

## RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE PIÑAS EN MASAS DE PINO PIÑONERO E INFORMACIÓN IRS1-C WIFS

J. M. CUEVAS, F. GONZÁLEZ-ALONSO, A. VÁZQUEZ, G. MONTERO

cuevas@inia.es

Laboratorio de Teledetección, Departamento de Selvicultura, CIFOR-INIA  
Cta. A Coruña, km 7, 28040 Madrid

**RESUMEN:** Se ha estudiado la utilidad de las imágenes IRS1-C WiFS para la evaluación de la capacidad productiva de piñas en pinares de pino piñonero de la provincia de Valladolid. Se han utilizado los datos de parcelas de campo localizadas mediante GPS en las que inventariaron diversos parámetros forestales entre ellos la producción en número y peso de piñas en tres años consecutivos. Los resultados muestran las limitaciones de la metodología seguida para la localización de las parcelas.

**Palabras clave:** IRS1-C WiFS, pino piñonero, piñas, área basimétrica.

**ABSTRACT:** The utility of IRS-1C WiFS images for the evaluation of the production of pine-cones in stone pine forests of Valladolid (Spain) has been analyzed. There have been used ground plots located with GPS in which were inventoried different forest parameters among them the production in number and weight of pine-cones in three consecutive years. The results show the limitations of the method followed in the ground plots location.

**Key words:** IRS-1C WiFS, stone pine, pine-cones, basal area.

### INTRODUCCIÓN

El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) es una especie circummediterránea que se extiende desde Portugal hasta el Líbano. Según el Segundo Inventario Forestal Nacional de España (DGCONA, 1998) ocupa como especie dominante 172858,58 ha, 1,23 % de la superficie forestal total. En otras 300942,57 ha es especie dominante junto a *Pinus pinaster* Ait. y diversas especies de frondosas. Es la novena especie forestal por la superficie ocupada como especie dominante y la sexta entre las coníferas.

El principal interés productivo actual de las masas de pino piñonero son las piñas y sus piñones, únicos piñones españoles utilizados actualmente para el consumo humano, que superan en valor económico su producción de madera (Prada *et alii*. 1997). La producción anual de piña y piñón es muy variable dependiendo de diversos factores como calidad de la masa, fracción de cabida cubierta, superficie de copas, edad, condiciones climáticas, etc. (Catalán *et alii*. 1997).

El objetivo de este estudio ha sido analizar la utilidad de las imágenes de resolución espacial media WiFS

del satélite indio IRS-1C para cartografiar la capacidad productiva de piñas de los pinares de pino piñonero.

### DATOS DE CAMPO E IMAGEN UTILIZADOS

Como datos de campo se han utilizado los de 42 parcelas para la investigación de la producción de piñas situadas en masas puras de pino piñonero de la provincia de Valladolid en las que se disponía de sus coordenadas geográficas obtenidas mediante GPS.

Cada parcela de campo estuvo formada por los 20 pies mayores más cercanos al centro de la parcela en los que se tomaron diversos datos, midiéndose en los cinco más próximos al centro de la parcela el número y peso de piñas. En cada parcela se ha dispuesto de los siguientes datos: altura media de los 20 pies, diámetro normal medio de los 20 pies, fracción de cabida cubierta, número de pies por ha, área basimétrica (suma de las secciones de los árboles a 1,3 m de altura expresada en m<sup>2</sup>/ha), edad media de los 20 pies, número de piñas por ha y peso de piñas por ha en 1996, número de piñas por ha y peso de piñas por ha en 1997, y número de piñas por ha y peso de piñas por ha en 1998. Los datos de campo

se tomaron a finales de 1995 y comienzos de 1996, excepto los de piñas que son del año correspondiente.

El área basimétrica de las parcelas de campo tiene una media de 19,70 m<sup>2</sup>/ha, una desviación típica de 13,05 m<sup>2</sup>/ha, un mínimo de 5,67 m<sup>2</sup>/ha y un máximo de 70,9 m<sup>2</sup>/ha. En el 81 % de las parcelas de campo el área basimétrica es inferior a 25 m<sup>2</sup>/ha. La edad de las parcelas de campo tiene una media de 53,6 años, un mínimo de 9 años y un máximo de 140 años. La fracción de cabida cubierta tiene una media de 51,8 %, un mínimo de 17,9 % y un máximo de 116,0 %.

La producción anual de piñas en las parcelas de campo es muy variable, descendiendo, tanto en número como en peso, de 1996 a 1998. Los años 1996 y 1997, y 1996 y 1998, son estadísticamente diferentes entre sí al 95 % tanto para el número como el peso de piñas. Los años 1997 y 1998 son estadísticamente diferentes entre sí al 66 % para el peso de piñas y al 99 % para el número de piñas. Los datos relativos a piñas de las parcelas de campo aparecen en la Tabla 1.

Año		Número de piñas/ha	Peso de piñas (kg/ha)
1996	Media	2917,1	787,1
	Desv. típ.	4835,3	1464,9
	Mínimo	0	0
	Máximo	23822,0	8312,2
1997	Media	1289,8	282,4
	Desv. típ.	1857,2	423,8
	Mínimo	0	0
	Máximo	6510,9	1446,9
1998	Media	577,6	182,7
	Desv. típ.	967,5	340,0
	Mínimo	0	0
	Máximo	4781,9	1691,7
Los tres años	Media	1594,8	417,4
	Desv. típ.	2295,5	655,3
	Mínimo	0	0
	Máximo	9752,7	3253,0

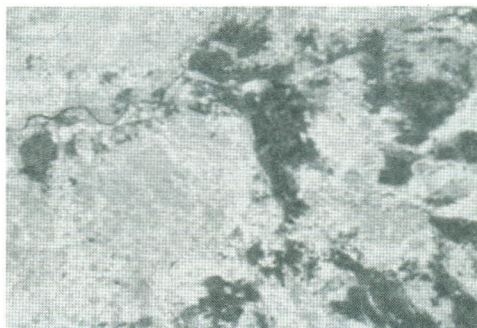
**Tabla 1.** Parámetros estadísticos relativos a piñas de las parcelas de campo.

Los coeficientes de correlación del número y peso de piñas con el área basimétrica son bastante altos en 1997 (0,782 y 0,735), medios en 1996 (0,660 y 0,596) y muy bajos en 1998 (0,253 y 0,302), lo que apunta a considerar el año 1997 como un año "normal" desde el punto de vista de la producción de piñas. El coeficiente de correlación del peso medio de piñas en los tres años con el área basimétrica es 0,655, inferior al del peso de

piñas en 1997 (0,734), pero superior al de peso de piñas en 1996 (0,596) y en 1998 (0,302).

El satélite indio IRS-1C fue lanzado el 28 de diciembre de 1995. Entre sus sensores está el WiFS, provisto de dos bandas, una en el visible y otra en el infrarrojo cercano. La imagen WiFS utilizada fue captada el 1 de mayo de 1997 y cubre parcialmente la Península Ibérica, estando completamente libre de nubes. Esta imagen se georreferenció utilizando 18 puntos de control situados en la costa atlántica adoptando como tamaño de píxel 180 m.

El área en estudio (Figura 1) está formado por un sector rectangular de esta imagen de 301 píxeles de ancho y 207 píxeles de alto (54 x 37,08 km) situado al sur de la ciudad de Valladolid, cubriendo la denominada Tierra de Pinares y con una superficie de 201874,68 ha. Como información WiFS se ha utilizado sus dos bandas, el NDVI y la raíz cuadrada de la suma de las dos bandas al cuadrado, que se denominará "albedo".



**Figura 1.** Información WiFS del área en estudio. Visible en rojo, infrarrojo cercano en verde. (Ver figura en color en la página 671)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de correlación entre la información de las parcelas de campo y la de la imagen WiFS, asignando a cada parcela el píxel correspondiente a las coordenadas de su centro, aparecen en la Tabla 2. Los coeficientes de correlación del área basimétrica son inferiores a los obtenidos en los pinares de pino piñonero de Barbate utilizando también información WiFS y datos procedentes de las parcelas de campo del Segundo Inventario Forestal Nacional (Cuevas *et alii*. 2000).

	Visible	Infrarrojo	NDVI	Albedo
Área basimétrica	0,381	0,334	-0,219	0,389
Número de piñas en 1996	0,122	0,321	0,107	0,226
Peso de piñas en 1996	0,110	0,347	0,127	0,229
Número de piñas en 1997	0,221	0,359	0,082	0,346
Peso de piñas en 1997	0,172	0,370	0,081	0,279
Número de piñas en 1998	0,121	0,085	-0,082	0,114
Peso de piñas en 1998	0,154	0,072	-0,138	0,128
Número medio de piñas en los tres años	0,148	0,334	0,087	0,248
Peso medio de piñas en los tres años	0,146	0,351	0,088	0,253

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación de la información WiFS con el área basimétrica y los datos de piñas de las parcelas de campo.

Utilizando el albedo, que es la información WiFS con mayor coeficiente de correlación con el área basimétrica, se ha obtenido por regresión lineal el ajuste:

$$\text{Área basimétrica} = 1,488 + 0,109 \text{ Albedo}$$

Usando este modelo, que es estadísticamente significativo al 95 %, se obtuvo el área basimétrica de todo el área en estudio. Como pertenecientes a pinares se ha considerado aquella zona en que el área basimétrica estimada es igual o inferior a 25 m<sup>2</sup>/ha, valor habitualmente no sobrepasado en masas forestales como las estudiadas excepto en situaciones puntuales.

Esta zona tiene una superficie de 54273,24 ha (26,88 % de la superficie total del área en estudio), superior a la ocupada por el pino piñonero como especie dominante en la provincia de Valladolid, 50048,67 ha (DGCONA, 1988). Esto que se debe a que parte del área en estudio está ocupada por pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.) y no por pino piñonero, y por no pertenecer completamente a la provincia de Valladolid, sino también a

la de Segovia. En esta zona el área basimétrica estimada tiene una media de 18,18 m<sup>2</sup>/ha, muy similar al de las parcelas de campo empleadas, 19,70 m<sup>2</sup>/ha, un mínimo de 11,62 m<sup>2</sup>/ha, un máximo de 24,94 m<sup>2</sup>/ha y una desviación típica de 3,19 m<sup>2</sup>/ha.

Utilizando el infrarrojo cercano, que es la información WiFS con mayor coeficiente de correlación con el peso medio anual de piñas por ha (PAP) en los tres años, se ha construido por regresión lineal el ajuste:

$$\text{PAP} = -791,229 + 8,075 \text{ Infrarrojo cercano}$$

Con este modelo, que es estadísticamente significativo al 95 %, se ha obtenido el peso medio anual de piñas en el área asignada a pinares (área basimétrica estimada inferior o igual a 25 m<sup>2</sup>/ha). El peso medio anual de piñas estimado tiene una media de 362,4 kg/ha, no muy diferente al peso medio anual de piñas de las parcelas de campo, 417,4 kg/ha, un mínimo de 48 kg/ha, un máximo de 1106 kg/ha y una desviación típica de 170,3 kg/ha. El coeficiente de correlación entre el área basimétrica y el peso anual de piñas estimados es 0,86, en tanto que en las parcelas de campo es 0,65.

En la Tabla 3 aparece el reparto del área asignada a pinares según el peso medio anual de piñas estimado a partir de WiFS.

Peso anual de piña	Superficie (ha) (kg/ha)	%
< 200	10999,80	20,27
200-400	23836,68	43,92
400-600	13462,20	24,81
> 600	5968,08	11,00

**Tabla 3.** Reparto del área asignada a pinares según la producción estimada de piñas.

En la Figura 2 aparecen representados el área basimétrica y el peso anual de piñas estimados distinguiendo dos clases en cada uno según sean mayores o menores a la media estimada (Tabla 4).

	PAP < media	PAP > media
AB < media	49,65	7,25
AB > media	5,24	37,68

**Tabla 4.** Porcentajes de superficie ocupada por dos clases de área basimétrica (AB) y dos clases de peso medio anual de piñas por ha (PAP) estimados.

Los bajos coeficientes de correlación obtenidos entre la información de las parcelas de campo y la infor-

mación WiFS son atribuibles a varias causas como el pequeño tamaño de las parcelas de campo y que son de radio variable, a que gran parte de las parcelas de campo, 25, están situadas bastante cerca del borde de las masas forestales, a que la imagen se georreferenció utilizando puntos de control situados en la costa atlántica y, muy especialmente, a que sus coordenadas se tomaron con GPS no diferencial antes de desactivarse la disponibilidad selectiva, y realizando una única determinación de las coordenadas de cada parcela (Gao, 2001).

**BIBLIOGRAFÍA**

CATALÁN G., DIETL T., ENCISO E., 1997. Selección de árboles sobresalientes, en cuanto a la producción de fruto, en los pinares de pino piñonero en la región "Valles del Tiétar y del Alberche". Parámetros de selección. *IRATI 97, II Congreso Forestal Español, Mesa 3, 141-145, Pamplona.*

CUEVAS J. M., GONZÁLEZ-ALONSO F., VÁZQUEZ A., 2000. Estimación de la superficie cubierta por las copas en los pinares de pino piñonero de Barbate (Cádiz) a partir de una imagen IRS-1C WiFS y los datos de campo del Segundo Inventario Forestal Nacional. *Revista de Teledetección*, 13, 51-58.

DGCONA, 1998. *Segundo Inventario Forestal Nacional. 1986-1996. España.* Ministerio de Medio Ambiente.

GAO J., 2001. Non-differential GPS as an alternative source of planimetric control for rectifying satellite imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 67, No. 1, 49-55.

PRADA M. A., GORDO J., DE MIGUEL J., MUTKE S., CATALÁN G., IGLESIAS S., GILL. 1997. Las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. en España. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

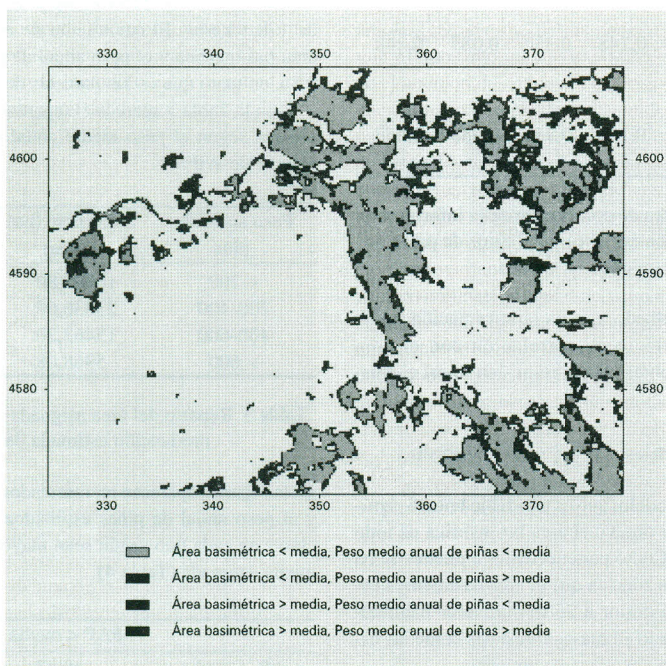


Figura 2. Área basimétrica y peso medio anual de piñas obtenidos en el área en estudio.