

UTILIDAD DE LA INFORMACIÓN IRS-1C WiFS PARA EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL. APLICACIÓN EN EL PARQUE NATURAL DE LOS ALCORNOCALES

J. M. CUEVAS, A. VÁZQUEZ y F. GONZÁLEZ-ALONSO

cuevas@inia.es

Laboratorio de Teledetección, CIFOR-INIA
Cta. de la Coruña, km 7, 28040 Madrid

RESUMEN

Se analiza el interés que presenta la información del sensor WiFS del satélite indio IRS-1C para su utilización en el Inventario Forestal Nacional. Se han usado los datos de las parcelas del segundo Inventario Forestal Nacional situadas dentro del Parque Natural de los Alcornocales y una imagen WiFS de fecha próxima a las de toma de los datos de campo. Aun cuando las correlaciones obtenidas entre el área basimétrica de las parcelas y la información espectral no son altas, este tipo de imágenes ha mostrado su gran utilidad para delimitar zonas forestales con diferencias estadísticamente significativas en sus características dasométricas.

PALABRAS CLAVE: IRS1-WiFS, Inventario Forestal Nacional, área basimétrica.

ABSTRACT

The interest of the information obtained by the sensor WiFS of the indian satellite IRS-1C for the spanish National Forests Inventory has been analyzed. They have been used the data of the ground plots of the second spanish National Forest Inventory located inside the Parque Natural de los Alcornocales (Spain) and a WiFS image quite contemporary with the ground plots data. The results show that although the correlations between the spectral information and the basal area of the inventory ground plots are not too high the WiFS images are of great utility for the definition of forest areas significantly different for the dasometric values of the ground plots in them included.

KEY WORDS: IRS1-WiFS, National Forests Inventory, basal area.

EL SEGUNDO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE ESPAÑA EN EL PARQUE NATURAL DE LOS ALCORNOCALES

El Parque Natural de los Alcornocales está situado en el sur de España en las provincias de Cádiz y Málaga (Andalucía) cubriendo una superficie de 170.025 ha. Es una reserva natural de enorme importancia que está cubierta en su mayor parte por masas forestales principalmente de especies de frondosas: alcornoque (*Quercus suber* L.) y, en menor proporción, quejigo andaluz (*Quercus canariensis* Willd.), acebuche (*Olea europea* L.), madroño (*Arbutus unedo* L.) y otras especies. La presencia de coníferas y eucaliptos es muy escasa.

El segundo Inventario Forestal Nacional (2IFN) de España adoptó como diseño un muestreo sistemático (ICONA, 1990) utilizando una malla

cuadrada de 1 km de lado en las zonas consideradas como inventariables que se obtuvieron a partir del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos. En cada parcela se anotaron diversos datos y se midió el diámetro normal de los pies mayores (diámetro normal superior a 75 mm) en círculos de 5, 10, 15 y 25 m de radio. En cada uno de estos radios se midieron los árboles de diámetro normal inferior a 125, 225, 425, e igual o superior a 425 mm respectivamente. Los pies menores, los de diámetro normal mayor de 24 y menor de 75 mm, se contaron por especies en un radio de 5 m.

El número de parcelas del 2IFN situadas dentro del Parque Natural de Los Alcornocales es 781. Dado que la malla del 2IFN es de un kilómetro de lado en las zonas consideradas inventariables, se deberían haber realizado teóricamente 1700 parcelas aproximadamente si todo el Parque estuviera cubierto por masas arboladas y se hubiera

considerado inventariable. La diferencia tan grande entre ambos números de parcelas es llamativa en un área mayoritariamente forestal como es el Parque Natural de los Alcornocales, y una de las razones que han conducido a realizar este estudio utilizando todo el área del parque, a diferencia del estudio sobre el inventario forestal de Oroquieta-Erviti (Cuevas *et al.* 1995) en que se operó exclusivamente sobre el área inventariada por muestreo. Otras diferencias con ese estudio son el tipo de imagen utilizada (WiFS y no Landsat TM), el que las parcelas del 2IFN son de radios múltiples y el que la imagen WiFS empleada es coetánea con las fechas de los datos de campo.

Las fechas de grabación de los datos de las parcelas se extienden desde el 29 de agosto de 1995 al 6 de noviembre de 1996, siendo las de 1995 (75 parcelas) parte de las parcelas situadas en la Provincia de Málaga.

A partir de los datos de campo de las parcelas del 2IFN se ha obtenido su área basimétrica (AB), suma de las secciones de los árboles a 1,3 m del suelo expresada en m²/ha. El AB es un parámetro de gran significado forestal que ha sido utilizado en diversos estudios de Teledetección (Brockhaus y Khorram, 1992; Gemmel, 1995). El AB de las parcelas tiene un valor medio de 10,14 m²/ha, una desviación típica de 8,42, un mínimo de 0 m²/ha y un máximo de 43,69 m²/ha. El 70,91 % del AB de las parcelas corresponde al alcornoque, el 15,31 % a los quejigos, el 7,49 % al acebuche, el 1,75 % al madroño, y el 3,01 % a diversas especies de pinos (*Pinus pinaster* Ait. y *Pinus pinea* L. en su mayoría).

IMAGEN WiFS UTILIZADA Y SU RELACIÓN CON EL ÁREA BASIMÉTRICA DE LAS PARCELAS DEL 2IFN

El satélite indio IRS-1C fue lanzado el 28 de diciembre de 1995. Entre sus sensores está el WiFS de 188,3 m de resolución espacial nominal, provisto de dos bandas, una en el visible y otra en el infrarrojo próximo. La resolución temporal de las imágenes WiFS es cinco días. La imagen utilizada fue captada el 17 de agosto de 1996 y cubre gran parte de la Península Ibérica estando en su mayoría libre de nubes. Dentro de Parque Natural de los Alcornocales la cubierta nubosa es nula. En la Figura 1 aparece la información WiFS correspondiente al Parque Natural de los alcornocales.

En la Tabla 1 figuran los parámetros estadísticos de la información WiFS correspondientes a las parcelas del 2IFN en el

Parque Natural de los Alcornocales. El NDVI de WiFS de las parcelas tiene en cinco casos un valor igual o inferior a cero y en cuatro casos un valor inferior a cero.

	Visible	Infrarrojo	NDVI
Media	62,12	129,36	0,356
Desv. típica	16,22	12,57	0,122
Mínimo	37	42	- 0,282
Máximo	143	170	0,643

Tabla 1. Información WiFS de las parcelas del 2IFN

Los coeficientes de correlación entre el AB y los datos espectrales WiFS, sin excluir, y excluyendo, las parcelas en que el AB es nula, y sin excluir, y excluyendo, las parcelas con un NDVI menor o igual a cero aparecen en la Tabla 2.

	Visible	Infrarrojo	NDVI	NDVI > 0
AB	- 0,36	0,20	0,39	0,41
AB > 0	- 0,31	0,18	0,33	0,35

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre el área basimétrica (AB) de las parcelas del 2IFN y la información WiFS

El AB tiene unos coeficientes de correlación no excesivamente altos con la información WiFS, siendo el mayor con el NDVI, ligeramente superior a con el visible, y con el infrarrojo es muy bajo. El mayor coeficiente de correlación es con el NDVI excluyendo aquellos casos en que éste no es mayor de cero (cinco casos). El excluir del análisis aquellas parcelas con AB nula disminuye las correlaciones notablemente. El coeficiente de correlación entre el AB y el NDVI es similar al obtenido por Salvador (1999) entre el "tree coverage" y el ratio banda 4/banda 3 de una imagen Landsat TM utilizando 156 parcelas ocupadas mayoritariamente por *Pinus nigra* en Cataluña que fue 0,41.

El coeficiente de correlación entre el AB de las parcelas y el NDVI es muy bajo si sólo se consideran las parcelas con un AB nula o muy baja (0,079 para un AB menor de 0,5 m²/ha, 111 parcelas), y no es mucho mayor en el caso de considerar sólo las parcelas con un AB baja (0,15 para un AB menor de 5 m²/ha, 277 parcelas). El mayor coeficiente de correlación (0,42) entre el AB y el NDVI se ha obtenido considerando sólo las 770 parcelas en que el AB es inferior a 33 m²/ha y en que el NDVI es superior a cero. Si sólo se consideran las 665 parcelas en que el AB es menor de 33 m²/ha y mayor de cero el coeficiente de correlación es 0,36, es decir, disminuye.

Las dos bandas de WiFS tienen un coeficiente de correlación menor con el AB que el NDVI, ligeramente inferior en el caso del visible y muy bajo en el infrarrojo (Tabla 2). De estos resultados se deduce que en este caso el NDVI de WiFS presenta una correlación no muy alta pero interesante con el AB, similar a la obtenida por otros autores utilizando imágenes de mayor resolución espacial, y que esta correlación es en buena medida consecuencia de la existencia de parcelas con un AB nula o muy baja. Esto apunta a un aspecto de gran interés práctico como es la utilidad del NDVI-WiFS para delimitar las zonas que presentan interés para ser consideradas como inventariables en el Inventario Forestal Nacional de España.

ANÁLISIS DE LAS PARCELAS DEL 2IFN SIN ARBOLADO EN LA IMAGEN WiFS

Hay 105 parcelas (un 13,44 % del total) en que el número de pies mayores es cero, y por tanto su AB es nula. El NDVI de las parcelas con AB nula es significativamente diferente del de las demás parcelas al 99,9999 % ($F = 56,96$), el visible al 99,9999 % ($F = 66,39$) y el infrarrojo al 99 % ($F = 6,78$).

Un tema de interés es analizar la influencia de la presencia de pies menores. El número anotado está entre 0 y 6, siendo la media de los valores anotados 2,816 (278,33 pies menores/ha). Hay 89

parcelas en que el número de pies menores es cero, de las que 39 (4,48 % del total) tampoco tienen pies mayores. Si se analizan las parcelas sin ningún tipo de árboles, sean pies mayores o menores, se obtiene que el NDVI de estas parcelas es significativamente diferente al de las demás parcelas al 99,9999 % ($F = 74,07$), el visible al 99,9999 % ($F = 138,41$) y el infrarrojo no es significativamente diferente ni al 66 % ($F = 1,01$).

Estos resultados confirman lo dicho antes sobre el interés de las imágenes WiFS, mostrando que la presencia de pies menores, que en el caso de las masas de quercíneas puede ser un hecho de gran importancia si se trata de masas tratadas en monte bajo, no supone un inconveniente.

DIVISIÓN DE LAS PARCELAS DEL 2IFN POR RANGOS DEL NDVI DE WiFS

Se ha probado una metodología consistente en agrupar las parcelas del 2IFN por intervalos del NDVI y analizar si las parcelas pertenecientes a estos rangos del NDVI son estadísticamente diferentes respecto al AB. El interés de esta aproximación es el que no influiría la delimitación del área en estudio, ni si ésta es toda forestal o no, y tampoco la presencia de embalses. Las divisiones probadas de las parcelas de acuerdo a los valores del NDVI en cinco, cuatro o tres clases, así como los valores del AB de las clases resultantes figuran en la Tabla 3.

Clase	Rango de NDVI	Número de parcelas	Área basimétrica de las parcelas del 2IFN			
			Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
División en cinco clases						
1	≤ 0,2	93	5,11	5,80	0	21,46
2	> 0,2 y ≤ 0,3	150	6,81	6,62	0	28,36
3	> 0,3 y ≤ 0,4	230	9,41	8,25	0	43,69
4	> 0,4 y ≤ 0,5	231	13,09	8,42	0	36,16
5	> 0,5	77	15,98	8,10	0	31,82
División en cuatro clases						
1	≤ 0,25	155	5,58	6,02	0	28,36
2	> 0,25 y ≤ 0,35	191	7,84	7,33	0	43,69
3	> 0,35 y ≤ 0,45	248	11,43	8,87	0	38,13
4	> 0,45	187	14,54	7,95	0	32,58
División en tres clases						
1	≤ 0,3	243	6,16	6,36	0	28,36
2	> 0,3 y ≤ 0,4	230	9,41	8,25	0	43,69
3	> 0,4	308	13,81	8,42	0	36,16

Tabla 3. Divisiones probadas de las parcelas del 2IFN por rangos del NDVI de WiFS.

Las medias de las AB son ascendentes en las tres divisiones probadas de las parcelas según rangos del NDVI. Con la división en tres clases del

NDVI se obtienen clases de AB significativamente diferentes entre sí al 99,999 % ($F = 67,05$). Con la división en cuatro clases del NDVI se obtienen

clases de AB significativamente diferentes entre sí al 99,2 % ($F = 45,49$). Con la división en cinco clases del NDVI se obtiene que las clases 1 y 2 no son significativamente diferentes al 95 % y las demás sí, siendo significativamente diferentes entre sí todas las clases al 90 %.

Los valores del NDVI de las parcelas en cada una de las clases procedentes de la división del NDVI en cuatro rangos aparecen en la Tabla 4 y los procedentes de la división en tres rangos en la Tabla 5.

Clase	NDVI			
	Media	Desv. típica	Mínimo	Máximo
1	0,172	0,078	- 0,282	0,25
2	0,303	0,029	0,251	0,35
3	0,401	0,030	0,351	0,45
4	0,502	0,042	0,451	0,643

Tabla 4. Valores del NDVI de las parcelas del 2IFN pertenecientes a las clases obtenidas por división del NDVI en cuatro rangos.

Clase	NDVI			
	Media	Desv. típica	Mínimo	Máximo
1	0,211	0,079	- 0,282	0,3
2	0,354	0,028	0,300	0,4
3	0,472	0,048	0,401	0,643

Tabla 5. Valores del NDVI de las parcelas del 2IFN pertenecientes a las clases obtenidas por división del NDVI en tres rangos

CONCLUSIONES

Se ha comprobado el gran interés que para el Inventario Forestal Nacional poseen las imágenes IRS-1C WiFS, ya que con su información es posible la delimitación de áreas forestales significativamente diferentes respecto a sus características dendrométricas.

BIBLIOGRAFÍA

Brockhaus, J. A., and Khorran, S. 1992. A comparison of SPOT and Landsat-TM data for use in conducting inventories of forest resources. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 13, No. 16, 3035-3043.

Cuevas, J. M., González-Alonso, F. y Herrón, M. 1995. Utilización de información espectral Landsat TM para la estratificación forestal. Aplicación en el inventario de un hayedo navarro. Sexta Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección, 271-278.

Gemmell, F. M. 1995. Effects of forest cover, terrain, and scale on timber volume estimation with Thematic Mapper data in a Rocky mountain site. *Remote Sens. Environ.*, 51, 291-305.

ICONA 1990. *Segundo Inventario Forestal Nacional. Explicaciones y métodos*. Madrid.

Salvador, R. 1999. A parametric model for estimating relations between unprecisely located field measurements and remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.*, 67, 99-107.

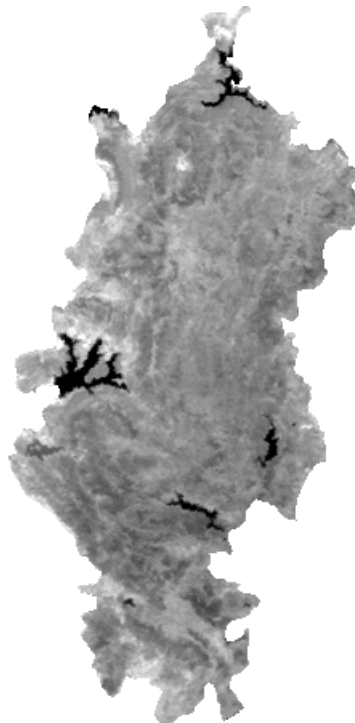


Figura 1. Información WiFS del Parque Natural de los Alcornocales. Visible en rojo, infrarrojo en verde.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (Ministerio de Medio Ambiente) el haber facilitado los datos de las parcelas del Segundo Inventario Forestal Nacional correspondientes a las provincias de Cádiz y Málaga.