



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

## Indicadores de sostenibilidad en la gestión forestal actual de las masas de *Pinus pinea* L



Autor. Rafael Calama<sup>1,7</sup>

Otros autores. Gregorio Montero<sup>1,7</sup>, Javier Vázquez-Piqué<sup>2</sup>, Reyes Alejano<sup>2</sup>, Javier Gordo<sup>3</sup>, Javier Moro<sup>5</sup>, Rodrigo Gandía<sup>4</sup>, Victorino Camacho<sup>6</sup>, Fabio Natalini<sup>2</sup>, Guillermo Madrigal<sup>1,7</sup>, Mar Conde<sup>1</sup>, Marta Pardos<sup>1,7</sup>

<sup>1</sup> INIA-CIFOR

<sup>2</sup> Universidad de Huelva

<sup>3</sup> Servicio Territorial de Medio Ambiente de Valladolid

<sup>4</sup> Servicio Territorial de Medio Ambiente de Ávila

<sup>5</sup> Centro de Montes Lugar Nuevo y Selladores

<sup>6</sup> Ayuntamiento Almonte

<sup>7</sup> iuFOR INIA-UVa

Plasencia 27 junio 2017



# Introducción



- *Pinus pinea* L. elemento característico Mediterráneo
- Productos: piñones, madera, leñas, setas, caza...
- Servicios: erosión, diversidad, fijación CO<sub>2</sub>, recreo
- GFS: identificar, evaluar y garantizar la provision de servicios ecosistémicos mediante la gestión
- Modelos sensibles al clima y a la gestión permiten evaluar la provision de estos servicios



**Criterios:** elementos clave que permiten evaluar la sostenibilidad de la gestión forestal  
**Indicadores** son parámetros cuantitativos, cualitativos o descriptivos

## Objetivos

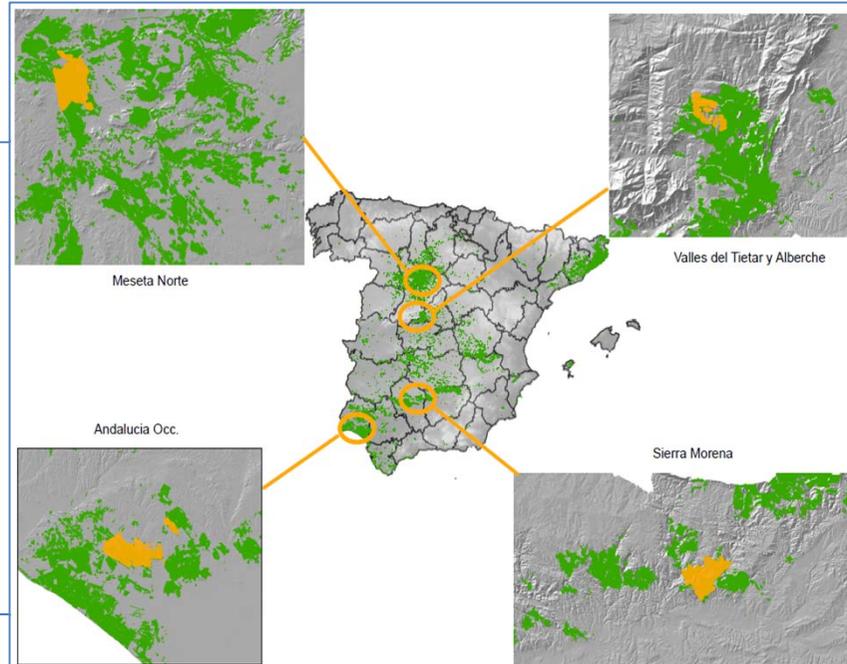
Evaluar la sostenibilidad de la gestión forestal actual a escala de rodal en pinares de *Pinus pinea* en cuatro zonas de estudio representativas

1. Caracterización de las zonas de estudio
2. Definición de la silvicultura actualmente aplicada en cada caso de estudio
3. Identificación de las herramientas de simulación
4. Definición de los indicadores a evaluar
5. Desarrollo de las simulaciones
6. Análisis de los datos



# Caracterización de las regiones de estudio

- Altitud: 600 – 750 m
- Llanuras arenosas
- Pp anual: 400 mm
- T<sup>a</sup> anual: 12 °C
- Piña: < 200 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>

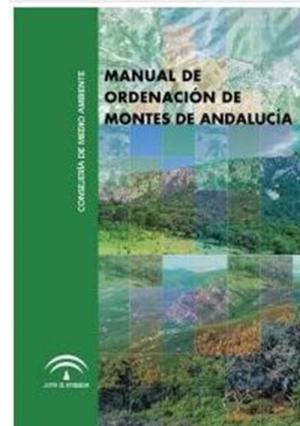
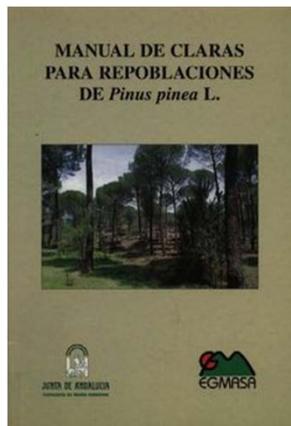
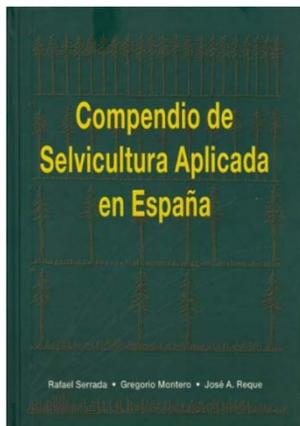


- Altitud: 600 – 1000 m
- Relieve abrupto
- Pp anual: 650 mm
- T<sup>a</sup> anual: 13-14 °C
- Piña: 350 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>
- Paisaje, recreativo, ganado

- Altitud: 0 – 200 m
- Llanuras sedimentarias arenosas
- Pp anual: 550 mm
- T<sup>a</sup> anual: 19 °C
- Piña: <100 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>
- Maderera, protección

- Altitud: 200 – 800 m
- Relieve abrupto, rocoso
- Pp anual: 500 – 900 mm
- T<sup>a</sup> anual: 15-18 °C
- Piña: 50 – 250 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>
- Repoblaciones 1950 – 1970
- Protección

# Definición de la selvicultura actual en cada caso de estudio



**Esquema selvicultura actual.**  
**Caso Estudio: grupo de montes Viana de Cega**  
 Gestión propuesta para masas regulares

**Objetivos de la gestión propuesta**

- Producción preferente piña, secundaria madera
- Garantizar la consecución de la regeneración natural
- Mantenimiento de una masa regular monoespecífica

**Programación en el tiempo de las intervenciones propuestas**

	Edad	N (pies/ha)	D <sub>0</sub> (cm)	H <sub>0</sub> (m)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Tratamiento propuesto	N extraído (pies/ha)
a	10	>1,000	<10	2-3		Clareo semisistemático	Necesarios hasta dejar 500 pies/ha
b	15-20	500	12-15	5	5	1ª Poda de limpieza fuste	
c	25-30	500	15-20	6-7	7-8	Clara selectiva	250
c.1.	Inmediato al anterior	250				2ª poda de limpieza de fuste	
c.2.	Inmediato al anterior					Limpia de matorral y regenerado avanzado no viable	
d	45-50	250	25-30	10-12	12-14	Clara selectiva	100
d.1	Inmediato al anterior	150				3ª poda limpieza de fuste (opcional)	
e	50 - 100	↓	↓	↓	↓	Periodo productivo Cortas policía sobre pies muertos	No se extrae arbolado
f	100	150	45	16-17	22-24	Cortas preparatorias / diseminatorias	70
f.1	Inmediato al anterior					Eliminación de pies menores de regeneración avanzada	
g	110	80	50	17-18	14	Primera corta aclaratoria	40
g.1	Inmediato al anterior					Intervención sobre bosquetes de regenerado establecido	
h	115	40	55	17-18	8	Segunda corta aclaratoria / corta final	25-30
h.1	Inmediato al anterior					Intervención sobre bosquetes de regenerado establecido	
h.2	Inmediato al anterior					Siembra o plantación en huecos no regenerados	
i	> 125	10-15	~60	> 18	2-3	Corta final y/o mantenimiento de pies extramaduros grandes productores	

**Clave colores**

Yellow	Selvicultura sobre regenerado y monte bravo
Light Green	Tratamientos de mejora
Blue	Periodo máxima producción masa
Orange	Cortas de regeneración

## Definición de la silvicultura actual en cada caso de estudio



### Grupo de Montes de Viana de Cega:

- Densidad inicial: 500 pies/ha
- Turno: 120 años
- Dos claras bajas: 25 y 45 años
- Densidad final: 150 pies/ha
- Cortas por ASU, 25-30 años
- 6-10 pies/ha remanentes
- Producción mixta madera - piña

## Definición de la silvicultura actual en cada caso de estudio



### Grupo de Montes de Hoyo de Pinares:

- Densidad inicial: 800 pies/ha
- Turno: 150 años
- Tres claras bajas: 20, 40 y 60 años
- Clara selectiva: 90 años de edad
- Densidad final: 75 pies/ha
- Cortas por ASU, periodo de 25-30 años
- 15 pies/ha remanentes
- Producción piña
- Transformación masas semirregulares

## Definición de la selvicultura actual en cada caso de estudio



### Lugar Nuevo:

- Densidad inicial: 1000 pies/ha
- Turno: 90 años
- Dos claras bajas: 35 y 50 años de edad
- Densidad final: 150 pies/ha
- Cortas por ASU, periodo de 10-20 años
- Sustitución total de la masa
- Producción madera
- Protección frente a la erosión

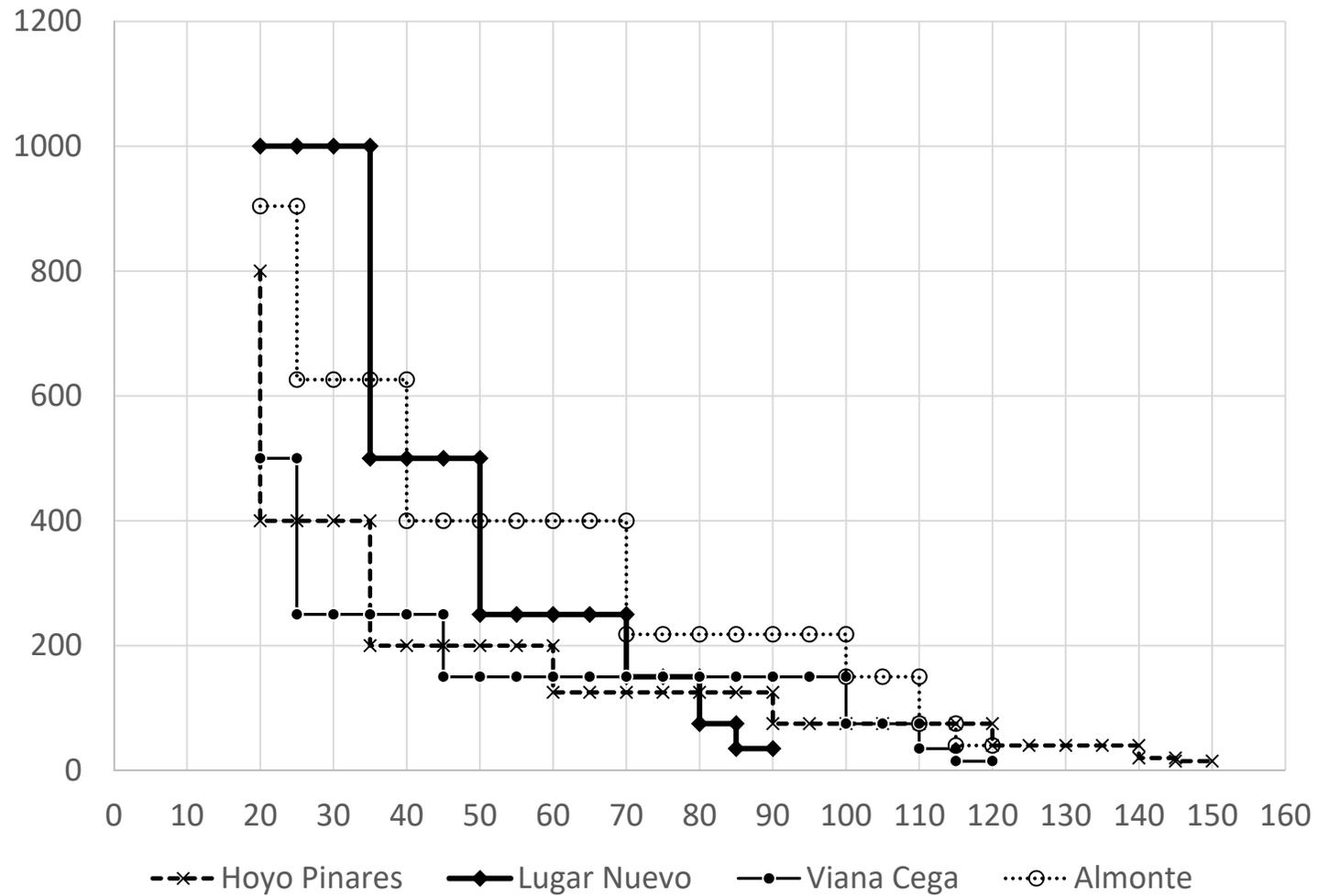
## Definición de la silvicultura actual en cada caso de estudio



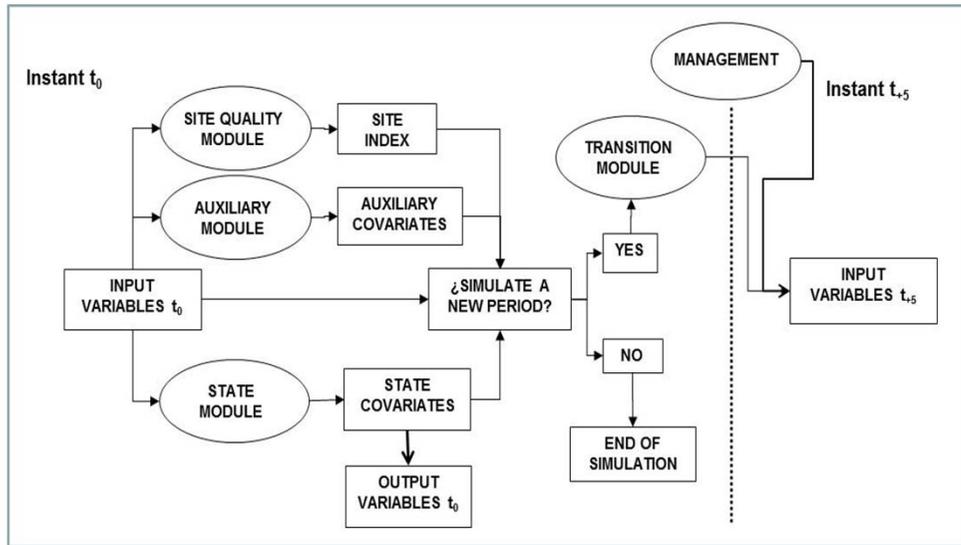
### Pinares ordenados de Almonte:

- Densidad inicial: 900 pies/ha
- Turno: 120 años
- Tres claras bajas: 35, 40 y 70 años
- Densidad final: 220 pies/ha
- Cortas por ASU, periodo de 20 años
- Sustitución total de la masa
- Producción biomasa
- Protección frente a la erosión

# Definición de la selvicultura actual en cada caso de estudio



# Modelo de simulación PINEA2



Modelo árbol individual independiente de la distancia  
 Pasos de 5 años  
 Sensible a la gestión: turnos y claras  
 Modulo de estado:

- Producción de madera con uso final
- Nivel de daño por *Phellinus pini*
- Producción media anual de piña
- Biomasa & Fijación de CO<sub>2</sub>

Listado de árboles individuales  
 Simulador de rodal  
 Meseta Norte, Sistema Central y Sierra Morena

ID	A	t0	t5	d	d'	Vuelcos	Virenes	Vitr
7	474	47.32	1.62	2229.79	1.29	930.80	546.14	304.46
8	25	46.02	1.50	2117.90	1.25	781.87	479.81	302.06
9	304	43.80	1.52	1919.51	1.19	694.21	375.87	318.34
10	196	42.95	1.35	1844.45	1.17	666.28	344.34	323.94
11	434	42.95	1.35	1844.45	1.16	664.66	342.66	321.90
12	259	42.41	1.65	1798.36	1.15	637.33	310.87	326.46
13	338	41.73	1.01	1741.88	1.13	636.90	310.69	326.22
14	461	42.27	1.64	1766.56	1.15	632.77	308.94	323.64
15	437	42.25	1.69	1765.03	1.15	630.42	307.94	322.48
16	452	41.98	1.60	1762.42	1.14	623.13	305.22	317.91
17	436	41.15	1.11	1693.07	1.12	611.69	289.78	330.90
18	410	41.12	1.42	1691.09	1.12	609.66	276.00	323.66
19	290	41.34	1.73	1709.09	1.10	596.96	274.52	321.43
20	366	41.10	1.66	1688.97	1.10	573.18	272.20	317.50
21	88	40.74	1.39	1680.09	1.10	567.47	261.53	336.94
22	395	40.26	1.91	1702.62	1.12	566.84	261.30	336.54
23	305	40.81	1.74	1665.35	1.11	577.37	247.81	329.56
24	496	40.03	1.12	1602.04	1.11	565.24	246.84	326.56
25	241	40.58	1.86	1646.49	1.10	564.06	243.21	320.85
26	469	40.03	1.39	1699.67	1.10	561.49	222.62	338.86
27	347	40.00	1.48	1606.42	1.10	561.09	222.48	338.61
28	441	40.17	1.11	1634.70	1.09	554.44	214.47	337.56

Huelva: Tablas de Producción de Montero et al. (2004)

# Criterios e indicadores de sostenibilidad en las masas de *Pinus pinea* L.



## *Existencias y contribución al ciclo de carbono*

- Volumen total (V, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)
- Área Basimétrica total (AB, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>)
- Stock de carbono (C, t. ha<sup>-1</sup>)

## *Producción*

- Producción madera: crecimiento medio anual de la masa (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)
- Producción media de piña (kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)
- Producción media de leñas (t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

## *Ingresos económicos*

- Renta media producción de madera y leñas (€ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>): sierra (> 35 cm), afección I, II, III, IV : 45, 40, 30 y 25 € / m<sup>3</sup>; trituración: 20 € / m<sup>3</sup>; leñas: 10 € / t
- Renta media aprovechamiento de piña (€ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>): producción por árbol < 1 kg: 0.10 € / kg; 1 – 5 kg: 0.25 €/kg; > 5 kg : 0.45 €/kg.
- Renta total (€ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>): suma de las dos anteriores
- VAN (€ ha<sup>-1</sup>): tasa de descuento del 3%.

## *Diversidad estructural:*

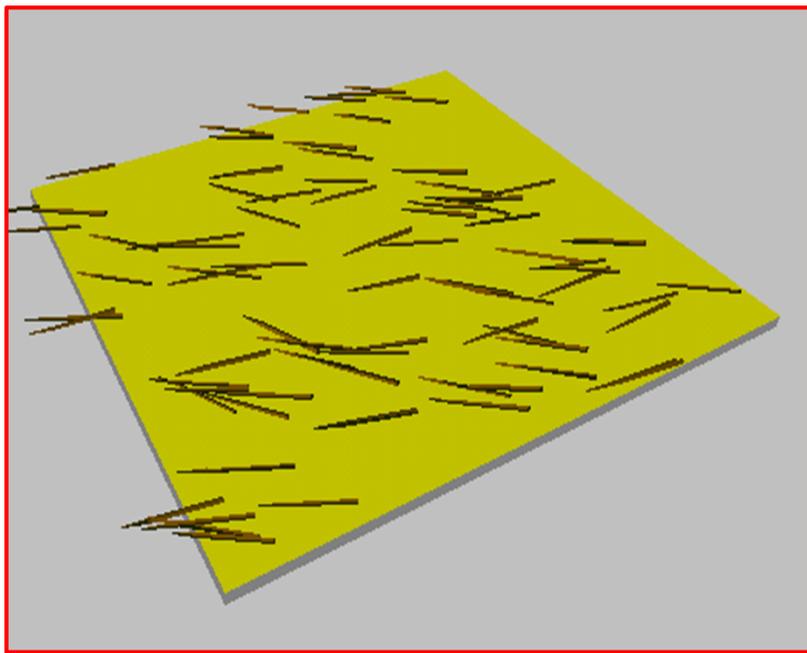
- Estructura horizontal (CV\_dbh) \*
- P9010 \*
- Estructura vertical (CV\_H) \*
- LST>50
- Área basimétrica (BA\_extra, m<sup>2</sup>/ha) de remanentes

## *Cobertura*

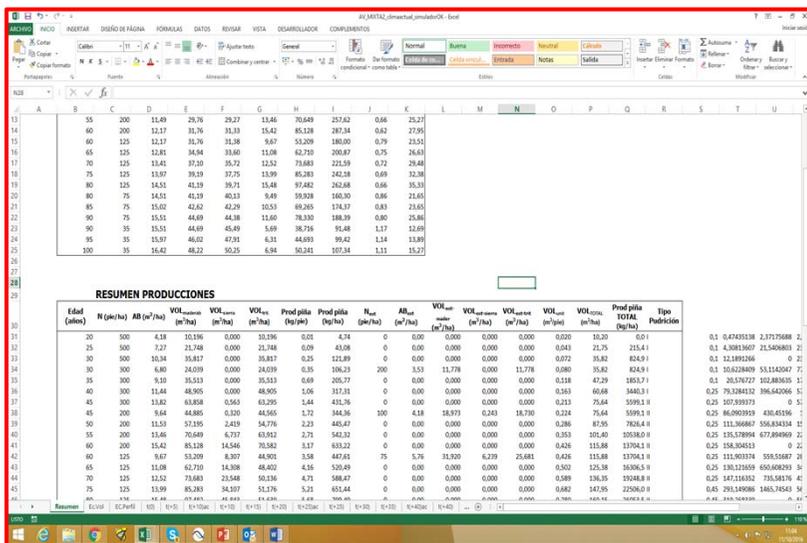
- FCC (%): fracción de cabida cubierta media

**5 criterios y 16 indicadores cuantificables a partir de los modelos**

# Desarrollo simulaciones y análisis de datos



- Rodal puro de 1 ha
- Comienzo simulación: 20 años de edad
- Calidad de estación media alta:
  - SI 16.5: Viana – Hoyo Pinares
  - SI 17.5: Almonte
  - SI 18.5 Lugar Nuevo
- Densidad inicial y turno
- Efecto aleatorio de árbol
- Asumimos clima actual
- Simulador PINEA .xla



**RESUMEN PRODUCCIONES**

Edad (años)	N (árboles/ha)	AB (m³/ha)	VOL <sub>total</sub> (m³/ha)	VOL <sub>reserva</sub> (m³/ha)	VOL <sub>com</sub> (m³/ha)	Prof pñla (kg/ha)	Prof pñla (€/ha)	N <sub>res</sub> (árboles/ha)	AB <sub>res</sub> (m³/ha)	VOL <sub>total res</sub> (m³/ha)	VOL <sub>total com</sub> (m³/ha)	VOL <sub>total</sub> (m³/ha)	VOL <sub>total</sub> (m³/ha)	Prof pñla TOTAL (€/ha)	Tipo Producción
20	500	4.18	10.156	0.000	19.196	0.01	4.74	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.020	16.20	0.01
25	500	7.27	21.746	0.000	25.746	0.09	43.08	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.043	21.75	0.15
30	500	10.34	35.827	0.000	39.827	0.25	121.89	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.072	35.82	0.24
35	300	6.80	24.039	0.000	24.039	0.35	106.23	200	3.53	11.778	0.000	11.778	0.000	35.82	0.24
40	300	9.30	35.533	0.000	35.533	0.69	205.37	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.118	47.29	0.63
45	300	11.44	48.905	0.000	48.905	1.05	312.11	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.363	60.68	1.04
50	150	13.82	63.828	0.563	63.295	1.44	431.76	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.213	75.64	1.59
55	100	9.64	44.805	0.320	44.565	1.72	344.36	100	4.18	18.973	0.243	19.700	0.224	75.64	1.59
60	50	11.59	57.959	2.419	54.796	2.23	442.47	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.286	83.95	2.04
65	200	13.46	70.649	6.717	63.912	2.71	542.32	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.353	101.40	2.50
70	100	15.42	85.128	14.546	70.582	3.17	633.22	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.426	115.88	3.00
75	50	9.67	53.209	8.307	44.902	3.58	442.61	75	5.79	23.509	6.219	29.848	0.426	115.88	3.00
80	125	11.08	62.730	14.308	48.420	4.16	520.49	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.502	125.18	3.50
85	70	12.52	73.683	23.548	50.136	4.71	588.47	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.589	136.35	3.94
90	35	13.99	85.283	34.537	50.746	5.23	651.44	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.682	143.95	4.34
95	15	14.16	89.493	44.843	44.650	6.43	709.49	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.785	149.44	4.71
100	5	14.16	89.493	44.843	44.650	6.43	709.49	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.785	149.44	4.71

- **Análisis Exploratorio**
  - **Análisis de Componentes Principales**
  - **ANOVA entre casos de estudios**
    - Por grupo de indicadores
    - Total
  - **Diagrama de AMEBA**
- Estandarizados**

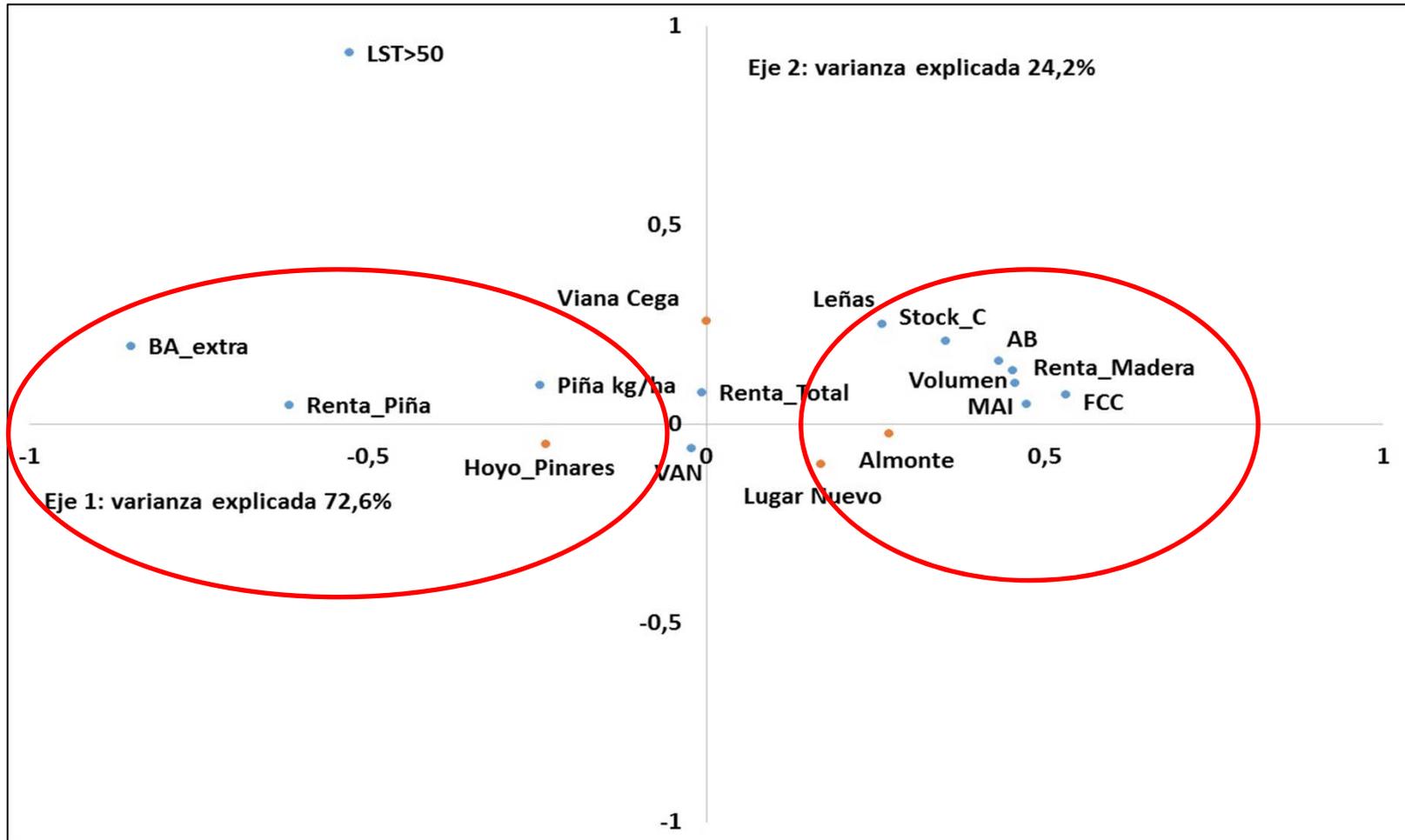
## Resultados y discusión (I): análisis exploratorio

Criterio	Indicador	Lugar Nuevo	Viana de Cega	Hoyo de Pinares	Almonte
Existencias y contribución al ciclo de carbono	V (m3/ha)	73,8	76,1	<b>67,1</b>	<b>138</b>
	AB (m2/ha)	12,9	13,2	<b>10,8</b>	<b>20,9</b>
	C stock (t/ha)	<b>28,530</b>	33,893	28,948	<b>45,070</b>
Producción	Prod madera (m3/ha.año)	2,605	1,775	<b>1,518</b>	<b>2,978</b>
	Prod leñas (t m.s./ha.año)	0,608	<b>0,689</b>	<b>0,564</b>	0,614
	Prod piña (kg/ha.año)	<b>96,9</b>	151,6	<b>363,2</b>	116,3
Ingresos	Renta piña (€/año)	<b>8,57</b>	28,47	<b>106,67</b>	12,386
	Renta madera (€/año)	61,83	46,20	<b>34,01</b>	<b>64,49</b>
	Renta anual (€/año)	70,40	74,67	<b>140,68</b>	76,88
	VAN (€)	1016	<b>753</b>	<b>2090</b>	1104
Diversidad estructural	CV_dbh	0,059	<b>0,056</b>	<b>0,085</b>	na
	CV_H	<b>0,027</b>	0,028	<b>0,048</b>	na
	P9010 (cm)	<b>5,19</b>	6,97	<b>9,93</b>	na
	LSLT>50	<b>0</b>	<b>38</b>	34	<b>0</b>
	BA_extra (m2/ha)	<b>0</b>	1,41	<b>4,5</b>	<b>0</b>
Cobertura	FCC	42,5	33,3	<b>26,2</b>	<b>66,2</b>

Polarización entre selviculturas orientadas a producción madera-biomasa vs piña

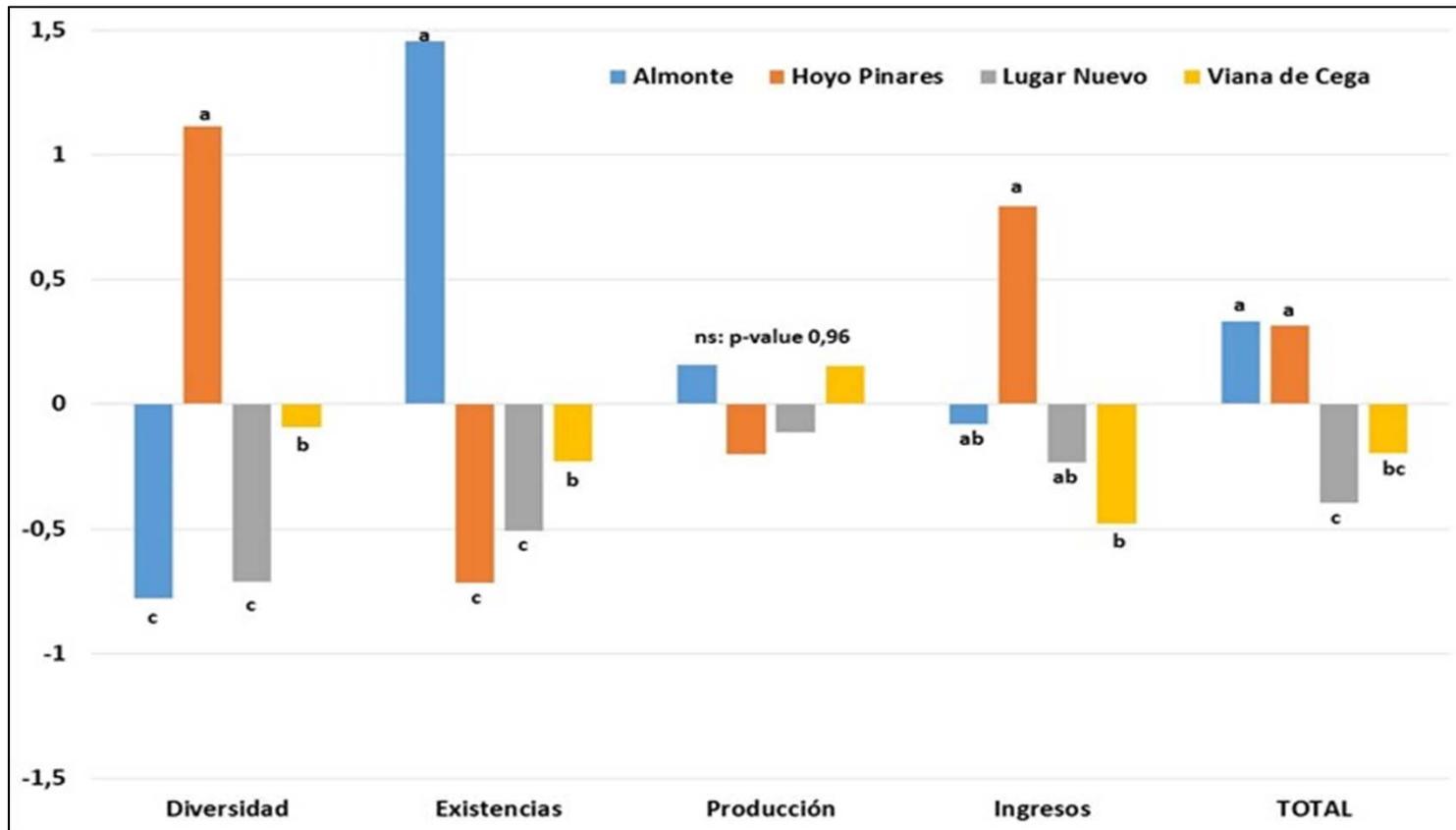
Peso de la piña en la renta actual y VAN

# Resultados y discusión (II): análisis de componentes principales



Relación (+) entre biomasa-stock C-madera  
Relación (+) entre piña-diversidad estructural  
Compromiso entre servicios ecosistémicos

## Resultados y discusión (III): análisis de la varianza



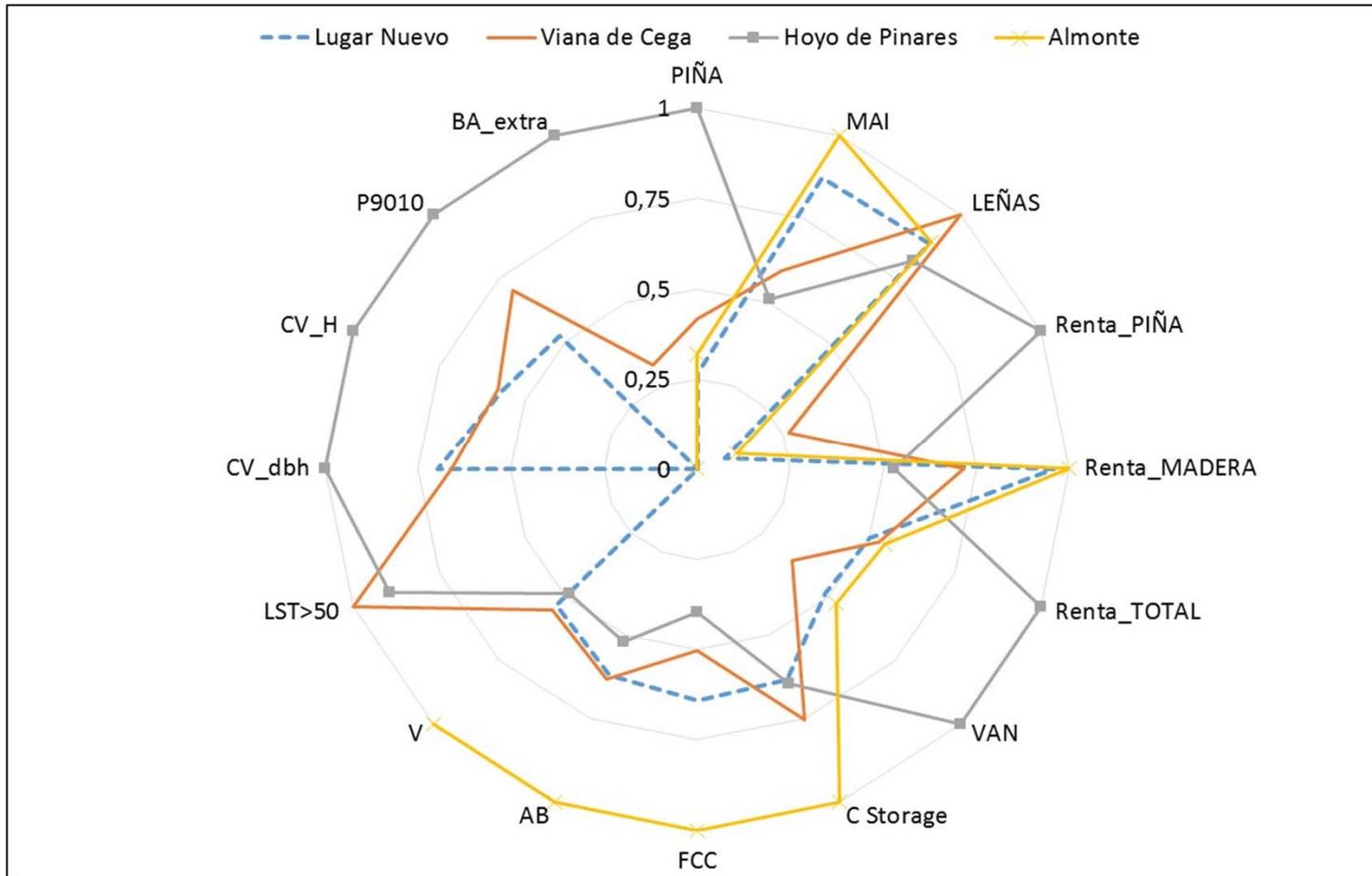
Hoyo de Pinares: diversidad e ingresos piña

Almonte: existencias y madera

Viana de Cega: solución compromiso

Lugar Nuevo: alargar turnos y claras menos intensas

# Resultados y discusión (IV): diagrama AMEBA



Necesidad de ponderar indicadores  
Diferencias ecológicas entre casos de estudio  
Solución equilibrio en Meseta Norte

## Conclusiones y líneas futuras



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

- Utilidad de los modelos para la evaluación de la sostenibilidad en la gestión a escala monte
- Selvicultura orientada a la producción de piña minimiza la producción maderera y stock de C
- Compromiso biomasa – diversidad estructural
- Piña maximiza VAN
- Sensibilidad de las selviculturas muy extremas a cambios de escenario repentinos



**Definir nuevas propuestas de selvicultura y evaluarlas ante escenarios actuales y de cambio global**



## **AGRADECIMIENTOS**

Proyecto RTA2013-00011-C2.1, INIA AT2013-04, AGL2010-15521

Convenio INIA-ITACYL-Diputación Valladolid CC16-095

Personal STMA Valladolid, STMA Ávila, finca Lugar Nuevo

E-mail: [rcalama@inia.es](mailto:rcalama@inia.es)

Web proyecto: <https://sites.google.com/site/regeneracionnatural/home>



**7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

### **Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía**



26 - 30 junio 2017 | **Plasencia**  
Cáceres, Extremadura



[www.congresoforestal.es](http://www.congresoforestal.es)