

## Estudio de la evolución del NDVI en tierra de campos

*J.A. Delgado, P. Illera y P. Rodríguez*

Departamento de Física Aplicada I  
Universidad de Valladolid

### RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el estudio de los cultivos cerealistas en la comarca de Tierra de Campos utilizando el NDVI/AVHRR. El tratamiento previo de calibrado, detección de cubierta nubosa y registro de la imagen en proyección UTM nos permite calcular la media del NDVI correspondiente a cada municipio de la zona de estudio. Posteriormente se construyen las curvas de evolución temporal del índice, a partir de las cuales se procede a un primer análisis de la evolución de los cultivos. Por último, para poner a punto un método de predicción de cosechas, se estudia la relación existente entre la integral del NDVI a lo largo de cada campaña agrícola y los datos de cosechas de trigo y cebada.

### ABSTRACT

The aim of this work is monitoring cereal crops in the area known as Tierra de Campos by using the temporal evolution of NDVI/AVHRR. The preprocessing of calibration, cloud detection and image georeferencing to an UTM projection, allows us to calculate the average value of the NDVI in each township. The temporal evolution of this index is used to analyse the crops present in the area. Finally, an integration of the NDVI data over the reproductive phase is performed in the different townships and the relation between this integral and ground based crop and barley yields estimates is studied.

### Introducción

La comarca de Tierra de Campos se localiza en la zona central de Castilla y León, con una extensión aproximada de 948.500 ha. Abarca el centro de la provincia de Palencia, el norte de Valladolid, el sureste de León y el noroeste de Zamora. Los ríos Esla y Carrión la delimitan al oeste y este respectivamente y la zona sur se sitúa por encima del río Duero, pero sin alcanzar su área de regadío salvo la punta sur de la provincia de Zamora, finalmente los ríos Cea, Valderaduey y Pisuerga y los canales de Campos y de Castilla la atraviesan.

El uso fundamental del suelo es de secano en labor intensiva (56% de la superficie total) salvo los municipios que tocan con alguno de los ríos o canales anteriormente mencionados que supone un 9% de suelo en cultivos de regadío, finalmente un 2.3% de suelo tiene cubierta forestal (fundamentalmente encina y pino).

La FIGURA 1 conjuntamente con la TABLA I permite reconocer la localización de los municipios pertenecientes a la comarca de Tierra de Campos (la IMAGEN 1 muestra los municipios en la imagen de NDVI en agosto de 1993).

Al disponer en nuestro laboratorio de trabajo un sistema de adquisición automática de imágenes NOAA en la transmisión HRPT nos hemos planteado el seguimiento de la cubierta vegetal, mediante el índice de vegetación NDVI/ AVHRR (Malingreau y Belward, 1989), en la zona de estudio escogida y su aplicación para la predicción de rendimientos en las cosechas de cereal (trigo + cebada).

Los satélites NOAA permiten disponer de al menos un par de imágenes con luz solar para el cálculo del NDVI con una resolución espacial para los puntos del nadir de 1,2 km<sup>2</sup>. En definitiva podremos disponer de series temporales del NDVI de la región de estudio a muy bajo coste debido al carácter gratuito de las transmisiones NOAA/HRPT.

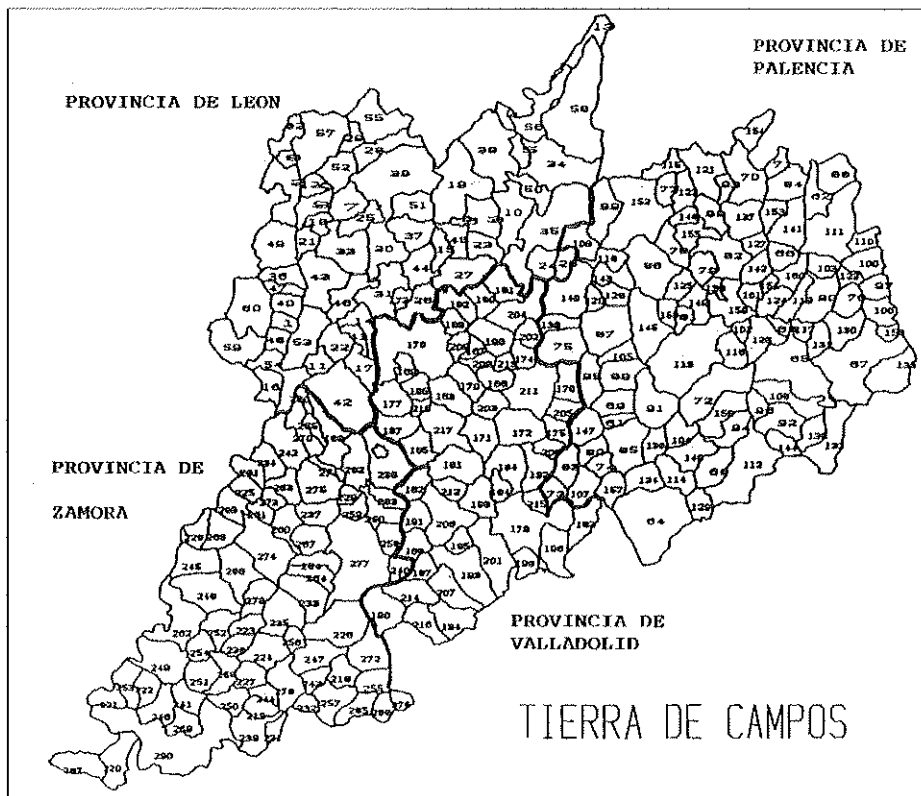


FIGURA 1

Municipios de la comarca de Tierra de Campos. El número asignado a cada municipio permite a través de la TABLA I reconocer el nombre

## Estudio de la evolución del NDVI en tierra de campos

### PROVINCIA DE LEÓN:

1 ALGADEFE  
2 ARDON  
3 BERCIANOS DEL REAL CAMINO  
9 CABREROS DEL RÍO  
10 CALZADA DEL COTO  
11 CAMPAZAS  
12 CAMPO DE VILLAVIEL  
13 CASA FORESTAL  
14 CASTILFALE  
15 CASTROTERRA DE VALMADRIGAL  
16 CIBANES DE LA VEGA  
17 GORDONCILLO  
18 CUBILLAS DE LOS OTEROS  
19 EL BÚRGO RANERO  
20 ESCOBAR DE CAMPOS  
21 FRESNO DE LA VEGA  
22 FUENTES DE CARBAJAL  
23 GORDALIZA DEL PINO  
24 GRANJAL DE CAMPOY  
25 GUSENDO DE LOS OTEROS  
26 IZAGRE  
27 JUARILLA DE LAS MATAS  
28 MANSILLA DE LAS MATAS  
29 MANSILLA MAYOR  
30 MATADÓN DE LOS OTEROS  
31 MATANZA  
32 ONZOMILLA  
33 PAJARES DE LOS OTEROS  
34 SALICES DEL RÍO  
35 SAHAGÚN  
36 SAN MELLÁN DE LOS CABALLEROS  
37 SANTA CRISTINA DE VALMADRIGAL  
38 SANTA MARÍA DEL MONTE DE CEA  
39 SANTAS MARTAS  
40 TORAL DE LOS GUZMANES  
41 VALDEMORA  
42 VALDERAS  
43 VALENCIA DE DON JUAN  
44 VALVERDE-ENRIQUE  
45 VALLECILLO  
46 VILLABRAZ  
47 VILLADEMOR DE LA VEGA  
48 VILLALHANAOS  
49 VILLAMAÑÁN  
50 VILLAMOL  
51 VILLANORATIFEL DE LAS MATAS  
52 VILLANUEVA DE LAS MANZANAS  
53 VILLAGORNATE Y CASTRO  
54 VILLAGUERDA  
55 VILLASABARIEGO  
56 VILLASELAN  
57 VILLATORIEL  
58 VILLAZANZO DE VALDERADUEY  
59 LA ANTIQUA  
60 LAGUNA DE NEGRILLOS

### PROVINCIA DE PALENCIA:

61 ABARCA  
62 ABIA DE LAS TORRES  
63 ANAYUELAS DE ARRIBA  
64 ANADUA  
65 ANUSCO  
66 ARCONADA  
67 ASTUDILLO  
68 AUTILLA DEL PINO  
69 AUTILLO DE CAMPOS  
70 BAHILLO  
71 BARCENA DE CAMPOS  
72 BECERRIL DE CAMPOS  
73 BELMÓNTE DE CAMPOS  
74 BOADA DE CAMPOS  
75 BOADILLA DE ROSECO  
76 BOADILLA DEL CAMINO  
77 BUSTILLO DE LA VEGA  
78 BUSTILLO DEL PÁRAMO  
79 CALZADA DE LOS MOLINOS  
80 CAPILLAS  
81 CARDEOSA DE VOLPEJERA  
82 CARRIÓN DE LOS CONDES  
83 CASTIL DE VELA  
84 CASTRILLO DE VILLA VEGA  
85 CASTROMOCHO  
86 CERVAJOS DE LA CUEZA  
87 CISNEROS  
88 ESPINOSA DE VILLAGONZALO  
89 FRECHILLA  
90 FROMISTA  
91 FUENTES DE NAVA  
92 FUENTES DE VALDEPERO  
93 GOZÓN DE UCIEZA  
94 GRUJOTA  
95 GUAZA DE CAMPOS  
96 HUSILLAS  
97 HERO DE LA VEGA  
98 LA SERNA

99 LAGARTOS  
100 LANFADILLA  
101 LOMAS  
102 MARQUILLOS  
103 MARCILLA DE CAMPOS  
104 MAZARIEGOS  
105 MAZARIEGOS DE VALDEINATE  
106 MELGAR DE YUSO  
107 MENESES DE CAMPOS  
108 MONZÓN DE CAMPOS  
109 MORATINOS  
110 OSORNILLO  
111 OSORNO  
112 PALENCIA  
113 PAREDES DE NAVA  
114 PEDRAZA DE CAMPOS  
115 PEDROSA DE LA VEGA  
116 PERALES  
117 PINA DE CAMPOS  
118 POBLACIÓN DE ARROYO  
119 POBLACIÓN DE CAMPOS  
120 POZO DE URAMA  
121 QUINTANILLA DE ONSOÑA  
122 RIBERO DE LA VEGA  
123 REQUEÑA DE CAMPOS  
124 REVENGA DE CAMPOS  
125 RÍBEROS DE LA CUEZA  
126 SAN CEBRIÁN DE CAMPOS  
127 SAN JAMES DE CAMPOS  
128 SAN ROMÁN DE LA CUBA  
129 SANTA CECILIA DEL ALCOR  
130 SANTOYO  
131 TAMARA  
132 TORQUEMADA  
133 TORRE DE LOS MOLINOS  
134 TORREMORMOJÓN  
135 VALBUENA DE PISUERGA  
136 VALDEOLMILLOS  
137 VAL DE UCIEZA  
138 VAL OBERÍN DE CAMPOS  
139 VILLACIUDADER  
140 VILLADA  
141 VILLAHERREROS  
142 VILLALCAZAR DE SIRGA  
143 VILLALCÓN  
144 VILLALORÓN  
145 VILLALUMBROSO  
146 VILLAMARTÍN DE CAMPOS  
147 VILLAMERIEL  
148 VILLAMORONTA  
149 VILLANUEVA DE LA CUEZA  
150 VILLANUEVA DEL REBOLLAR  
151 VILLARMENTERO DE CAMPOS  
152 VILLARRABE  
153 VILLASARRACINO  
154 VILLASOLA DE VALDAVIA  
155 VILLATURDE  
156 VILLAUUMBRALES  
157 VILLERIAS  
158 VILLODRE  
159 VILLOLDO  
160 VILLOVIECO

### PROVINCIA DE VALLADOLID:

161 AGUILAR DE CAMPOS  
162 BARCHAL DE LA LOMA  
163 BECILLA DE VALDERADUEY  
164 BERRUECOS  
165 BOLAÑOS DE CAMPOS  
166 BUSTILLO DE CHAVES  
167 CABEZÓN DE VALDERADUEY  
168 CARREROS DEL MONTE  
169 CASTROBL  
170 CASTROPONCE  
171 CEINOS DE CAMPOS  
172 CUENCA DE CAMPOS  
173 DEHESA DE SAN LLORENTE  
174 FORTIQUYUELO  
175 GATÓN DE CAMPOS  
176 HERRÍN DE CAMPOS  
177 LA UNIÓN DE CAMPOS  
178 MAYORGA  
179 MEDINA DE ROSECO  
180 MELGAR DE ARRIBA  
181 MELGAR DE ARRIBA  
182 MONASTERIO DE VEGA  
183 MONTEALLEGRE  
184 MORAL DE LA REINA  
185 MORALES DE CAMPOS  
186 PALAZUELOS DE VEDIA  
187 POZUELO DE LA ORDEN  
188 ROALES DE CAMPOS  
189 SAHELICES DE MAYORGA  
190 SAN PEDRO DE LATAUCE  
191 SANTA EUFEMIA DEL ARROYO  
192 TAMARIZ DE CAMPOS

### 193 TORDUEMOS

194 UREUNA  
195 URONES DE CASTROPONCE  
196 VALDENBERRO DE LOS VALLES  
197 VALDURQUILLU  
198 VAL VERDE DE CAMPOS  
199 VEGA DE RUIPONCE  
200 VILLABARAZ DE CAMPOS  
201 VILLABRAGIMA  
202 VILLACARRALÓN  
203 VILLACID DE CAMPOS  
204 VILLACRICES  
205 VILLAFRADES DE CAMPO  
206 VILLAFRECHOS  
207 VILLAGARCÍA DE CAMPOS  
208 VILLAGÓMEZ DE LA NUEVA  
209 VILLALBA DE LA LOMA  
210 VILLALGAR  
211 VILLALÓN DE CAMPOS  
212 VILLAMURIEL DE CAMPOS  
213 VILLANUEVA DE LA CONDESA  
214 VILLANUEVA DE LOS CABALLEROS  
215 VILLANUEVA DE SAN MANCIÑO  
216 VILLARDEFRADES  
217 VILLAVICENCIO DE CABALLE

### PROVINCIA DE ZAMORA:

218 AREZAMES  
219 ALGODRE  
220 ALMARAZ DE DUERO  
221 ALMENDRA  
222 ANDAVIAS  
223 ARQUELINDOS  
224 ASPAREGOS  
225 BARCHAL DEL BARCO  
226 BELVER DE LOS MONTES  
227 BENEGLIES  
228 BRETO DE LA RIBERA  
233 CÁMIZO  
234 CASTROGONZALO  
235 CASTRONIEVO  
236 CASTROVERDE DE CAMPOS  
237 CERECINOS DEL CAMPO  
238 CERECINOS DEL CARRIZAL  
239 CORESE  
240 COTAMES DEL MONTE  
241 CUBILLOS  
242 FUENTES DEL ROPEL  
243 FUENTESECAS  
244 GALLOS DEL PAN  
245 GRANJA DE MOREUELA  
246 LA PANIESTA  
247 MALVA  
248 MANGANESES DE LA LAMPRENA  
249 MATAMARTA  
250 MOLACILLOS  
251 MOREUELA DE LOS INFANZONES  
252 PAJARES DE LAMPRENA  
253 PALACIOS DEL PAN  
254 PIEDRAHITA DE CASTROS  
255 PINILLA DE TORO  
256 POBLADORA DEL REY  
257 POZOANTIGUO  
258 QUINTANILLA DEL MONTE  
259 QUINTANILLA DEL OLMO  
260 REVELLÍNOS DE CAMPOS  
261 SAN AGUSTÍN DEL POZO  
262 SAN CEBRIÁN DE CASTRO  
263 SAN ESTEBAN DEL MOLAR  
264 SAN MARTÍN DE VALDERADUEY  
265 SAN MIGUEL DEL VALLE  
266 SANTOVEDIA DEL ESILA  
267 TAPALES  
268 TORRES DEL CARRIZAL  
269 VALCABADO  
270 VALDESCORRIEL  
271 VEGA DE VILLALOBOS  
272 VEZDERMAN  
273 VIDA Y ANEY  
274 VILLAFILA  
275 VILLALOBOS  
276 VILLALONSO  
277 VILLALPANDO  
278 VILLALUBE  
279 VILLALVA DE LAMPRENA  
280 VILLAMAYOR DE CAMPOS  
281 VILLANUEVA DE AZOAGÜE  
282 VILLARBUENA DEL CAMPO  
283 VILLAR DE PALAVES  
284 VILLARDIGA  
285 VILLARDONDIEGO  
286 VILLARÍN DE CAMPOS  
287 VILLASECO  
288 VILLAVENDIMIO  
289 VILLAVEZA DEL AGUA  
290 ZAMORA

TABLA I  
Relación de municipios de Tierra de Campos

### ***Elaboración de series temporales NDVI***

A partir del año 1992 hemos comenzado a elaborar, con las imágenes captadas en nuestro laboratorio, la serie temporal de NDVI para Tierra de Campos.

Tras la recepción de la imagen se elabora el índice de vegetación  $NDVI = (R_2 - R_1) / (R_2 + R_1)$  a partir de las radiancias,  $R_1$  y  $R_2$ , de los dos primeros canales (visible e infrarrojo próximo) teniendo en cuenta la degradación del sensor con el tiempo. Con el fin de reducir la dependencia de la serie construida con el ángulo cenital solar hemos optado trabajar con las imágenes captadas de la Península en el paso ascendente del satélite NOAA-11, ya que debido a tener una órbita heliosíncrona se produce aproximadamente a la misma hora solar (14-15 GMT).

El siguiente paso en la preparación de la serie es la eliminación de zonas contaminadas por nubes en la imagen del índice de vegetación. Dentro de los posibles métodos existentes en el análisis de nubes seguiremos uno de los más sencillos, rápidos y eficaces para el reconocimiento de superficies sin nubes basado en la búsqueda de umbrales en los canales visible, infrarrojo térmico y en la propia imagen del NDVI.

Obtenida la imagen NDVI sin nubes procedemos a corregirla geográficamente mediante un modelo orbital mejorado con puntos de control (Illera P. et al., 1993) y obtener en proyección UTM la zona de estudio.

Teniendo en cuenta la dependencia del NDVI con el ángulo de visión del satélite, la posición del sol y la transparencia atmosférica (fundamentalmente contenido de vapor) (A.R. Huete et al, 1992) (C.O. Justice et al, 1991) la curva de evolución de NDVI para toda la serie de imágenes procesadas presentará apreciables fluctuaciones dentro de los cambios debidos a la evolución de cubierta vegetal observada. Para suavizar dichos efectos hemos optado por componer imágenes dentro de intervalos de aproximadamente 10 días. La composición se realiza con los siguientes criterios:

- 1) Las imágenes utilizables deben de tener un ángulo de visión del sensor menor que  $30^\circ$  respecto a la zona de estudio.
- 2) Si tenemos:
  - Un solo día con la superficie de estudio despejada más del 70%:  
tomando como referencia dicho día se completan los posibles huecos con días próximos.
  - Varios días con más del 70% despejado:

tomando como referencia el día de NDVI máximo se completan los huecos con los valores máximos del resto de los días.

– Ningún día con más del 70% despejado:

1.- Posibilidad con el conjunto de componer una imagen con más del 70% despejado. Se aplica la técnica de MVC (Holben, 1986) para componer.

2.- Se deja un hueco en la serie.

El objetivo final del criterio es mantener, con la mínima perturbación en la medida de NDVI, lo máximo posible la homogeneidad en las condiciones de medida y por consiguiente la posibilidad de comparación entre diferentes píxeles dentro de las imágenes compuestas. La IMAGEN 1 corresponde a la imagen de agosto preparada para la integración en la serie.

Finalmente se calcula el valor media del NDVI para cada municipio y se obtienen la serie temporal de NDVI para cada municipio.

### ***Análisis de las series temporales de NDVI***

En las FIGURAS 2 y 3 podemos ver ejemplos de la evolución del NDVI para diferentes municipios de Tierra de Campos. La casi totalidad de los municipios presentan una evolución similar, partiendo de un mínimo entorno al mes de noviembre el índice comienza a aumentar moderadamente para en marzo tener un crecimiento más acusado y en abril llegar al máximo, nuevamente tenemos una fuerte pendiente en la caída del índice hasta julio en que se modera la disminución. En general la evolución está acorde con las etapas de desarrollo de cultivos cerealistas de secano. Sin embargo tenemos municipios como los mostrados en la FIGURA 4 con evoluciones diferentes, por ejemplo alcanzan el máximo en el meses de julio o una vez alcanzado el máximo no tiene una fuerte caída y se mantiene en valores altos hasta el otoño, en general corresponden a municipios con predominio de otro tipo de cultivo (posibles áreas de regadío, terreno no productivo o de cubierta forestal).

La serie temporal de imágenes permite realizar análisis puntuales (2x2 píxeles) en la evolución del NDVI. Como ejemplo presentamos las figuras 5 y 6. En un rastreo lineal (fijamos la columna y variamos la fila) vemos, en la FIGURA 5, la variación espacial del NDVI para diferentes épocas del año, la FIGURA 6 muestra la variación temporal para un punto de la línea. Este primer ejemplo corresponde al municipio de Aguilar de Campos (Valladolid), que se puede considerar un municipio tipo de Tierra de Campos con un uso casi exclusivo de secano cerealista. El siguiente ejemplo, Figuras 7 y 8 permiten observar como en un rastreo en el término municipal de Villalpando (Zamora) se observa una zona con valores de NDVI con muy poca

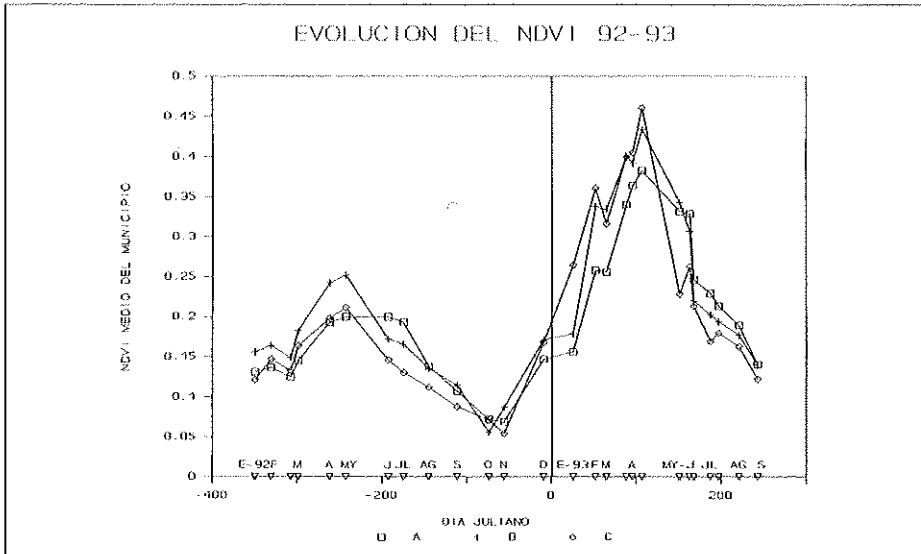


FIGURA 2  
Evolución del valor medio de NDVI para los municipios:  
A) Aguilar de Campos (Valladolid), B) Villanueva del Campo (Zamora),  
C) Fuentesecas (Zamora)

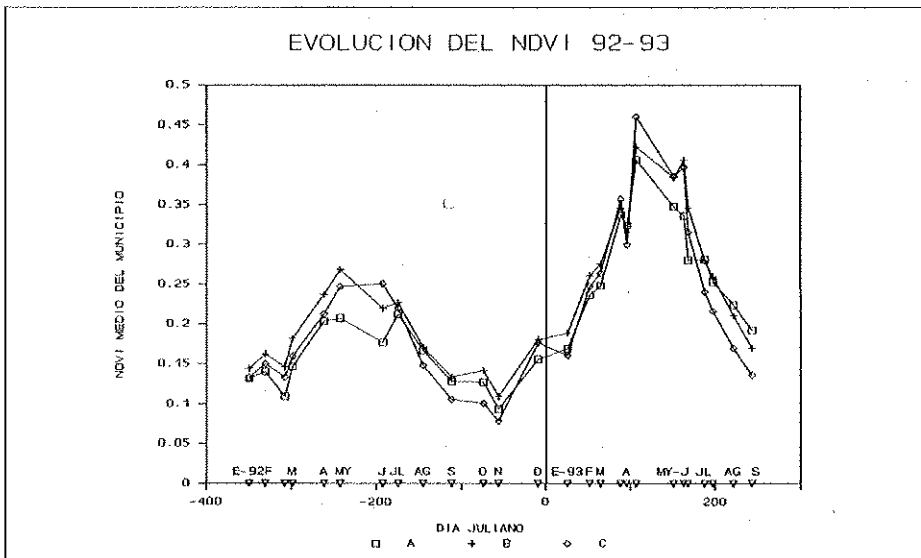


FIGURA 3  
Evolución del valor medio de NDVI para los municipios:  
A) Paredes de Nava (Palencia), B) Sahagún (León), C) Escobar de Campos (León)

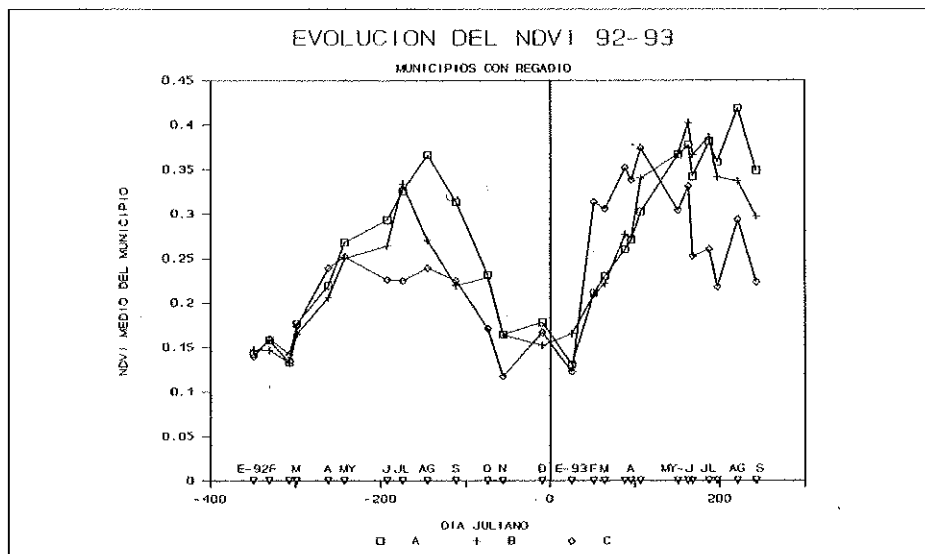


FIGURA 4

Evolución del valor medio de NDVI para los municipios:

A) Fresno de la Vega (León), B) Villoldo (Palencia), C) Fuentes de Ropel (Zamora)

variación estacional salvo una pequeña caída en agosto, en una comprobación sobre mapas de usos del suelo encontramos que en dicha zona se localiza un encinar. La Imagen 2 podemos ver en detalle la evolución del NDVI en dicho municipio y la existencia del encinar en el sur del municipio.

*Aplicación de las series en estima de rendimientos*

Una de las aplicaciones de las series de NDVI es la estimación del rendimiento final de la cosecha mediante la dependencia con la integral del índice en el período de desarrollo y maduración del cultivo (R. Benedetti and P. Rossini, 1993).

Para la búsqueda de la relación lineal hemos tomado el año 1990. Los datos de rendimiento de cereal (trigo + cebada) nos han sido suministrados por la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León.

El resultado final obtenido se refleja en la FIGURA 9, la dependencia lineal obtenida es:

$$\text{RENDIMIENTO (kg/ha)} = 55 + 0.5 \text{ INTEGRALNDVI}$$

Coefficiente de correlación: 0.95

donde la integral se ha calculado en el intervalo de abril (máximo de NDVI) a ju-

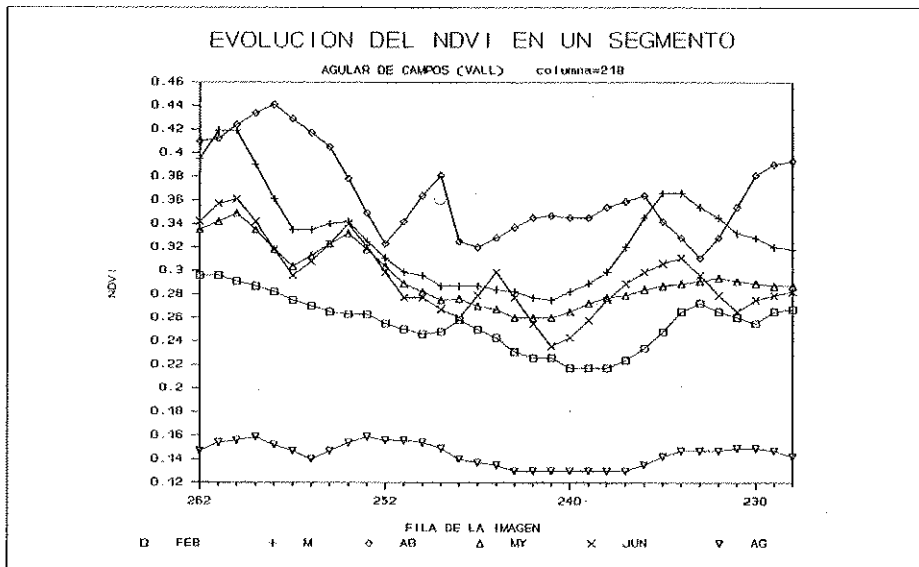


FIGURA 5  
Estudio local (medias de NDVI para 2x2 píxeles) para un segmento en el municipio de Aguilar de Campos (VA)

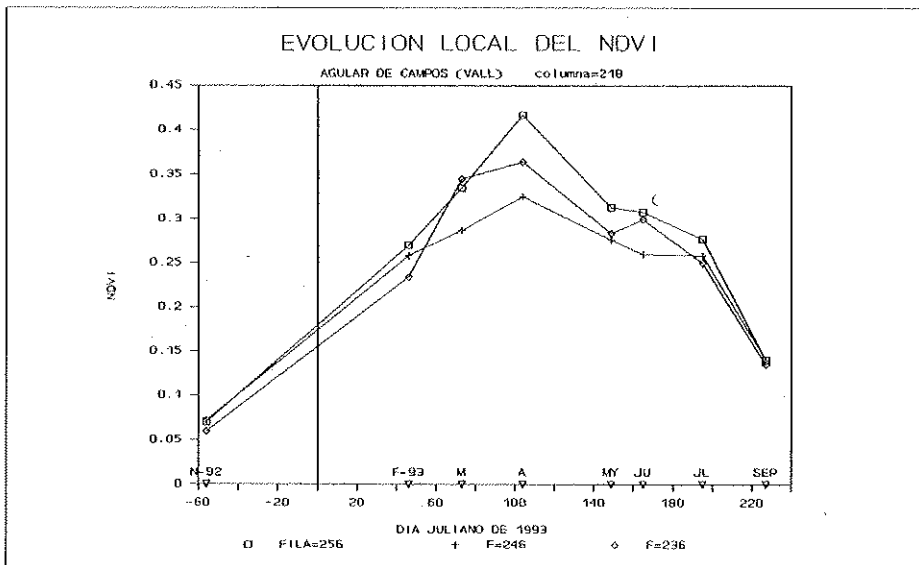


FIGURA 6  
Para puntos de la FIGURA 5, evolución temporal. Corresponde a una evolución tipo para cultivos de cereal en secano



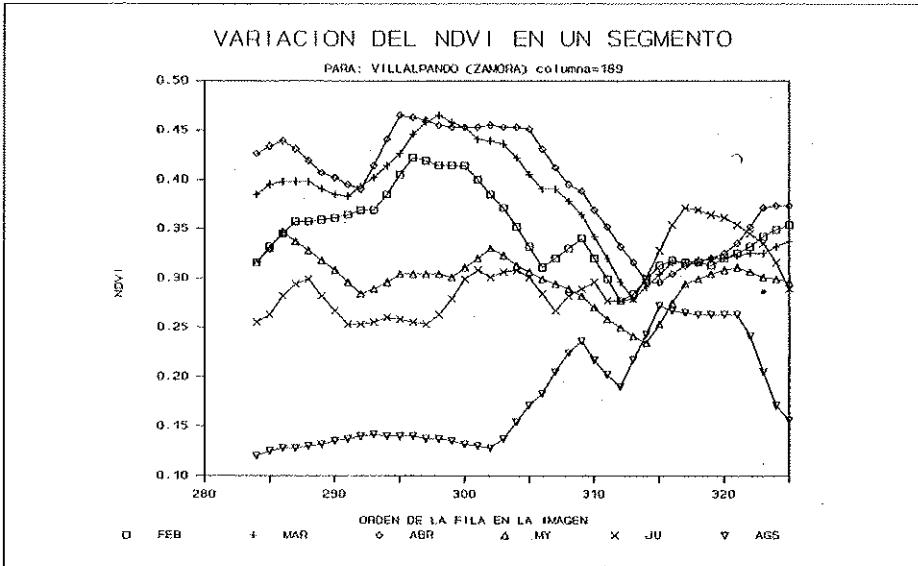


FIGURA 7

Estudio local (medias de NDVI para 2x2 píxeles) para un segmento en el municipio de Villalpando (ZA). Se puede apreciar un tramo del segmento con valores de NDVI muy similares para las diferentes fechas representadas. La IMAGEN 2 permite ver con detalle la evolución del NDVI en el municipio

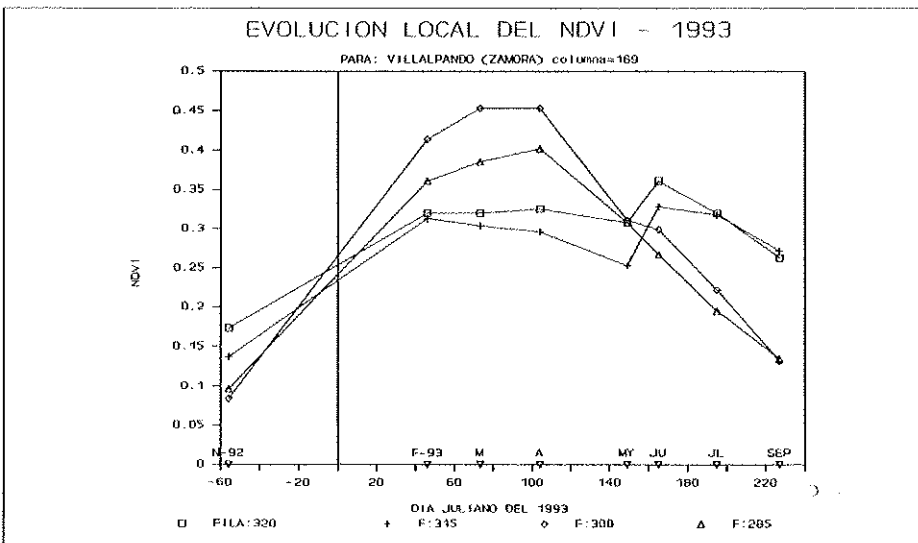


FIGURA 8

Para puntos de la FIGURA 7, evolución temporal

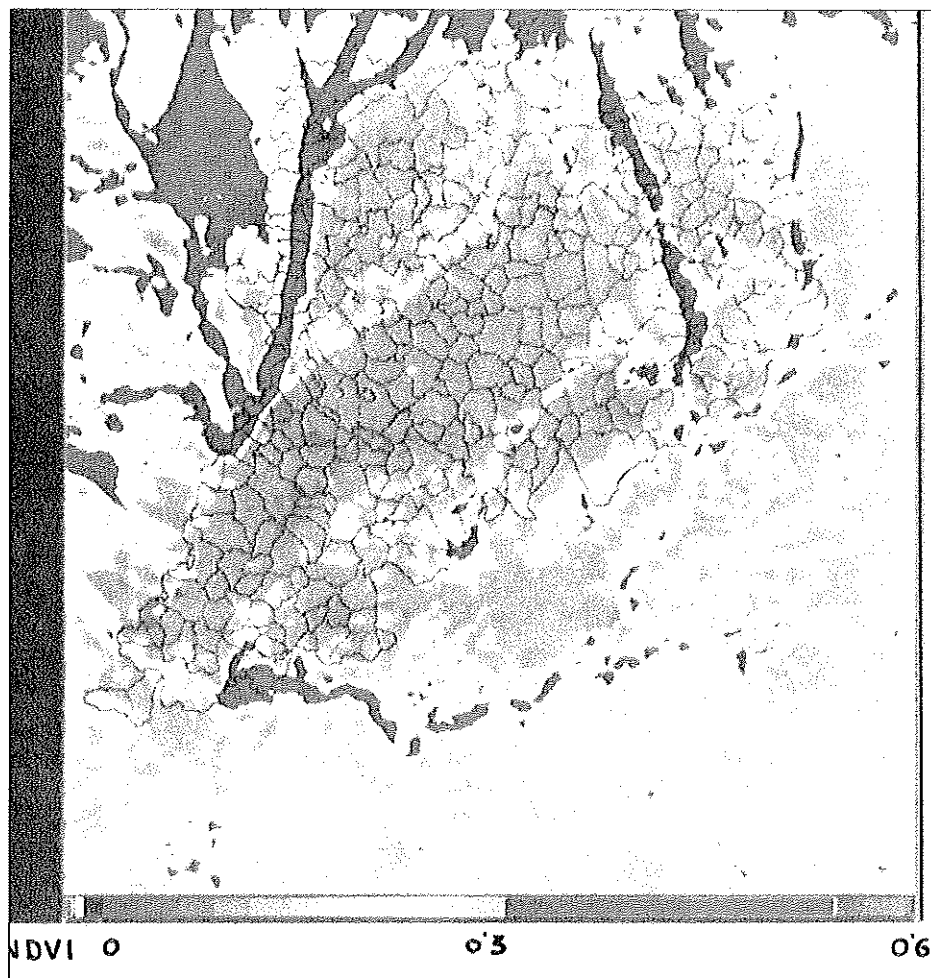


IMAGEN 1

Imagen procesada para la integración en la serie evolutiva del NDVI.  
Corresponde a la fecha del 31 de agosto de 1993. Se han superpuesto los límites  
municipales para Tierra de Campos. (A. 65)

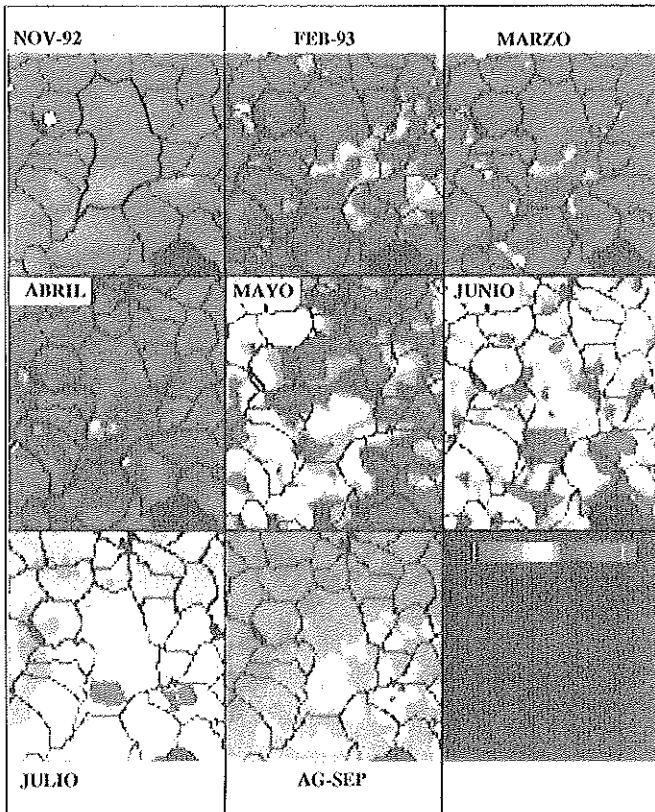


IMAGEN 2

Evolución del NDVI para el municipio de Villalpando. (A. 66)

lio y tomando como NDVI su valor normalizado entre 4 y 255 DN del rango inicial de -0.05 y 0.6.

Aplicado el ajuste obtenido a la integral de 1993 se estima el rendimiento para dicho año. El resultado final se muestra en la TABLA 2 donde comparamos los datos predichos mediante el satélite y la encuesta realizada por la Junta de Castilla y León. Los resultados se pueden considerar satisfactorios ya que en 47.3% de los casos comparados la diferencia entre la estimación de satélite y la medida de suelo es menor del 10%, en 42.1% de los casos la diferencia está entre el 10-20% y solamente en 10% de los casos la diferencia es mayor del 20%. En los casos con mayor error, consultando las curvas de evolución del NDVI y los mapas de usos de suelo se confirma que son municipios con cultivos de regadío. Como ejemplo presentamos el caso de Marcilla de Campos (ver FIGURAS 10 y 11) cuya diferencia satélite y suelo es de 50%.

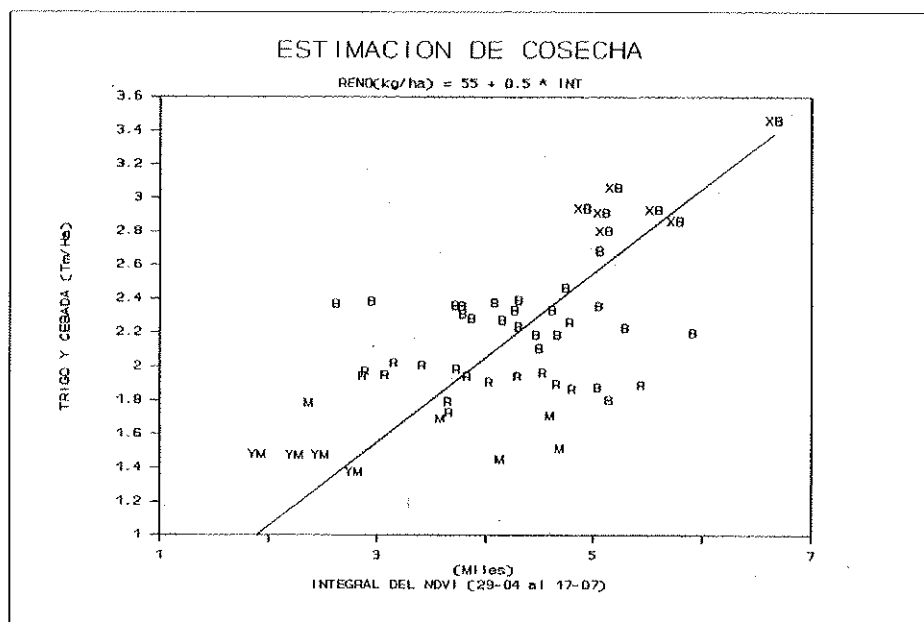


FIGURA 9

Relación y ajuste lineal de la integral de NDVI y el rendimiento de cereal en diferentes municipios para la campaña 89/90. Los municipios se representan por los símbolos XB, B, M, R, XM en función de la clasificación del suelo (suministrada por la Junta de Castilla y León) de muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo respectivamente

TÉRMINOS MUNICIPALES ENCUESTADOS	RENDIMIENTO		DIFERENCIA		INCREMENT.
	encuesta Junta CyL kg/ha	satélite NOAA kg/ha	RENDIMIEN. (sat-encu) kg/ha	%	RENDIM. 93 / 90 %
<b>Satélite</b>					
<b>provincia de LEÓN:</b>					
CASTROTIERRA DE VALMADRIGAL	3400	4200	800	24	112
ESCOBAR DE CAMPOS	3600	5100	1500	42	51
FUENTES DE CARBAJAL	4100	4500	400	10	131
GORDALIZA DEL PINO	3600	4200	600	17	98
JUARILLA DE LAS MATAS	4100	4200	100	2	61
SANTAS MARTAS	3900	3700	-200	-5	61
VALDEMORA	4300	4300	0	0	95
VALENCIA DE DON JUAN	4000	3900	-100	-3	156
VALLECILLO	3600	4100	500	14	73
VALVERDE-ENRIQUE	3800	4400	600	16	128

*Estudio de la evolución del NDVI en tierra de campos*

VILLABRAZ	4000	3800	-200	-5	72
VILLAMOL	4300	4300	0	0	54
VILLASELAN	4000	4000	0	0	68

**provincia de PALENCIA**

AMPUDIA	3500	4100	600	17	40
AMUSCO	4000	3900	-100	-3	33
BAQUERIN DE CAMPOS	2800	3100	300	11	-24
BECERRIL DE CAMPOS	3500	3600	100	3	11
BELMONTE DE CAMPOS	3200	2600	-600	-19	-21
CARRIÓN DE LOS CONDES	4500	4400	-100	-2	9
CASTROMOCHO	3500	3700	200	6	-14
CISNEROS	4000	4600	600	15	12
FROMISTA	4300	4300	0	0	22
FUENTES DE NAVA	3500	4100	600	17	-1
GRIJOTA	3100	2500	-600	-19	14
MARCILLA DE CAMPOS	3800	5700	1900	50	12
MELGAR DE YUSO	3600	3500	-100	-3	39
MONZÓN DE CAMPOS	3800	3500	-300	-8	50
OSORNO	4800	4400	-400	-8	-4
PAREDES DE NAVA	3800	4200	400	11	14
PERALES	3500	3100	-400	-11	-7
POBLACIÓN DE ARROYO	4300	4800	500	12	24
POBLACIÓN DE CAMPOS	4100	4600	500	12	23
REVENGA DE CAMPOS	3800	4500	700	18	8
TORREMORMOJON	3100	3400	300	10	-5
VILLAMARTÍN DE CAMPOS	2800	2800	0	0	-22
VILLANUEVA DEL REBOLLAR	4100	5000	900	22	10
VILLAUMBRALES	3500	3100	-400	-11	9
VILLOVIECO	4400	5000	600	14	15

<b>COSECHA</b> .....	<b>268.570 Tm</b>	Official Data Junta Castilla y León
en los municipios	<b>281.810 Tm</b>	Estimados basada con el satélite NOAA
comparados de Palencia		
<b>diferencia</b> .....	<b>4.8 %</b>	

FIGURA 10

Evolución del NDVI para el municipio (A) Marcilla de Campos (PA) y dos colindantes: (B) Osorno y (C) Villovieco. Es apreciable como el municipio de Marcilla alcanza un valor máximo mayor en la evolución

**Conclusiones**

Resumiendo lo ya visto a lo largo del trabajo podemos concluir con:

- a) Las de series temporales de NDVI/AVHRR se muestran muy útiles, a pesar de su resolución media (1 píxel 120 ha), para el seguimiento de las etapas de desarrollo de cultivos, obviamente la baja resolución espacial limita su aplicación a regiones con monocultivo o al menos con parcelas de tamaño mayor de un píxel del mismo cultivo.
- b) La comarca de Tierra de Campos es muy apropiada para desarrollos y aplicaciones de las series de NDVI/AVHRR debido al predominio mayoritario de terreno de secano de uso cerealista.

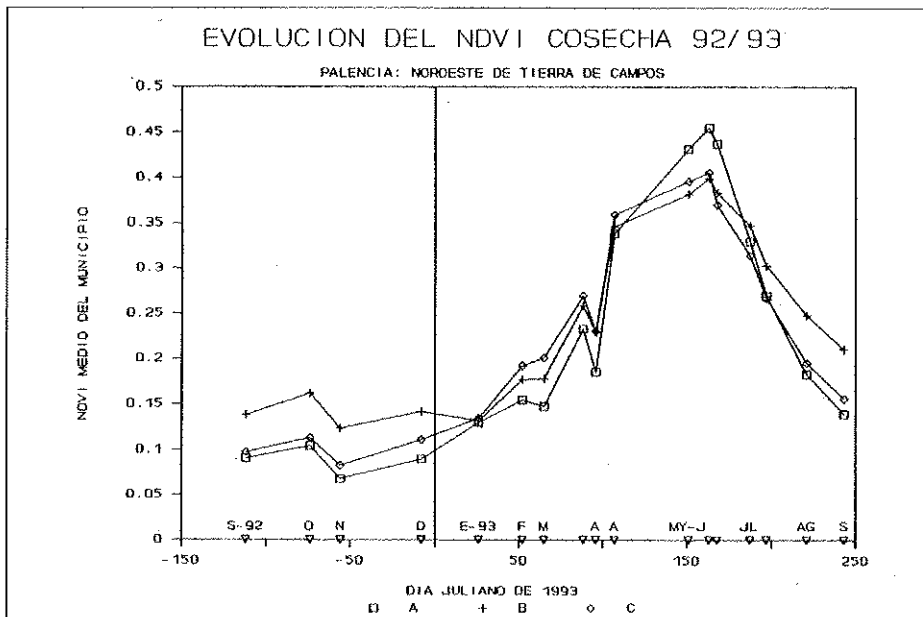


TABLA II  
Comparación de los resultados de la predicción de rendimiento para cereal y los resultados suministrados por la Junta de Castilla y León

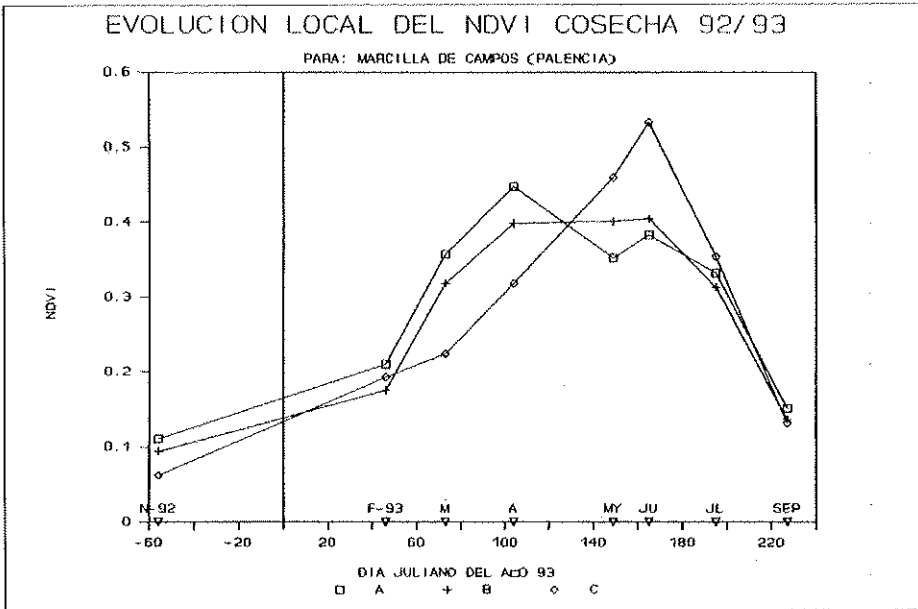


FIGURA 11

Curvas de evolución para puntos del municipio. La disparidad de su forma indica diferentes usos e incluso para el caso (C) tenemos un máximo para la imagen de junio

- c) La integral de la serie de NDVI muestra una buena correlación con los rendimientos para cereal (trigo+cebada). La introducción de nuevos datos como: agrometeorológicos, usos de suelo y cambios de uso puede permitir una notable mejora en los resultados obtenidos.

### Bibliografía

- Benedetti, R., Rossini, P.:** 1993: On the use of NDVI profiles as a tool for agricultural statistics: The case study of wheat yield estimate and forecast in Emilia Romana. *Remote Sens. environ.*, 45, pp. 311-326.
- Holben, B.N.:** 1986: Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *Int. J. Remote Sens.*, 11,8, pp. 1511-1519.
- Huete, A.R., Hua, G., Qi, J. and Chebouni A.:** 1992: Normalization of Multidirectional Red and NIR reflectances with the SAVI. *Remote Sensing Environ.*, 41, pp. 143-154.
- Illera, P., Delgado, J.A. y Calle, A.:** 1993: Algoritmo de corrección geométrica de imágenes NOAA/ AVHRR. En *V Reunión Científica de la AET*. Las Palmas de Gran Canaria.
- Justice, C.O., Eck, T.F., Tanré, D. and Holben B.N.:** 1991: The effect of vapour on the normalized difference vegetation index derived for the Sahelian region from NOAA AVHRR data. *Int. J. Remote Sensing*, 12,6, pp. 1165-1187.
- Malingreau, J.P. and Belward, A.S.:** 1989: Vegetation monitoring using AVHRR data at different resolutions. En *4th AVHRR Users' Meeting*, EUM P06, Rothenburg, F.R. Germany.

