



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Re-ForeST
research group in forest science and technology



Efectos eco-hidrológicos del manejo forestal de las masas de regeneración post-incendio de pino carrasco en la Sierra Calderona en términos de producción de agua, biomasa y riesgo y propagación de incendios. LIFE: RESILENTFORESTS.

M. González-Sanchis¹, Ruiz-Pérez Guiomar², A. D. del Campo¹, F. Francés¹, A. Lidón¹, I. Bautista¹, A. García-Prats¹, C. Lull¹.

1 Research Group in Forest Science and Technology (Re-ForeST), Research Institute of Water and Environmental Engineering, IIAMA. Universitat Politècnica de València, Spain.

2 Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala, Sweden.

MANEJO FORESTAL Y ECO-HIDROLOGÍA: impulsores del manejo forestal

Tradicionalmente centrado en **FUNCIONES PRODUCTIVAS**

Madera, pulpa, corcho,...



FUNCIONES PROTECTORAS

Agua, protección del suelo, biodiversidad, paisaje

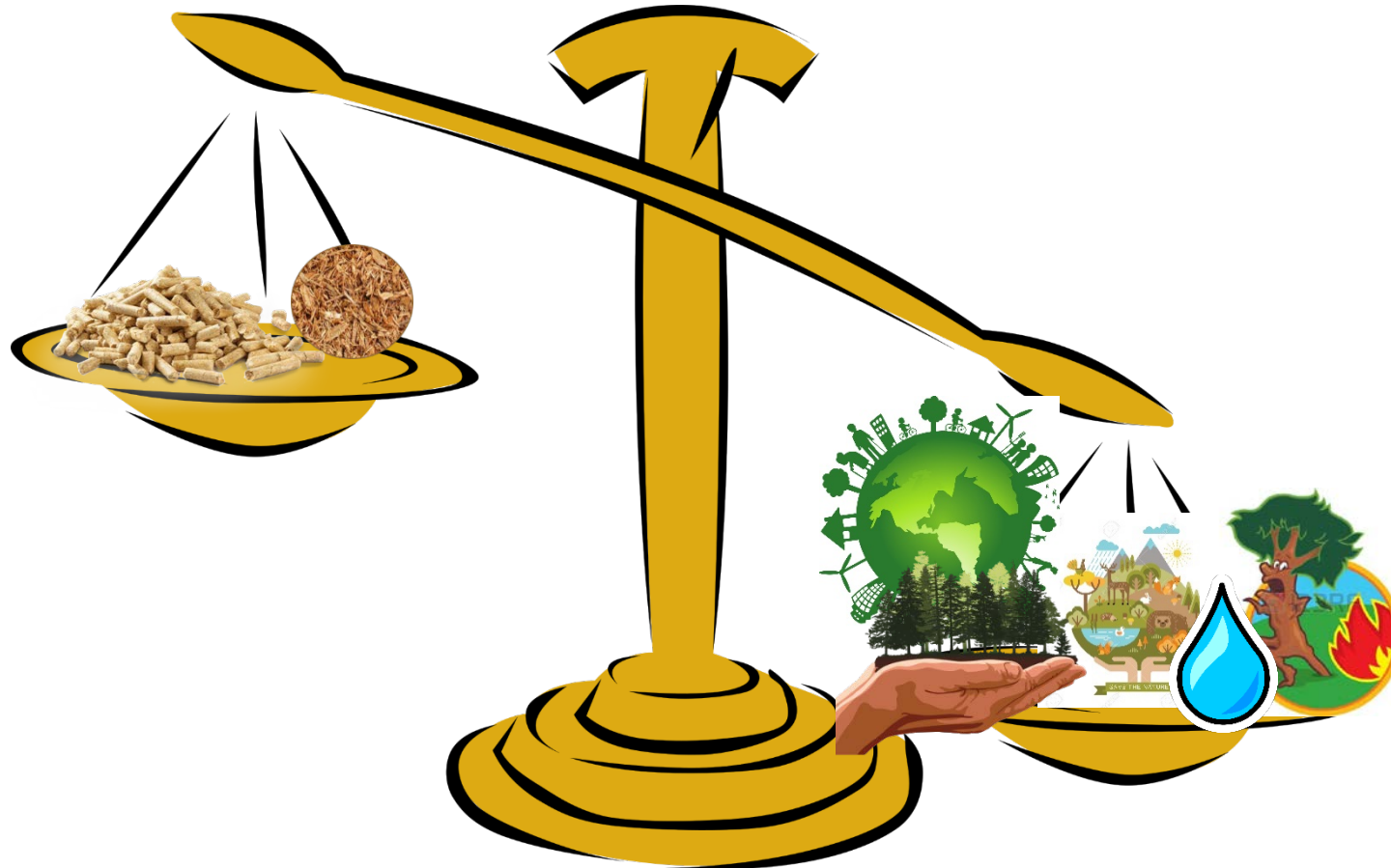
Se modifican pero NO cuantifican

FUNCIONES SOCIALES

Recreativa, cultural,..

MANEJO FORESTAL Y ECO-HIDROLOGÍA: impulsores del manejo forestal

Zonas áridas o semiáridas:



MANEJO FORESTAL Y ECO-HIDROLOGÍA: impulsores del manejo forestal

Zonas sensibles al cambio climático:



MANEJO FORESTAL MULTI-CRITERIO

↓
CUANTIFICACIÓN



ENFOQUE

1.- Identificación de masas carentes de manejo forestal.



ENFOQUE

1.- Identificación de masas carentes de manejo forestal.

2.- Tratamiento experimental para obtener ESTRUCTURAS MÁS ESTABLES Y RESILIENTES.



ENFOQUE

- 1.- Identificación de masas carentes de manejo forestal.
- 2.- Tratamiento experimental para obtener **ESTRUCTURAS MÁS ESTABLES Y RESILIENTES.**
- 3.- **Caracterización y CUANTIFICACIÓN** de los efectos del manejo.

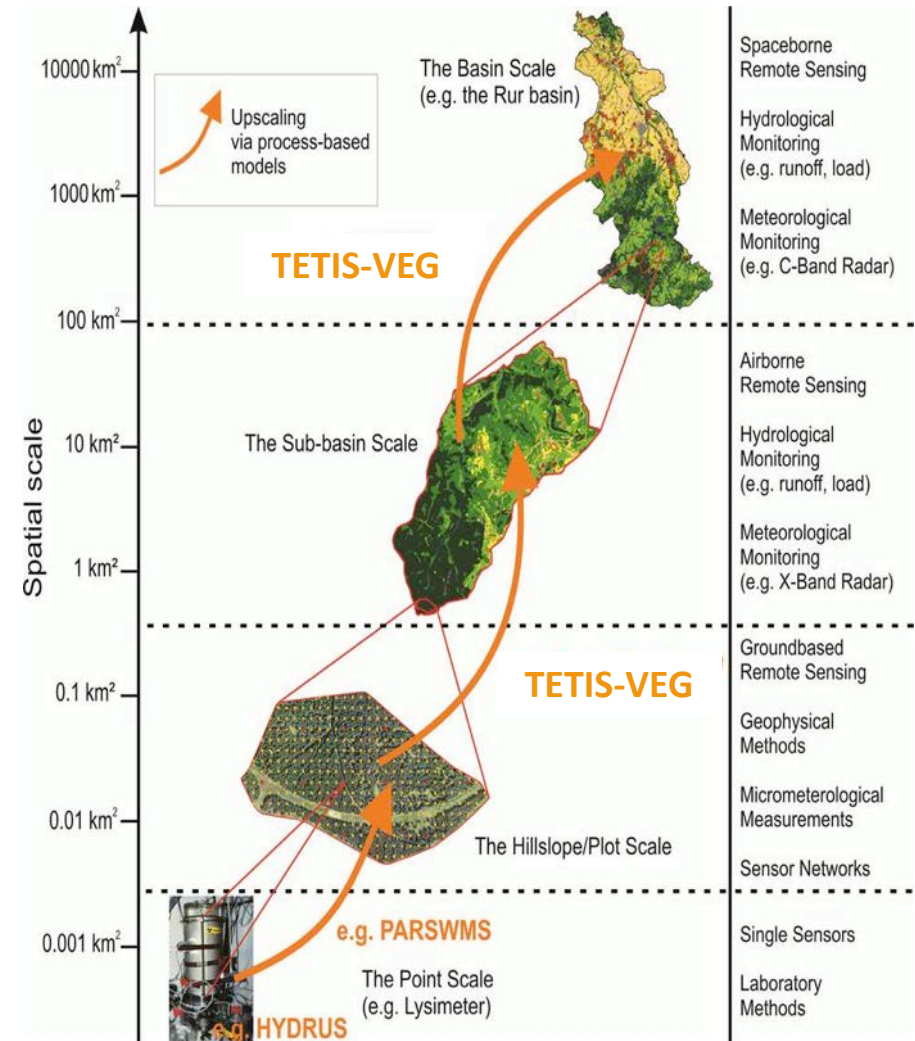


METODOLOGÍA

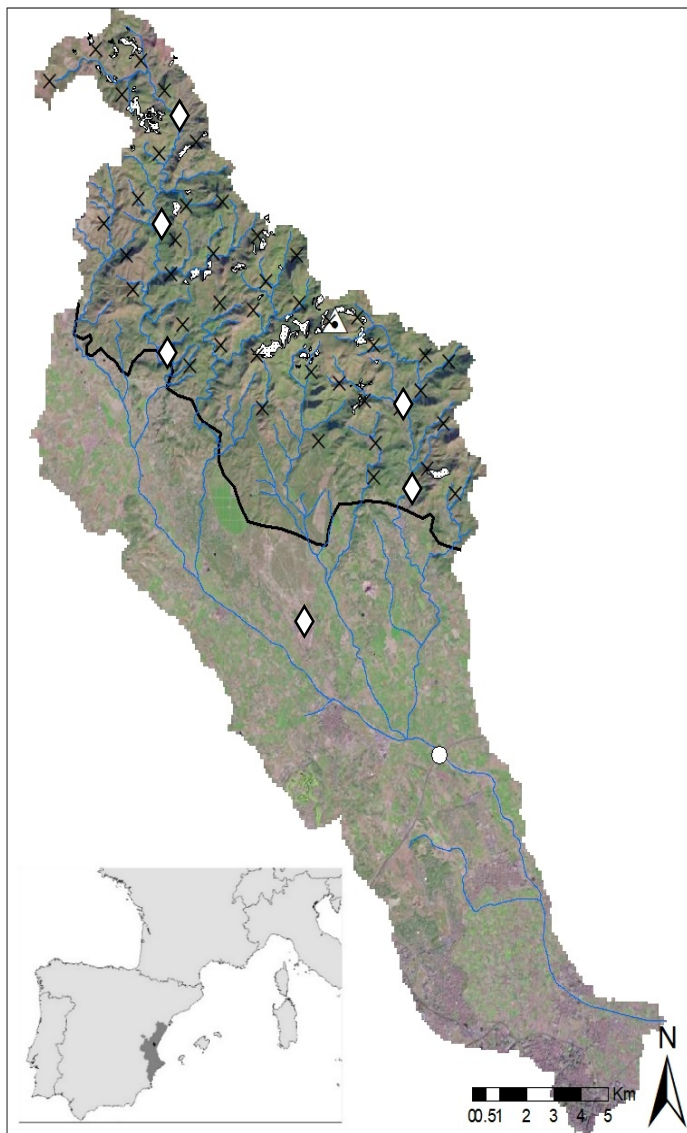
- 1.- Identificación de masas carentes de manejo forestal.
- 2.- Tratamiento experimental para obtener ESTRUCTURAS MÁS ESTABLES Y RESILIENTES.
- 3.- Caracterización y CUANTIFICACIÓN de los efectos del manejo.

4.- EXTRAPOLACIÓN.

Escala	Tamaño representativo
Planta	1-100 m ²
Plot/ladera	100-10000 m ²
Sub-cuenca	0.1-50 km ²
Cuenca	>1000 km ²

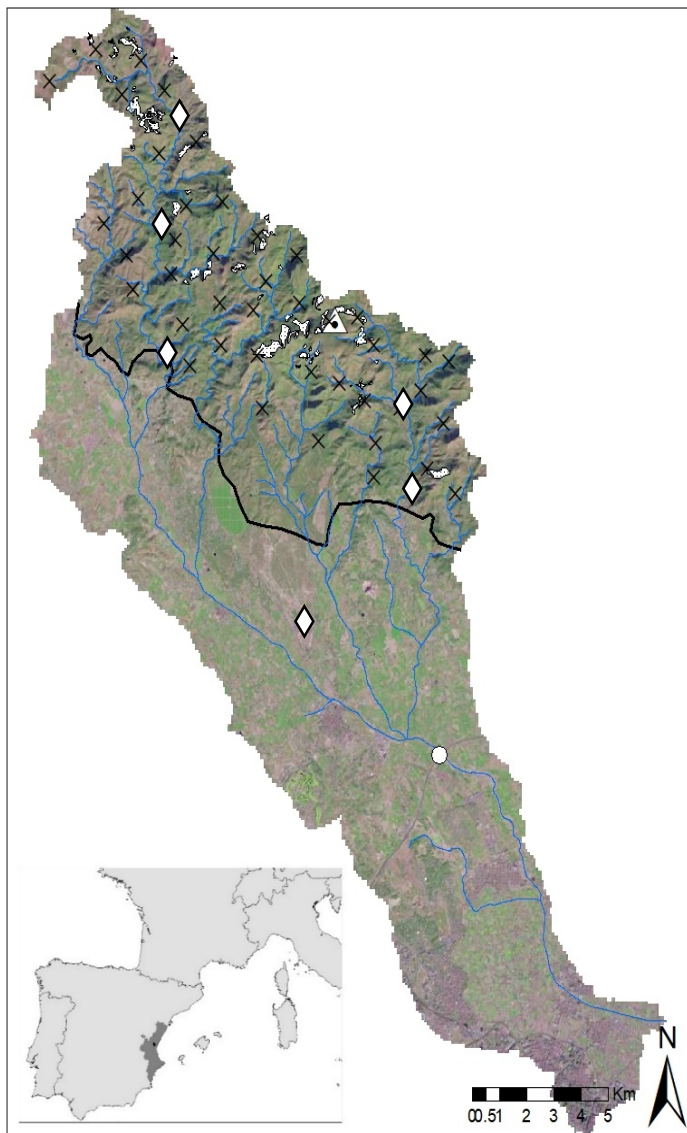


ÁREA DE ESTUDIO



- Cuenca del Barranc del Carraixet, 84942 ha, donde el 57 % corresponde a su parte alta (64 % Parque Natural de la Sierra Calderona).
- **Clima:** Semiárido, precipitación irregular e intensas sequías estivales (**T: 17 °C** and **P: 350-600 mm**). Últimos 10 años (344 mm).
- **Suelos:** escasos (10-50cm), pH básico (7.7-8.2), elevado CO_3Ca (26-38 %). Karstificado en su mayoría.
- **Vegetación:** Típica Mediterránea dominada por el estrato arbustivo y masas naturales de *P. halepensis*.
- **Elevada frecuencia de rayos.**

ÁREA DE ESTUDIO



- El agua de 6/15 poblaciones depende directamente de la parte alta de la cuenca.
- 28 incendios (> 1 ha) en los últimos 25 años.
- 242 ha de regeneración post-incendio de *P. halepensis*.
- Densidad \approx 5500-36000 tree/ha.
- Parcelas experimentales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

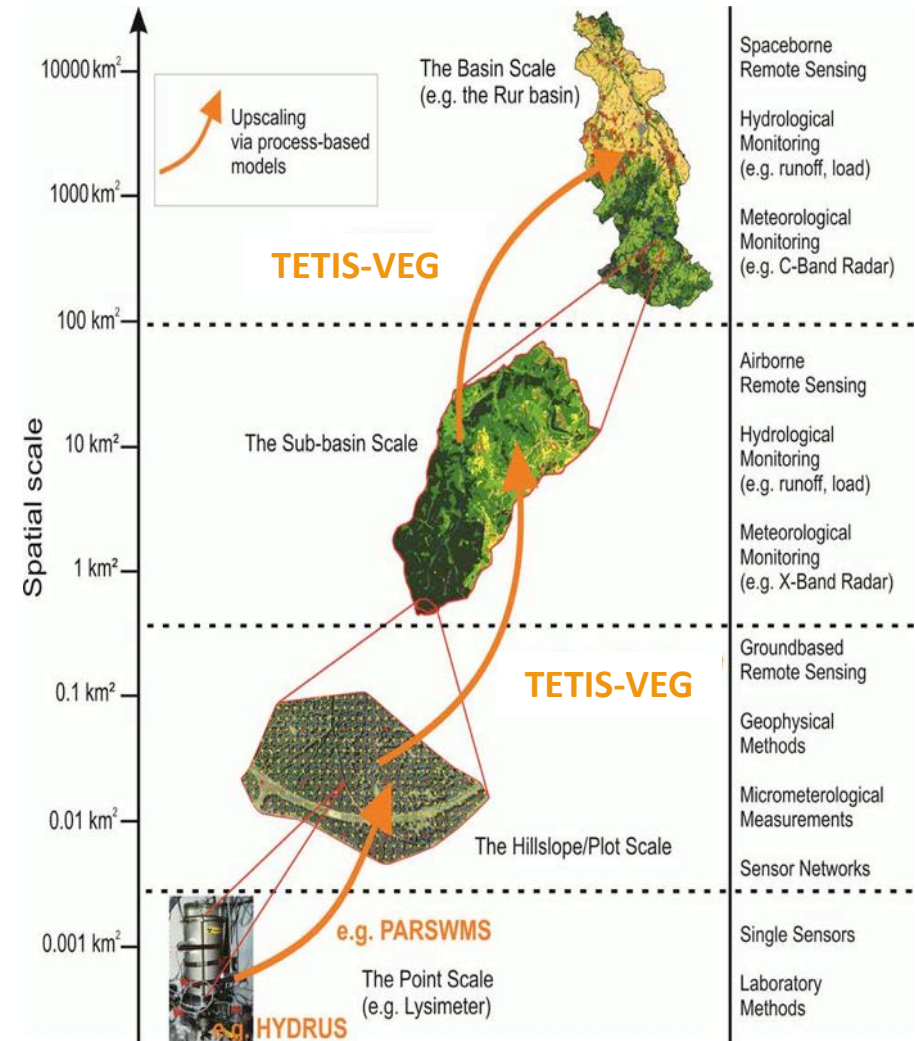
- Ratificar el rol de la parte alta de la cuenca como importante fuente de agua.
- Examinar y cuantificar los efectos tempranos y rentabilidad del manejo forestal a escala de cuenca.
- Analizar la rentabilidad de un manejo forestal multicriterio que incluya: agua, biomasa y riesgo de incendio a escala de cuenca.

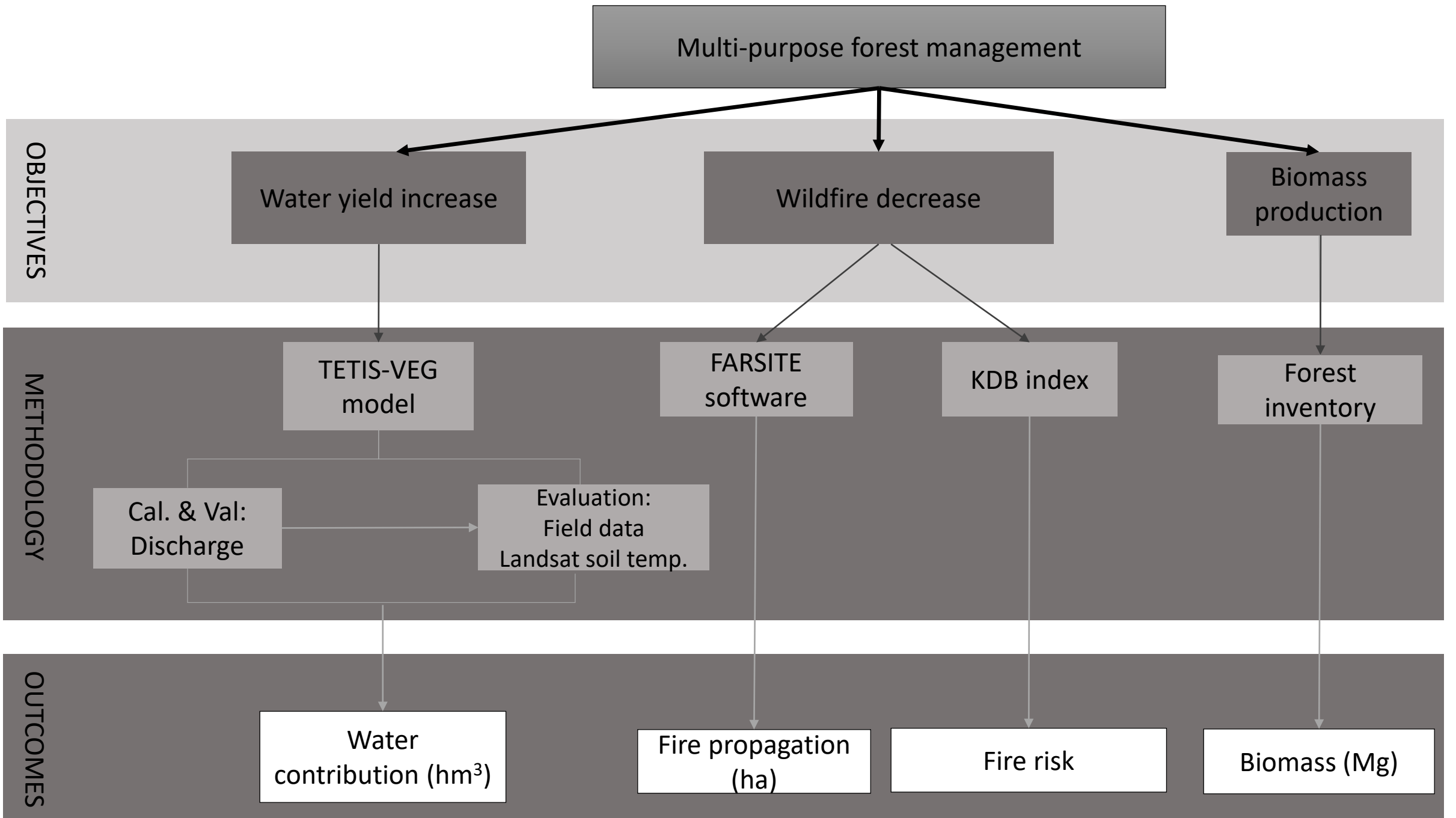
METODOLOGÍA

- 1.- Identificación de masas carentes de manejo forestal.
- 2.- Tratamiento experimental para obtener ESTRUCTURAS MÁS ESTABLES Y RESILIENTES.
- 3.- Caracterización y CUANTIFICACIÓN de los efectos del manejo.

4.- EXTRAPOLACIÓN.

Escala	Tamaño representativo
Planta	1-100 m ²
Plot/ladera	100-10000 m ²
Sub-cuenca	0.1-50 km ²
Cuenca	>1000 km ²





Modelo TETIS-VEG

- Módulo hidrológico:

- Desarrollado en la UPV desde 1994.
- Distribuido y conceptual (estructura de tanques), con parámetros físicamente basados.
- Algoritmo de calibración automática.

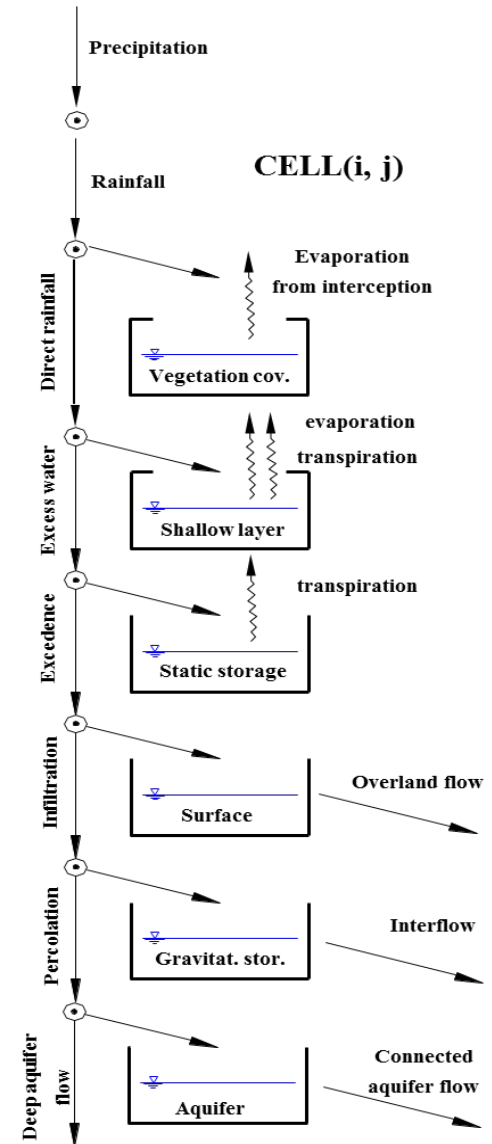
- Módulo de Vegetación:

- Basado en el LUE-Model

$$T_1 = ET_o \cdot f_t \cdot \min(LAI, 1) \cdot \beta_t(H_1) \cdot r_1$$

$$\frac{dB_l}{dt} = (LUE \cdot \varepsilon \cdot APAR - Re) \cdot \varphi_l - \kappa_l \cdot B_l$$

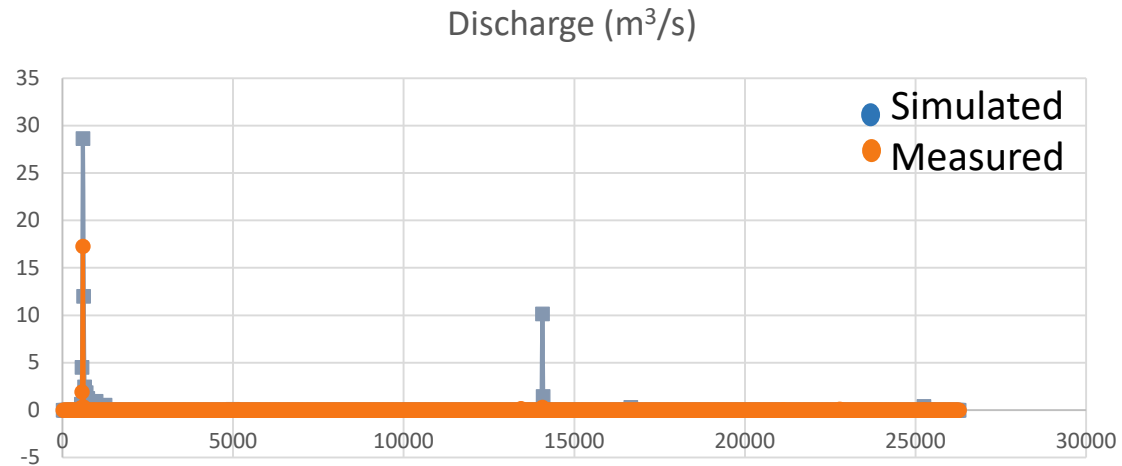
$$LAI = B \cdot SLA \cdot f_t$$



CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

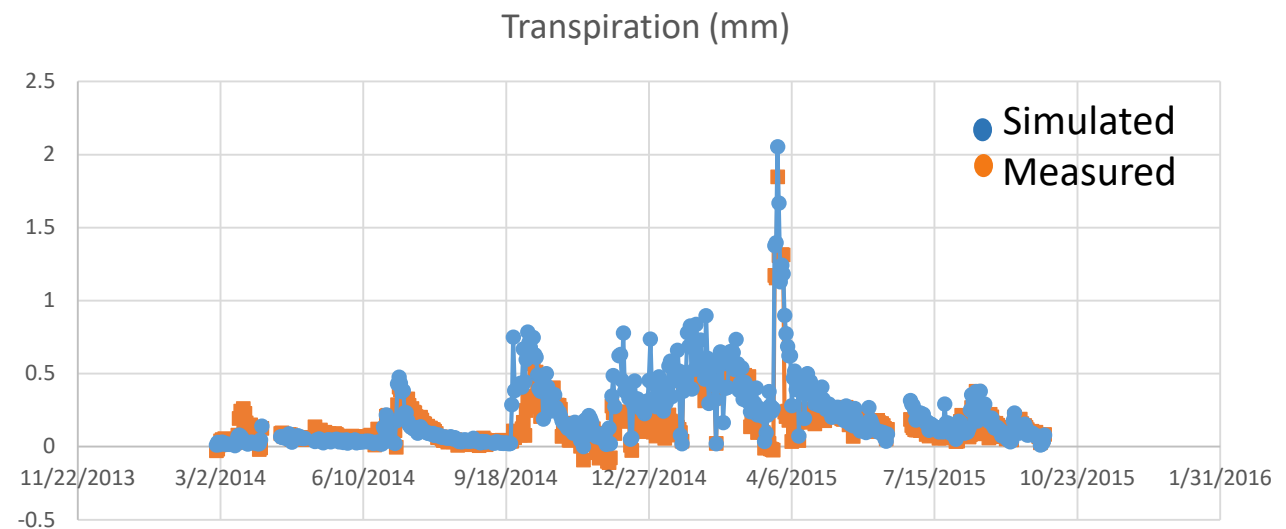
- CALIBRACIÓN: Caudal (Q).

	Q
Nash–Sutcliffe	0.70
RMSE	0.47



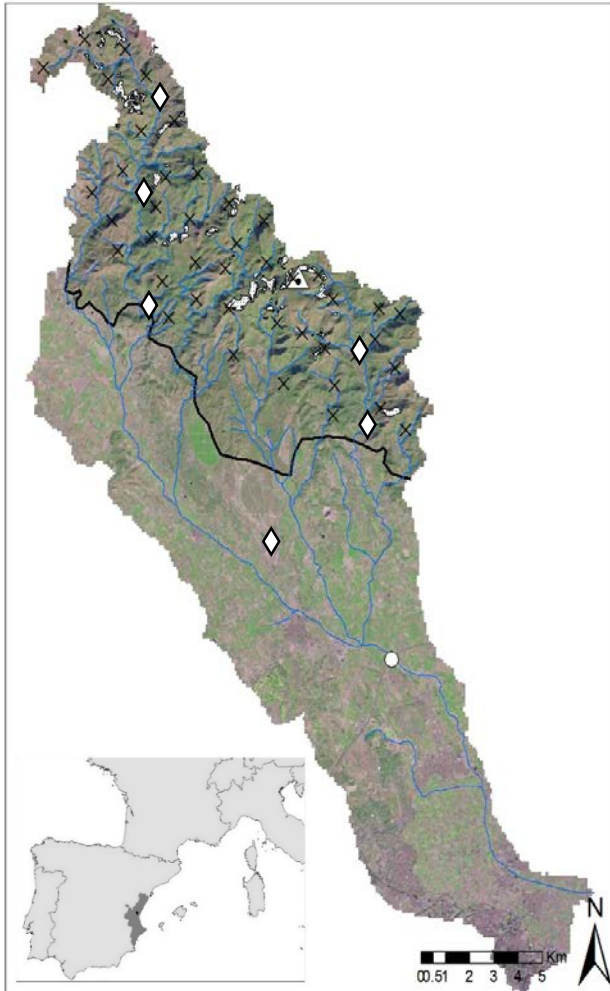
- VALIDACIÓN: Transpiración y humedad de suelo a escala de parcela.

	Tr	SWC
Nash–Sutcliffe	0.40	
Pearson	0.74	0.44



CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

- EVALUACIÓN: Temperatura del suelo derivada de Landsat 8 OLI/TIRS.



	Temp. Suelo vs Humedad suelo
Pearson	-0.60 ± 0.11

RESULTADOS: agua

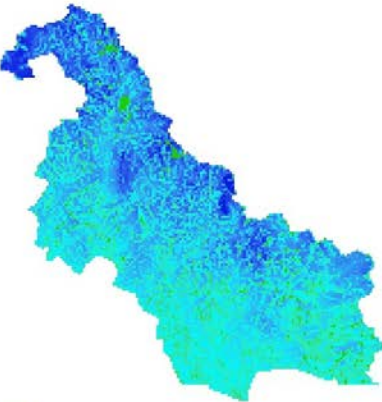
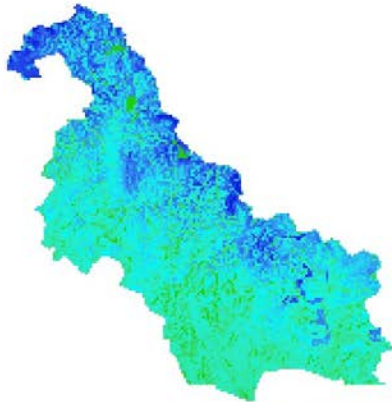
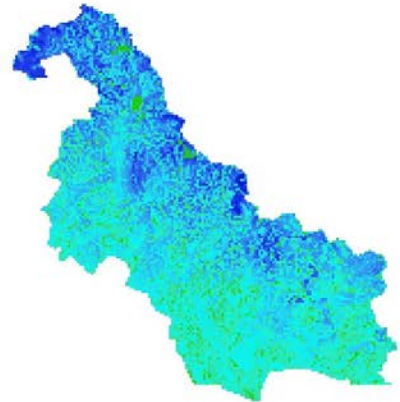
Scenario 1

Scenario 2

Scenario 3



Percolación



ET

Water (mm)



Gran consumo de agua a través de la ET que se incrementa ligeramente tras el manejo.

RESULTADOS: agua

Water year	Gr(mm)	Demand (hm ³)	Contribution/Demand		Net increasing	
			Unmanaged	Managed	(m ³)	(mm)
2007-2008	345	2.3	1.3	1.4	8416.7	0.71
2008-2009	443	2.4	1.5	1.5	8863.0	0.74
2009-2010	352	2.4	1.1	1.1	0	0
2010-2011	314	2.5	0.7	0.7	0	0
2011-2012	228	2.5	0.4	0.4		0
2012-2013	460	2.5	1.8	1.8	4375.9	0.37
2013-2014	167	2.5	0.2	0.2	0	0
2014-2015	348	2.6	1.0	1.0	2767.9	0.23
2015-2016	232	2.6	0.5	0.5	4847.4	0.41
2016-2017	552	2.6	4.2	4.2	3390.1	0.28

Precipitaciones por debajo de los 340 mm no parecen cubrir las necesidades de consumo de agua.

RESULTADOS: agua tras el manejo forestal





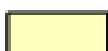

Water year	Gr(mm)	Demand (hm ³)	Contribution/Demand		Net increasing	
			Unmanaged	Managed	(m ³)	(mm)
2007-2008	345	2.3	1.3	1.4	8416.7	0.71
2008-2009	443	2.4	1.5	1.5	8863.0	0.74
2009-2010	352	2.4	1.1	1.1	0	0
2010-2011	314	2.5	0.7	0.7	0	0
2011-2012	228	2.5	0.4	0.4		0
2012-2013	460	2.5	1.8	1.8	4375.9	0.37
2013-2014	167	2.5	0.2	0.2	0	0
2014-2015	348	2.6	1.0	1.0	2767.9	0.23
2015-2016	232	2.6	0.5	0.5	4847.4	0.41
2016-2017	552	2.6	4.2	4.2	3390.1	0.28

El manejo forestal bajo precipitaciones ≤ 350 mm no producen incremento de agua. Las características de la lluvia influyen enormemente en este balance.

RESULTADOS: fuego

Índice modificado KDBY (Garcia-Prats et al.) 2015, basado en la humedad del suelo.

Legend

	≥ 700	Exceptional Fire Risk
	650 to 699.99	Extreme Fire Danger
	550 to 649.99	Very High Fire Risk
	400 to 549.99	High Fire Risk
	300 to 399.99	Above Average Fire Risk
	< 300	Average or Low

El manejo forestal reduce un 27 % el riesgo de incendio y lo cambia de categoría.

RESULTADOS: fuego

Duration (day)	Unmanaged	Managed
0.5	331.6±97.1	146.9±113.2
1	567.4±166.4	427.2±265.9
1.5	1439.8±336.2	1122.4±480.6
2	1736.7±422.7	1639.3±585.7

El manejo forestal reduce un 26 % el área afectada por un incendio.

RESULTADOS: manejo multicriterio

$$BC = (MVW \cdot W \cdot (1 - P_f) + MVW \cdot W \cdot P_f + BV \cdot TB) / (P_f \cdot FEC \cdot BrA + P_f \cdot RC \cdot BrA + MC)$$

MVW: Valor Marginal del Agua (€/m³).

W: Agua (m³).

Pf: probabilidad de incendio.

BV: Valor de la biomasa (€/T).

TB: Biomasa (T).

FEC: Costes de extinción (€/ha).

BrA: área quemada (ha).

RC: Costes de restauración (€/ha).

MC: Costes de manejo (€/ha).

Variable	COST	Units	Reference
Water (MVW)	0.175	e m ⁻³	Pulido-Velázquez et al. (2013)
Fire extinction	375.5	e ha ⁻¹	Vázquez et al. (2014)
Restoration	6056.74	e ha ⁻¹	MAGRAMA
Biomass	42	e Tn ⁻¹	de Serra (2016)
Management	1635	e ha ⁻¹	de Serra (2016)

3 escenarios climáticos diferentes de 3 años cada uno

RESULTADOS: manejo multicriterio

$$BC = (MVW \cdot W \cdot (1 - P_f) + MVW \cdot W \cdot P_f + BV \cdot TB) / (P_f \cdot FEC \cdot BrA + P_f \cdot RC \cdot BrA + MC)$$

Scenario	Gr (mm)	Water	Water + Biomass + Fire							
		Managed	Unmanaged				Managed			
			0.5 d.	1 d.	1.5 d.	2 d.	0.5 d.	1 d.	1.5 d.	2 d.
1	299	2.3	1.7	0.7	0.3	0.2	1.3*	1.2	0.4*	0.2*
	299									
	371									
2	246	1.5	1.1	0.4	0.2	0.1	0.9*	0.8	0.3*	0.2*
	213									
	312									
3	145	2.2	1.6	0.6	0.3	0.1	1.3*	0.7	0.4*	0.2*
	221									
	434									

RESULTADOS: manejo multicriterio

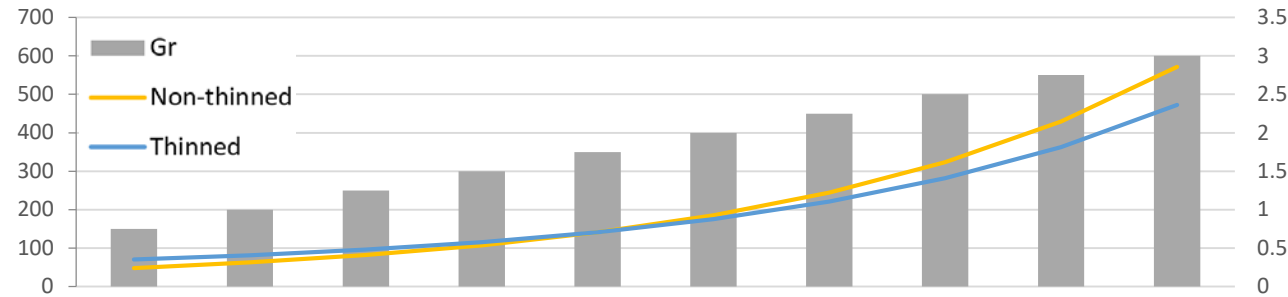
$$BC = (MVW \cdot W \cdot (1 - P_f) + MVW \cdot W \cdot P_f + BV \cdot TB) / (P_f \cdot FEC \cdot BrA + P_f \cdot RC \cdot BrA + MC)$$

Scenario	Gr (mm)	Water	Water + Biomass + Fire							
		Managed	Unmanaged				Managed			
			0.5 d.	1 d.	1.5 d.	2 d.	0.5 d.	1 d.	1.5 d.	2 d.
1	299	2.3	1.7	0.7	0.3	0.2	1.3*	1.2	0.4*	0.2*
	299									
	371									
2	246	1.5	1.1	0.4	0.2	0.1	0.9*	0.8	0.3*	0.2*
	213									
	312									
3	145	2.2	1.6	0.6	0.3	0.1	1.3*	0.7	0.4*	0.2*
	221									
	434									

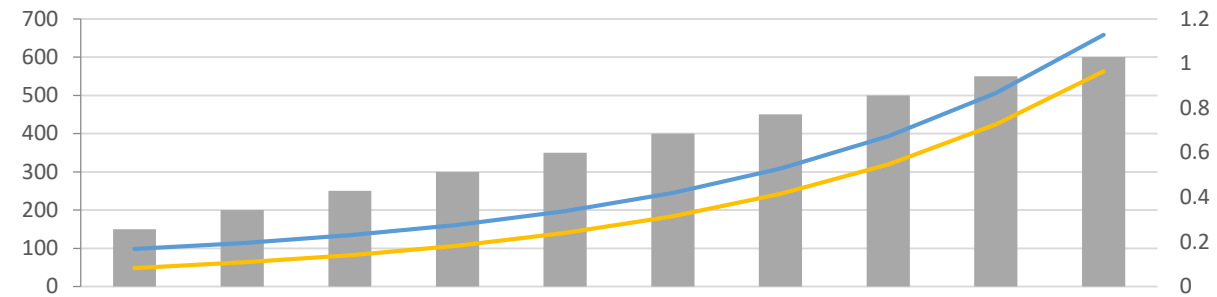
RESULTADOS: manejo multicriterio

$$BC = (MVW \cdot W \cdot (1 - P_f) + MVW \cdot W \cdot P_f + BV \cdot TB) / (P_f \cdot FEC \cdot BrA + P_f \cdot RC \cdot BrA + MC)$$

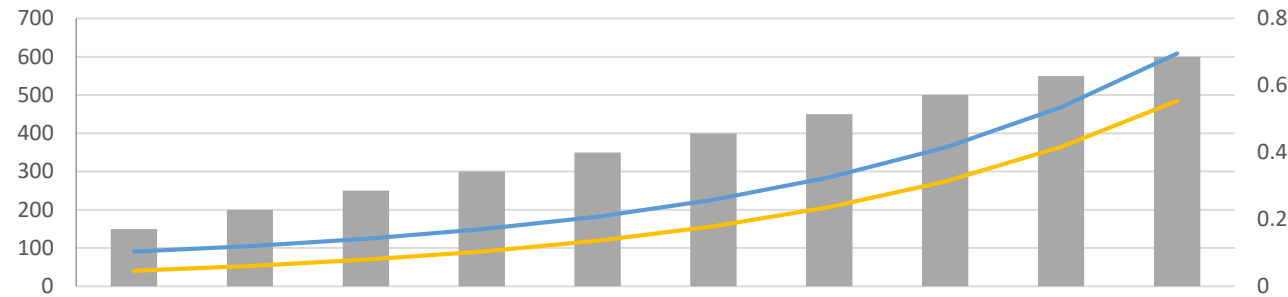
0.5 day fire



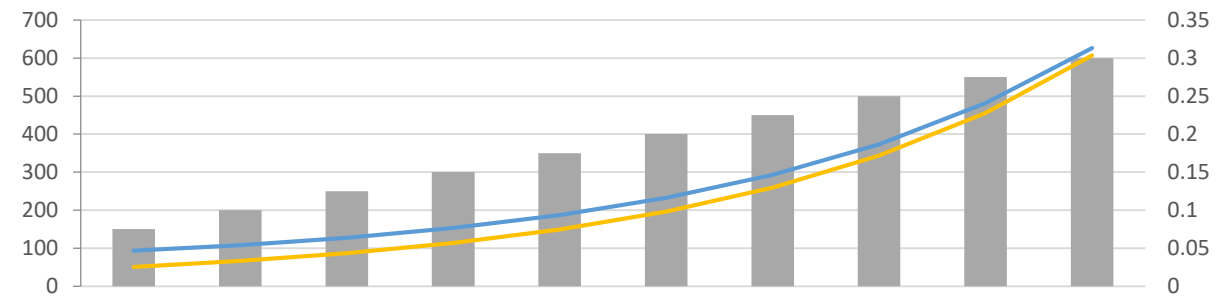
1 day fire



1.5 day fire



2 day fire



Para incendios ≥ 1.5 día (≥ 500 ha) el manejo resulta SIEMPRE más rentable.

CONCLUSIONES

- Las zonas altas de cuencas semiáridas son una importante fuente de agua.
- Su manejo forestal **incrementa la cantidad de agua**, pero no lo suficiente como para que resulte más ventajoso que no manejar.
- Además reduce considerablemente el riesgo y propagación de incendios forestales.
- La combinación de **AGUA** + **BIOMASA** + **INCENDIO** resulta clave para que el manejo sea rentable y por tanto atractivo para los propietarios forestales.
- Los costes de restauración son un elemento clave en el balance económico, seguidos de la biomasa y de la producción de agua.



Agradecimientos

- Ministry of Science and Innovation and FEDER funds
 - Hydrological characterization of forest structures at plot scale for an adaptive management (HYDROSIL) CGL2011-28776-C02-02; SILWAMED “CGL2014-58127-C3-2”; CEHYRFO-MED “CGL2017-86839-C3-2-R”.
- LIFE17 CCA/ES/000063 RESILIENTFORESTS.
- Consellería de de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural GVA (Javier Hermoso, Emilio González, Manuela Roldán, Carmen Saiz).
- Ayuntamiento de Serra (especialmente a Juan José Mayans y Pilar Mocé).
- Parque Natural de La Sierra Calderona.



Gracias por su atención!