

# OBJETIVO, DISEÑO Y APLICACIÓN DE EXPERIENCIAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES ATLÁNTICOS

F.J. Silva-Pando<sup>1,2</sup>, M.J. Rozados Lorenzo<sup>1</sup> & M.P. González Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán. C.I.T.A. Apartado 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: silva@inia.es

<sup>2</sup> Departamento de Producción Vegetal. E.P.S. Universidad de Santiago de Compostela. 27002-LUGO (España)

## Resumen

Desde 1978 se han instalado varias parcelas de ensayo de sistemas silvopastorales con vistas a su aplicación en zonas atlánticas de la Península Ibérica. En esas parcelas se han realizado diversos ensayos, algunos de los cuales se describen a continuación, indicando su objetivo, elementos empleados, metodología, técnicas de análisis y principales resultados a obtener.

Palabras clave: *Silvopastoralismo, Metodología, Producción, Microclima, Competencia, Galicia*

## INTRODUCCIÓN

Desde 1978, investigadores del Centro de Investigaciones Forestales y Ambientales de Lourizán han establecido diferentes ensayos sobre sistemas agroforestales, fundamentalmente de tipo silvopastoral, en pinares y eucaliptales atlánticos. En años posteriores se incorporaron a los trabajos investigadores de la Escola Politécnica Superior de Lugo, del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo y de la Misión Biológica de Galicia.

Como consecuencia de los ensayos realizados se ha obtenido un notable conocimiento sobre la composición, funcionamiento, relaciones, productos y gestión de estos sistemas.

Los ensayos han sido instalados en sistemas silvopastorales, que consisten en aquellos integrados por arbolado y ganado para el aprovechamiento de la vegetación del sotobosque o del pastizal sembrado (NAIR, 1994).

En la presente comunicación se presentan los ensayos de mayor relevancia, con los objetivos, componentes, diseños aplicados, metodología de muestreo y resultados que se espera obtener.

## AREA DE ENSAYO

Las localidades donde se han instalado parcelas son Marco da Curra-Monfero, Coto do Muño-Zas (A Coruña), Lugo (Lugo), Lourizán-Pontevedra y Pazos-Pontecaldelas (Pontevedra). Las principales características fisiográficas y climatológicas de los lugares de ensayo se presentan en la tabla 1.

En general el clima de todas las localidades es de tipo marítimo, con inviernos fríos y lluviosos y veranos templados y frecuentemente lluviosos, con la cantidad de lluvia en los meses de verano muy inferior a la de los meses de invierno.

Localidad	Altitud m	Exposición	Pendiente %	Superficie Ha	Sustrato	T <sup>a</sup> media anual	Precipitación media anual	Especies arbóreas	Ganado
Marco da Curra	550	O	5	11	Pizarras	10'6	1.422	Pp, Ps	Ovejas, cabras, caballos
Coto do Muíño	410	-	-	800	Esquistos	11'7	1.602	Eg	Ovejas, cabras, caballos, vacas
Lugo	420	S	2	1	Sedimentos	11'7	753	Pm, Cs, Bc, Qr, Pp, Pr	-
Lourizán	60	N	15	1	Gneis	14'1	1.715	Eg	Cerdos
Pazos	400	N	5	1	Granitos	11'5	2.290	Pm, Cs, Bc, Qr, Pp, Pr	-

Pm = *Pseudotsuga menziessii*, Pp = *Pinus pinaster*, Pr = *P. radiata*, Ps = *P. sylvestris*, Bc = *Betula celtiberica*, Cs = *Castanea sativa*, Eg = *Eucalyptus globulus*, Qr = *Quercus rubra*

**Tabla 1.** Características fisiográficas, climáticas y de gestión de las parcelas instaladas.

La vegetación arbórea está indicada en la tabla 1. La vegetación del sotobosque, en el momento del montaje de las parcelas era casi impenetrable, con dominio de tojo (fundamentalmente *Ulex europaeus*) y brezos (*Erica* spp., *Calluna* sp.), acompañadas de otras especies típicas del matorral atlántico (tabla 2).

Antes del montaje de los ensayos se estudiaron las características de las parcelas, mediante inventarios de vegetación, toma de muestras del suelo (calicata y muestras medias de 0-20 y 20-40 cm de profundidad), mediciones de arbolado y cuantificación de la biomasa de matorral, entre otras.

## ENSAYOS EN MARCO DA CURRA

La zona del ensayo se repobló, en 1955, con *Pinus pinaster* y *P. sylvestris* de procedencia Castilla-León. Los trabajos de cierre, desbroce e instalación de los ensayos se iniciaron en 1980, cerrándose una superficie de 11 hectáreas (RIGUEIRO, 1985). La densidad inicial era superior a los 1.000 pies.ha<sup>-1</sup>; actualmente la densidad del arbolado es de 800 pies.ha<sup>-1</sup>, que no están uniformemente repartidos por toda la parcela. La parcela se dividió en 4 bloques, aproximadamente de la misma superficie, lo que permitió la rotación mensual del ganado. Inicialmente se intro-

LOCALIDAD	ESPECIES PRESENTES
Marco da Curra	<i>Rubus</i> sp., <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Ulex europaeus</i> , <i>U. galli</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Erica mackaiana</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Pseudarrhenatherum longifolium</i> , <i>Agrostis hesperica</i> , <i>Avenochloa sulcata</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Ilex aquifolium</i>
Coto do Muíño	<i>Ulex europaeus</i> , <i>Erica australis</i> , <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Erica cinerea</i> , <i>Erica umbellata</i> , <i>Pseudoarrhenatherum longifolium</i> , <i>Hypochaeris radicata</i> , <i>Rubus</i> sp.
Lourizán	<i>Ulex europaeus</i> , <i>Ulex breoganii</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Agrostis capillaris</i>
Pontecaldelas	<i>Dactylis glomerata</i> , <i>Erica cinerea</i> , <i>Agrostis capillaris</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Ulex europaeus</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Rubus</i> sp., <i>Cytisus striatus</i>

**Tabla 2.** Principales especies presentes en la actualidad en las parcelas instaladas.

dujeron 18 cabras, pasando a continuación a introducir ovejas, de forma que a partir del 21 año la proporción fue de una cabra por cada tres ovejas. La carga instantánea en cada bloque pastoreado fue de 15 cabezas de ganado menor (cgm) por hectárea, sin contar las crías; la carga media anual sobre toda la parcela fue de 4-5 cgm.ha<sup>-1</sup>, carga media que se mantuvo hasta 1997. Desde entonces se retiró el ganado menor, siendo la parcela pastoreada en el año 1998 sólo por caballos, entre 9 y 15 cabezas durante un mes.

#### \* Producción del pasto sembrado. Efecto del pastoreo y la cubierta arbórea

El objetivo es conocer la influencia que el grado de cubierta arbórea y la especie ejercen sobre la producción del pasto sembrado.

En abril de 1992, se instalaron cuatro bloques con tres repeticiones de 10 x 10 m cada una. Dos bloques estaban situados bajo *Pinus pinaster*, uno bajo *P. sylvestris* y uno en zona descubierta. Una vez sembradas, se mantuvieron cerradas al pastoreo por 6 meses. En marzo de 1993 se instaló un nuevo bloque colindante con el situado en zona descubierta, consistente en la corta del matorral que se utiliza como control.

Las épocas de muestreo fueron marzo, mayo, agosto, octubre y diciembre. En cada subparcela se colocaron al azar cuatro jaulas de exclusión de 1m<sup>2</sup> después de cortar el pasto en cada muestreo.

#### \* Efecto de la fertilización nitrogenada en la producción del pasto bajo arbolado

El objetivo del ensayo es cuantificar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada sobre la producción, concentración de nitrógeno, actividad del enzima nitrato-reductasa, composición química y digestibilidad en el pasto sembrado, crecimiento, niveles de clorofila, nitrógeno y nutrientes (Ca, K, Mg, Na) en hojas del arbolado y asimilación de nitrógeno por el suelo, bajo dos tipos de cubierta arbórea (*Pinus pinaster* y *P. sylvestris*). Con los resultados obtenidos se pretende establecer la dosis óptima de abonado nitrogenado para la máxima

producción y calidad nutritiva del pasto y máximo crecimiento del arbolado.

En noviembre de 1999, en zonas previamente pastoreadas de las especies indicadas, se instalaron 3 bloques en cada una, compuestos cada uno por cuatro subparcelas de 5 x 5 m, donde se incluyeron un mínimo de 2 árboles en cada subparcela; en febrero de 2000, tres de las subparcelas de cada bloque se encalaron (con caliza dolomítica), abonaron y sembraron en las mismas proporciones que el ensayo anterior, salvo en el caso del nitrógeno que se aplicaron dosis diferentes; la cuarta parcela de cada bloque únicamente se sembró con trébol y dactilo en las mismas cantidades que en el resto. La localización de los tratamientos fue aleatorizada.

Trimestralmente se realiza la corta de pasto en cuatro cuadrados de 0'5 m x 0'5 m por subparcela para determinación de peso seco y proteína bruta. El muestreo también es trimestral para la extracción de suelos incubados y sin incubar, para la determinación de nitrógeno total, nitrógeno inorgánico y mineralización, en cuatro tubos por parcela.

En abril y septiembre de cada año se mide la asimilación fotosintética, conductancia estomática, transpiración, concentración interna y déficit de presión de vapor asociados en el pasto.

Una vez al año se realizan las mediciones de arbolado, el muestreo de acículas para la determinación de clorofila y macronutrientes, además de la determinación de la actividad de la nitrato-reductasa en pasto.

#### \* Efecto de la cubierta arbórea sobre el desarrollo de ecotipos de *Dactylis glomerata* resistentes a la sombra

El objetivo de este ensayo es comparar el desarrollo y comportamiento de distintos ecotipos de *Dactylis glomerata* bajo cubierta de *Pinus pinaster* y *P. sylvestris* y sin cubierta arbórea.

En mayo de 1998 se establecieron tres áreas, una bajo *Pinus pinaster*, otra bajo *P. sylvestris* y otra descubierta. Una vez desbrozadas y fresadas, en cada una se marcaron tres

bloques y dentro de cada uno de ellos se establecieron tantas microparcels de 1 m<sup>2</sup> como poblaciones de dactilo se ensayaron, así como una parcela control abonada pero no sembrada. En otoño de 1998 y 1999 y en primavera de 1999 y 2000 se cortó la producción de pasto en todas las microparcels, determinándose el peso seco y el contenido en proteína bruta por los métodos descritos. La actividad fotosintética y demás parámetros ecofisiológicos asociados del dactilo se midieron, en septiembre de 1999 y 2000, bajo *Pinus pinaster*.

#### **\* Incidencia de la defoliación por herbívoros y la competencia con el matorral**

El ensayo tiene por objeto conocer el efecto de la defoliación causada por el ganado sobre el crecimiento de plantas jóvenes de pino (*Pinus pinaster*), evaluando también la altura mínima de la planta a partir de la cual es susceptible de ser comida por el ganado (oveja) y la competencia que ejerce el matorral sobre los pinos jóvenes.

Se instalaron en abril de 1992 cuatro parcelas de 10 m x 10 m, con *Pinus pinaster* de una savia, inoculado con *Pisolythus tinctorius*. La planta, de unos 20-30 cm de altura, se plantó con marco de 2 x 2 m, cerrándose al pastoreo. Posteriormente, se dejó pastar por dos ovejas durante un día en 2 de las cuatro parcelas; después del pastoreo anterior, se cortó el matorral en la mitad de cada subparcela. Antes y después del pastoreo se midieron los árboles y se anotó el grado de ramoneo, daños, altura en los mismos de la longitud defoliada y si conservaba la yema terminal. Desde el año de plantación, se midieron anualmente los pinos.

#### **\*Producción de hojarasca por el arbolado**

El objeto del ensayo fue cuantificar la producción, conocer la composición y la evolución anual y diferencias espaciales y temporales de la caída de hojarasca bajo *Pinus pinaster* y *P. sylvestris*. Posteriormente fue ampliado para conocer la composición química de las diferentes fracciones de la hojarasca.

En 1988, se instalaron parcelas de 10 m x 10 m bajo las dos especies existentes, en las cuales se colocaron 5 cajas de 0'25 m<sup>2</sup>. Dos de las cajas se colocaron en posiciones fijas para conocer los valores acumulados en un punto, y las tres restantes se movían mensualmente a posiciones aleatorias. Desde marzo de 2000 las muestras se conservan para análisis de nutrientes.

#### **\* Estudio del microclima bajo la cubierta arbórea**

El objeto de las mediciones es conocer la evolución de algunos parámetros micrometeorológicos a distintas alturas bajo cubierta de arbolado y la comparación entre diferentes cubiertas y el exterior.

Para ello, en la parcela numero 2, bajo *Pinus pinaster*, se ha instalado una torre de 15 metros de altura, a la cual se han adosado varios soportes para los sensores. Los sensores instalados son: radiación PAR, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad de viento a 1'5 y 15 m de altura, radiación total a 1 m y tensión hídrica en suelo a 10 cm de profundidad. Los sensores se conectan a registradores de datos (Licor LI-1000), guardados en una caja hermética de poliéster. La configuración es para una frecuencia de almacenamiento de una hora, de forma continua, como media de 60 medidas correspondientes a cada minuto de la hora para cada uno de los sensores. Los datos se descargan cada 15 días a un ordenador portátil.

También se mide la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el centro de las parcelas de producción (nº 1, 2 y 4). La temperatura se mide en los mismos lugares a -0'1, 0'0, 1'5 y 4'2 m de altura y la tensión de agua del suelo, a -0'1 m. Estas mediciones se realizan de forma simultánea en 3 subparcelas durante 15 días cada trimestre.

Dos días al mes se mide la radiación visible en el centro de cada parcela de producción con tubos solarimétricos. Las medidas corresponden a tres minutos cada dos horas.

## ENSAYOS EN PONTECALDELAS

La parcela se replanteó en junio de 1995, desbrozándose a continuación, con posterior fresado de tractor a 25 cm de profundidad. En marzo de 1996 se plantaron, por el método de casillas de 30 x 30 x 30 cm, las siguientes especies: *Castanea sativa*, *Quercus rubra*, *Pinus pinaster*, *P. radiata* y *Pseudotsuga menziessii* (*Betula celtiberica* se plantó un año después), con planta de un año, en subparcelas de 30 x 40 m, con una distribución sistemática que corresponden a 7 marcos de plantación, de forma que las cuatro primeras filas se encontraban separadas dos metros entre sí, con la planta en cada fila a 2 m, pasando las filas siguientes a partir de la 5ª a 3, 4, 5, ..., 8 metros entre sí, con una separación de plantas en cada fila de 3, 4, 5, ..., 8 metros respectivamente (fig. 1). Una vez plantados, se procedió a abonar y sembrar el pastizal, con las cantidades señaladas en material y métodos (para *Dactylis* se emplearon 25 kg.ha<sup>-1</sup>). A partir del segundo año, se abona con la mitad de la cantidad del abonado inicial.

### \* Crecimiento del arbolado a distintas densidades.

El objeto del ensayo es conocer el efecto del espaciamiento sobre la supervivencia y crecimiento del arbolado. El diseño sistemático utilizado permite trabajar, con un menor tamaño y número de parcelas, un gran número de niveles dentro de una variable, pero a cambio, se pierde en significación estadística.

Para ello se midieron los árboles a partir de la plantación, con una periodicidad trimestral durante los 2 primeros años. Los parámetros medidos fueron: supervivencia, altura y diámetro a nivel del suelo -este último sólo a partir del 2º año-. Desde el tercer año se realizan las mediciones anualmente y a partir del cuarto año se mide el arbolado a 1'3 m (DAP).

### \* Efecto de la especie y el marco de plantación sobre la producción del pasto sembrado

El objetivo del ensayo es conocer el efecto en el espacio y en el tiempo del arbolado -espe-

cie y tamaño- sobre la producción del sotobosque (pasto sembrado).

Se midió la producción del pasto recogiendo-se cortes sobre una superficie de 0'09 m<sup>2</sup>, en junio y diciembre de cada año, con posterior corte de toda la producción de la parcela. Los puntos de muestreo son los indicados en la figura 1.

### \* Efecto de la especie y del marco de plantación sobre las variables microclimáticas

Se pretende conocer el efecto de la especie y tamaño del árbol sobre las variables microclimáticas, especialmente las radiaciones PAR y total y la temperatura. Se estudian las relaciones entre estas variables y la producción del pasto.

Trimestralmente y durante 2 días, se colocan consecutivamente las estaciones móviles de forma que se registran los datos de temperatura a 0 y 1'5 m bajo cada cubierta en los marcos de 2 x 2 m y 4 x 4 m y en el exterior, así como la PAR bajo cada cubierta de 2 x 2 m y en el exterior. En las especies de copa más desarrollada, *Castanea sativa*, *Pinus radiata* y *P. pinaster*, donde ya existen diferencias importantes en la radiación interceptada por las copas, se mide la PAR en el marco de 4 x 4 m. Para los tubos solarimétricos las medidas son de un día en cada una de las subparcelas.

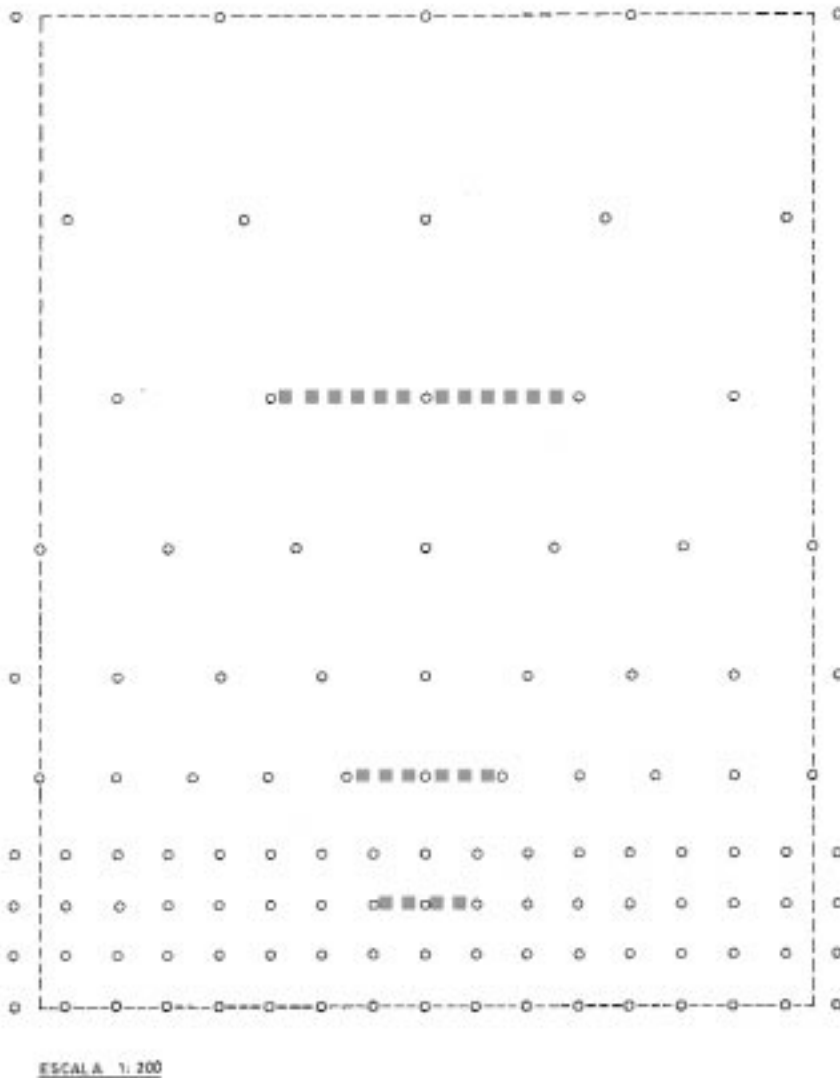
### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con cargo a los proyectos INIA: SC96-032 y PD99-002.

### BIBLIOGRAFÍA

- NAIR, P.K.R.; 1994. *An Introduction to Agroforestry*. Kluwer Academic Publishers-ICRAF. Dordrecht.
- RIGUEIRO, A.; 1985. La utilización del ganado en el monte arbolado gallego, un paso hacia el uso integral del monte. In: R. Vélez Muñoz y J.A. Vega Hidalgo (eds.); *Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales*: 61-83. M.A.P.A.-I.N.I.A. Madrid.

LUGAR:		ALTITUD:	FECHA:
ESPECIE:	MUESTRA:		



**Figura 1.** Plantilla del diseño sistemático del ensayo de Puentecaldelas-Pontevedra. La dimensión de la parcela es de 30 x 40 m. Los cuadrados corresponden a los puntos de muestreo de producción y los círculos a la planta de las especies arbóreas