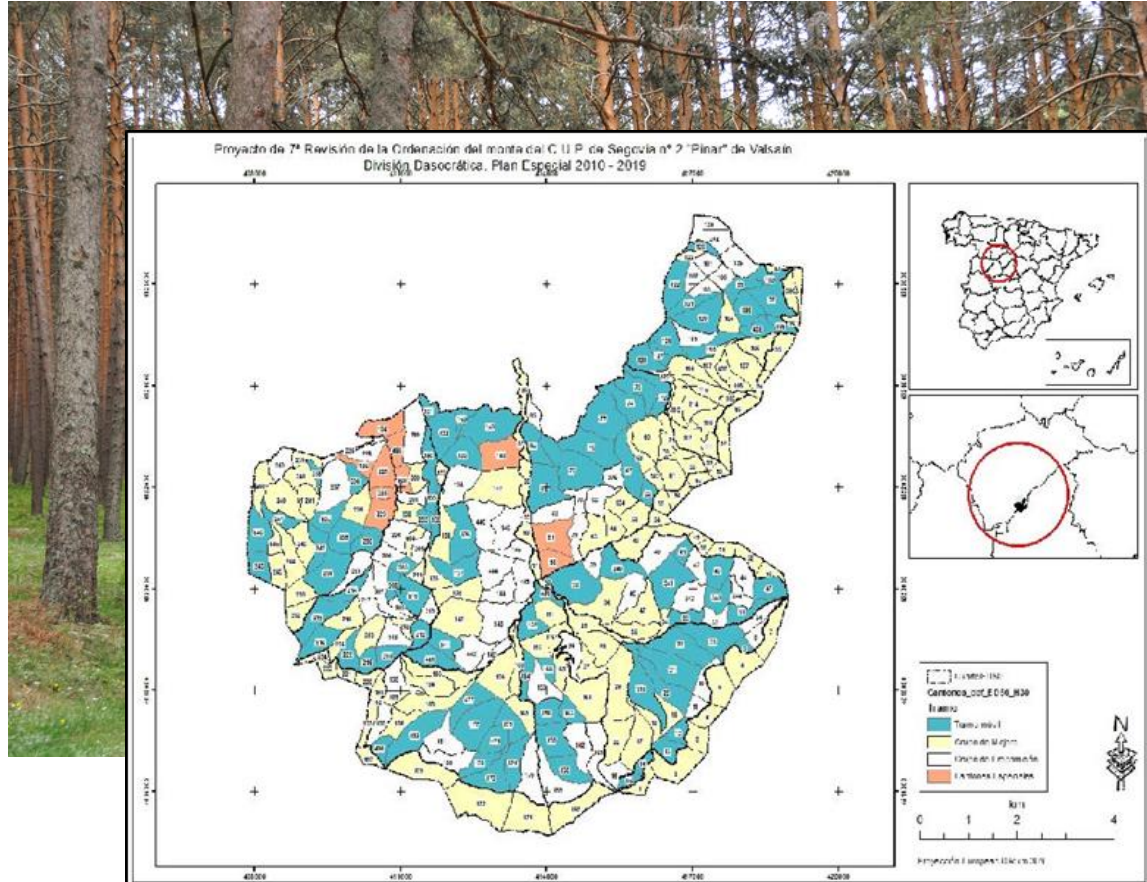


Metodología



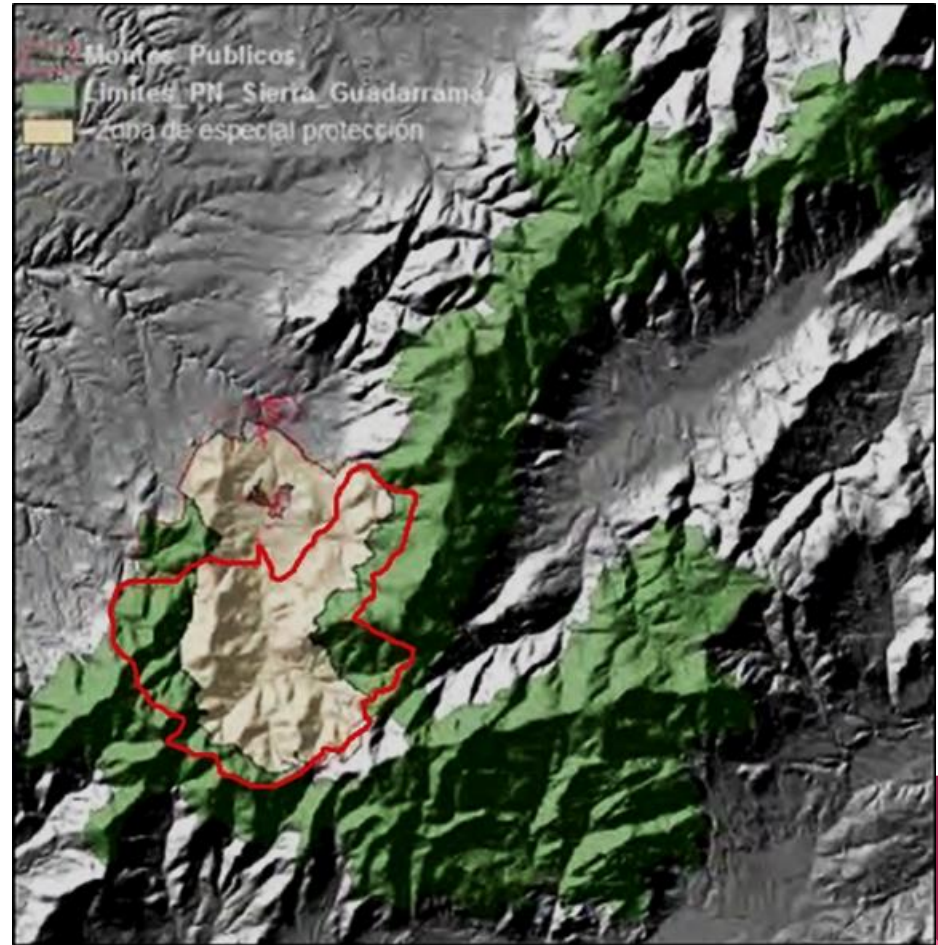
[1] Pinar de Valsaín

- Sierra de Guadarrama.
- Superficie forestal: 7.206ha.
- 288 unidades de gestión.
- *Pinus sylvestris* L.
- Gestionado desde 1889.



1.1 Figuras de protección (I)

- **PN de la Sierra de Guadarrama**
(2013)
- Superficie de Valsaín incluida dentro del PN (3.326 ha).



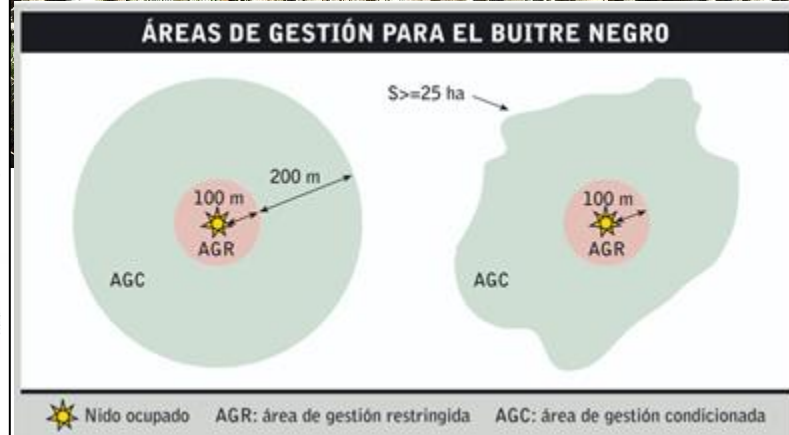
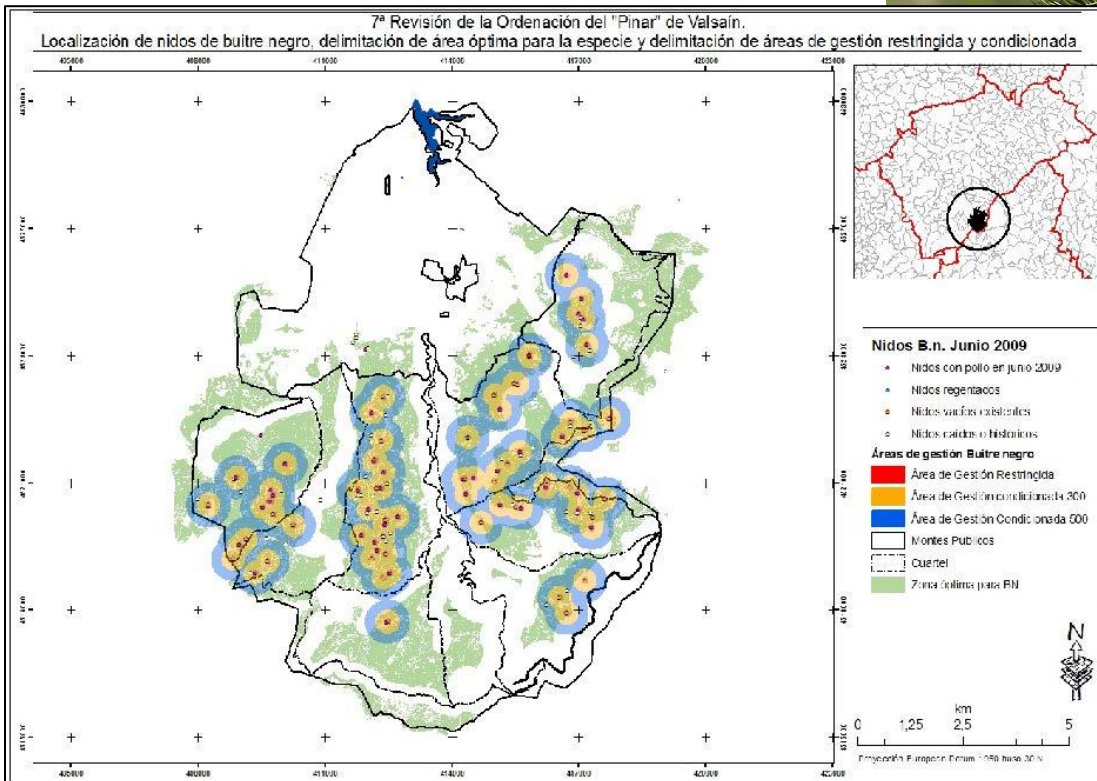
1.1 Figuras de protección (II)

- *Aegypus monachus*, especie catalogada como vulnerable.



- 131 nidos en el Pinar.

Superficie de gestión restringida (AGR) alrededor de los nidos (3,14ha/nido)



Interacciones Centro Decisor

Entrevistas Director OAPN

Interacción 1: Seleccionar criterios.

Interacción 2: Asignar preferencias.

Interacción 3: Elegir solución.

[2] Seleccionar criterios

Criterios productivos

VOL: Volumen aprovechado (m^3).

NPV: Valor Actual Neto (€).

Criterios técnicos

H: Igualdad de flujos de volumen (m^3).

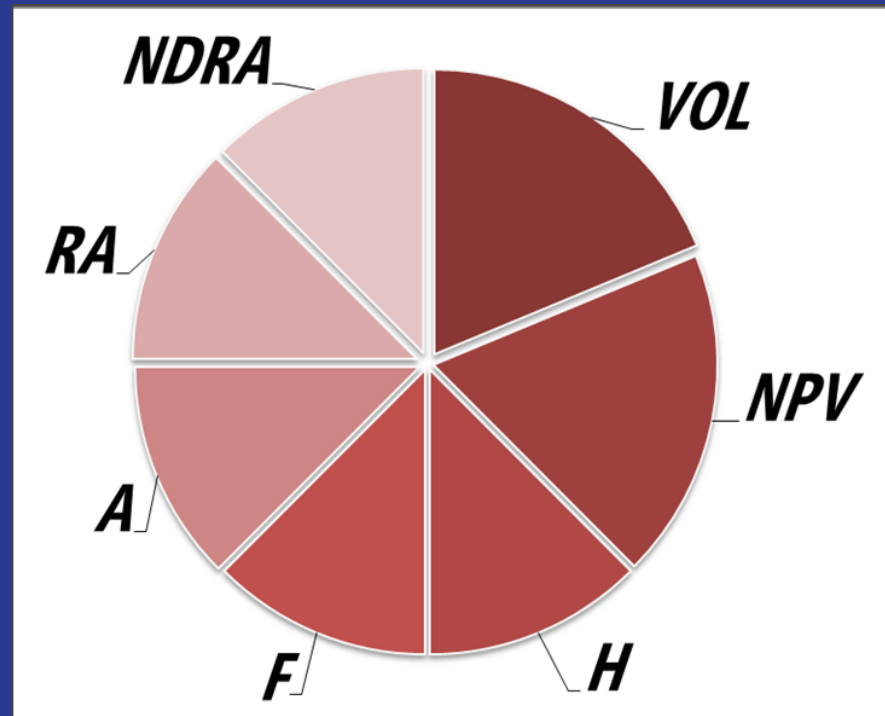
F: Inventario final (m^3).

A: Regulación de clases de edad (ha).

Criterios ambientales

RA: Superficie retenida (ha).

NDRA: Superficie retenida no decreciente (ha).



[3] Planificación estratégica



Horizonte de planificación

100 años
10 periodos

Gestión

288 unidades de gestión
Turno: 120-180 años

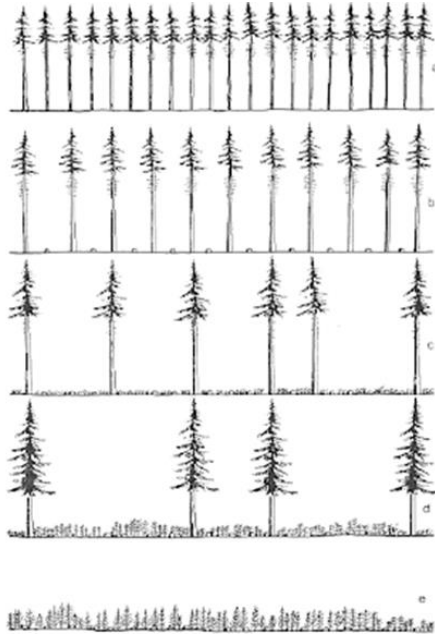
Alternativas selvícolas

BAU
RA

Prescripciones

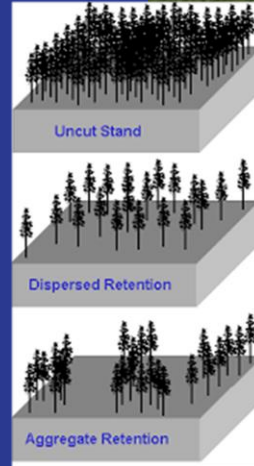
Business As Usual (BAU)

Secuencia de cortas en 4 tiempos de diferente intensidad para conseguir la regeneración natural de la masa.



Retención variable (RA)

Superficies de reserva (dispersa o agregada) con fines de conservación.



Prescripciones

Cantón	S (ha)	Nidos	Alternativa	Turno	VARIABLES	PERIODOS									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A98	40,62	0	BAU	125	x_1	c1	c2	c3	c4	-	-	-	-	-	-
			RA		y_1	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			BAU	135	x_2	-	c1	c2	c3	c4	-	-	-	-	-
			RA		y_2	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
			BAU	145	x_3	-	-	c1	c2	c3	c4	-	-	-	-
			RA		y_3	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-
			BAU	155	x_4	-	-	-	c1	c2	c3	c4	-	-	-
			RA		y_4	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-
			BAU	165	x_5	-	-	-	-	c1	c2	c3	c4	-	-
			RA		y_5	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-
			BAU	175	x_6	-	-	-	-	-	c1	c2	c3	c4	-
			RA		y_6	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-
			BAU	185	x_7	-	-	-	-	-	-	c1	c2	c3	c4
			RA		y_7	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-

BAU: Business As Usual (4 cortas c1, c2, c3, c4) , RA: superficie de reserva, x_i y_i : variables de decisión



3.568

Prescripciones o variables de decisión

[4] Matriz de pagos

Valor Ideal / Valor anti-ideal

Criterios	VOL	NPV	H	F	A	RA	NDRA
VOL (10^3m^3)	4.345	3.638	3.675	2.749	2.956	1.890	2.673
NPV (10^3€)	14.468	37.084	31.660	18.094	16.794	6.240	19.781
H (10^3m^3)	4.063	1.799	0	663	1.806	1.825	1.195
F (10^3m^3)	1.189	704	826	0	468	1.612	1.324
A (ha)	6.184	4.538	3.510	916	0	3.607	3.138
RA (ha)	750	750	840	618	1.363	3.603	2.486
NDRA (ha)	40	119	71	71	537	1.825	0
C (tC)	3.505	3.768	3.785	4.171	4.087	4.571	4.196

[5] Modelo de Programación por Metas (I)

Metas

$$f_q(x) + n_q - p_q = t_q^*, q \in \{1, \dots, Q\}$$

Función de logro

$$\text{Min}(1 - \lambda) \cdot D + \lambda \cdot \sum_{q=1}^Q w_q \cdot \left(\frac{n_q + p_q}{R_q} \right)$$
$$w_q \cdot \left(\frac{n_q + p_q}{R_q} \right) \leq D \quad n_q \geq 0, p_q \geq 0$$

w_q : Pesos preferenciales

t_q^* : Target o nivel de aspiración

n_q, p_q : Desviaciones no deseadas

λ : Parámetro de control

R_q : Vector de normalización

D : Máxima desviación

Interacciones Centro Decisor

Entrevistas Director OAPN

Interacción 1: Seleccionar criterios.

Interacción 2: Asignar preferencias.

Interacción 3: Elegir solución.

Asignar preferencias (I)

CUADRO 1. Escala fundamental del Proceso Analítico Jerarquizado (Saaty, 1980).

*Intensidad de importancia	Definición
1	Igual importancia
3	Importancia moderada
5	Importancia fuerte
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrada
9	Extrema importancia
Recíprocos	Si se asigna a_{ij} al comparar la actividad i con la j , entonces se asigna $a_{ji} = 1/a_{ij}$ al comparar la j con la i .

*La escala considera valores enteros intermedios (2, 4, 6, 8), los cuales se omiten c

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN vs OBJETIVOS AMBIENTALES

- a) LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN** SON IGUALMENTE IMPORTANTE QUE LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES**
- b) LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN** SON MODERADAMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES**
- c) LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN** SON FUERTEMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES**
- d) LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN** SON DEMOSTRADAMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES**
- e) LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN** SON EXTREMADAMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES**
- f) LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES** SON MODERADAMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN**
- g) LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES** SON FUERTEMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN**
- h) LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES** SON DEMOSTRADAMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN**
- i) LOS OBJETIVOS **AMBIENTALES** SON EXTREMADAMENTE MÁS IMPORTANTES QUE LOS OBJETIVOS DE **PRODUCCIÓN**
- o ...

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN (I)

- a) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN** (CORTAS FINALES) ES IGUALMENTE IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN**
- b) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN** ES MODERADAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN**
- c) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN** ES FUERTEMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN**
- d) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN** ES DEMOSTRADAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN**
- e) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN** ES EXTREMADAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN**
- f) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN** ES MODERADAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN**
- g) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN** ES FUERTEMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN**
- h) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN** ES DEMOSTRADAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN**
- i) EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VAN** ES EXTREMADAMENTE MÁS IMPORTANTE QUE EL OBJETIVO MAXIMIZAR **VOLUMEN**
- o ...

[5] Modelo de Programación por Metas (II)

Restricciones Endógenas

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} + y_{ij} = B_i \forall i, j$$

$$\sum_{\forall i} B_i = B$$

No negatividad

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

$$y_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

$$n_q \geq 0, p_q \geq 0$$

Restricciones Exógenas

$$1) \quad x_{ij} - b \cdot ux_i \geq 0 \forall i, j$$


$$x_{ij} = 0 \forall i, j; x_{ij} < b$$

$$ux_i \in \{0,1\}$$

$$2) \quad \sum_{i=1}^I RA_{ij} \leq a \cdot B, \forall j$$

$$3) \quad x_{ij} = 0 \forall i, j, k < mAge \wedge k > MAge; \forall l$$





00:00:21

Tiempo de resolución (hh:mm:ss)

RESULTADOS

Criterio	$\lambda=0$	$\lambda=0,5$	$\lambda=1$
VOL (10^3m^3)	2.786	2.506	2.964
NPV (10^3€)	23.152	19.828	23.849
H (10^3m^3)	1.802	406	406
F (10^3m^3)	567	270	270
A (ha)	1.852	618	618
RA (ha)	1.892	1.555	1.048
NDRA (ha)	321	183	183

Interacciones Centro Decisor

Entrevistas Director OAPN

Interacción 1: Seleccionar criterios.

Interacción 2: Asignar preferencias.

Interacción 3: Elegir solución.



Solución elegida: $\lambda=0,5$

2.506.000 m³
aprovechados

Se cumplen los
criterios técnicos

Superficie retenida
creciente en cada periodo

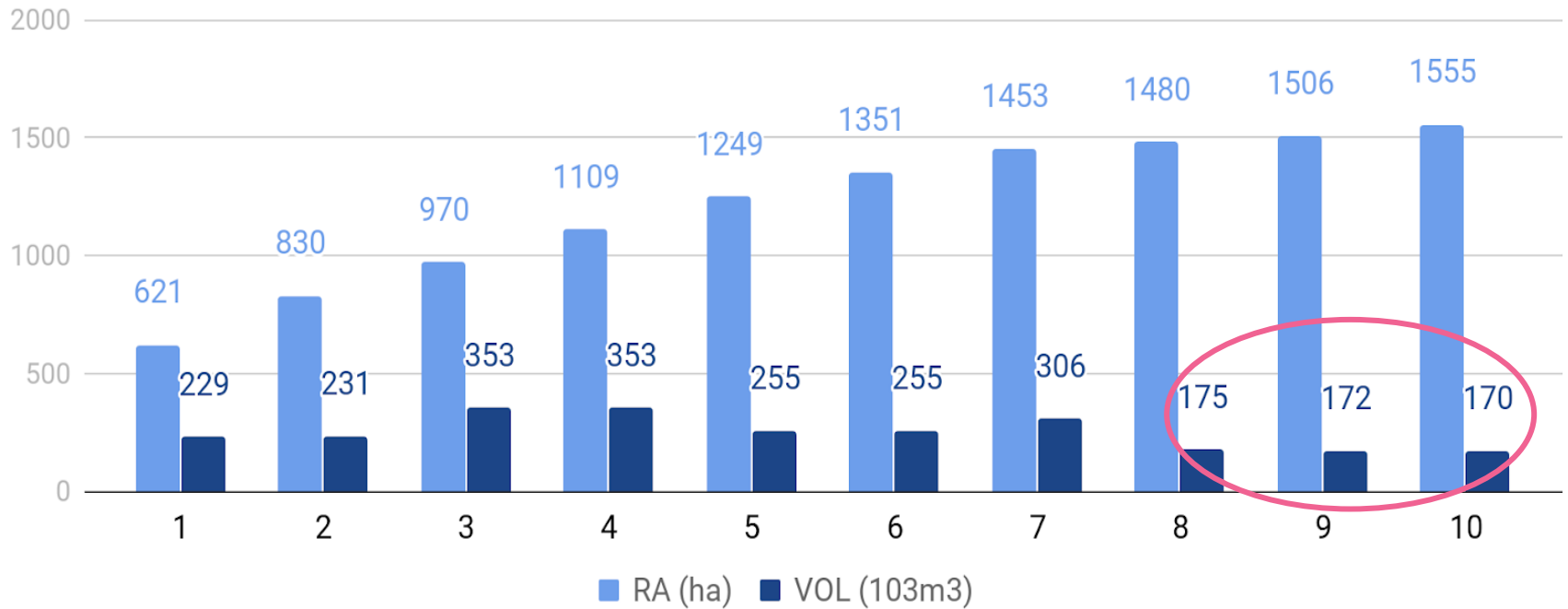


19.828.000€

Se retienen
1.555ha

Trade-offs

El volumen de madera se reduce un 35%



CONCLUSIONES

- Los modelos de planificación estratégica permiten simular la dinámica de la masa forestal a largo plazo.
- La matriz de pagos muestra el conflicto existente entre objetivos.
- Los Modelos multicriterio proporcionan soluciones aceptables al considerar objetivos de producción y conservación.
- La interacción con un CD permite orientar la gestión a cada caso de estudio.
- La metodología diseñada permite lidiar con el conflicto existente y cuantificar el coste de oportunidad de las medidas de conservación introducidas.

Agradecimientos

