



ABRIR CAPÍTULO 4. (INICIO)

4700 BASE CARTOGRÁFICA NACIONAL (BCN 200)

La Base Cartográfica Nacional es el sistema de información geográfico en formato vectorial elaborado por el Instituto Geográfico Nacional a partir de las fuentes cartográficas analógicas a escala 1:200.000, de ahí la especificación *200* que se añade al nombrarla. En sentido estricto, las bases cartográficas vectoriales no tienen escala fija, sino que al tratarse de polígonos y líneas (y puntos) acotados por coordenadas espaciales, su precisión de ubicación en el espacio no queda determinada por la escala sino que es absoluta.

El IGN suministra la información de la BCN 200 en formato ArcInfo, por provincias, ficheros que en nuestro caso eran totalmente compatibles y procesables por el software Erdas Imagine 8.3 sobre Estación de trabajo.

La BCN está estructurada en varias capas temáticas: curvas de nivel, núcleos de población, límites administrativos territoriales (municipales, provinciales), red hidrológica, red de comunicaciones (carreteras, ferrocarriles), puntos geodésicos, cotas, y construcciones singulares.

Cada nivel de información es una base de datos relacional, en sí misma y con respecto a los demás niveles, de manera que, gestionando las *etiquetas de información categórica* de cada una de las entidades podemos seleccionar una determinada categoría de información que nos interese, como por ejemplo hemos hecho en el caso de la red hidrológica en las figuras 2.26 y 2.27; en la primera se representan los vectores de la red hidrológica de primer orden mientras que en el segundo caso se incluyen hasta los de quinto orden.

Hay que hacer una matización en relación con el tema de la escala; puesto que los datos vectoriales no están sujetos a escala su utilidad es múltiple y se adapta a una gran variedad de análisis y representaciones cartográficas, pero por otra parte, el grado de precisión viene dado por la fuente originaria de la cual se vectorizaron los datos. En este caso, los trabajos para construir la BCN comenzaron a mediados de la década de los 80, convirtiendo los datos analógicos (cartografía convencional sobre papel 1:200.000) a digitales mediante técnicas de digitalización. Lógicamente la precisión nunca será mayor que la que proporcionan los mapas convencionales a escala 1:200.000, nivel de precisión al que habrá que añadir, o más bien restar, los fallos técnicos humanos del operados de tan arduo trabajo.

Desde el inicio de la construcción de la BCN 200 han pasado más de 10 años y se ha avanzado notablemente en los procesos de construcción de una base de datos de esta naturaleza, mediante el uso de sistemas GPS, lo que añade mucha más precisión de posición a los datos y disminuye la distancia entre coordenadas de los segmentos y polígonos. También han contribuido a suavizar la tarea de construcción de la base vectorial las imágenes de satélite de alta resolución espacial con características estereoscópicas así como las restituciones estereoscópicas digitales de fotografías aéreas tomadas en vuelos a baja altitud.

La mejora de los *softwares* capaces de vectorizar sobre las imágenes digitales, o vectorizar automáticamente ciertos elementos lineales de las imágenes ha supuesto también un gran avance en la tarea de generación y mantenimiento de estas costosas

bases de datos. En la sección de análisis de costes de las fuentes pormenorizamos el alto coste de la BCN: 165.000 pts por provincia.

4800 DATOS CLIMÁTICOS

Los datos climáticos con los que hemos operado han sido los de las estaciones termopluviométricas citados en la tabla 2.2. y representados en la imagen 2.10. En cuanto al periodo de los datos climáticos, los limitamos a los mismos meses de observaciones NOAA-AVHRR de la serie NDVI87m.

La selección y tratamiento de la base de datos de estaciones termopluviométricas supuso la inclusión en nuestro SIG de una fuente de datos no estandarizada en relación con las imágenes de satélite. Con esto queremos decir que, a partir de un listado de localización de estaciones por sus coordenadas X e Y en proyección latitud-longitud, re proyectamos todos los datos a los parámetros utilizados en nuestro estudio (UTM, zona 30, esferoide internacional 1909, datum Europeo 1950) para que entraran a formar parte de la base de datos como un elemento más de información vectorial.

Castilla y León tiene más de 2000 puntos de registro termopluviométrico; seleccionamos 200 estaciones que por su localización y separación nos proporcionaban un cubrimiento suficientemente denso. En julio de 1997 solicitamos los datos al Instituto Nacional de Meteorología, momento en el que se acababan de realizar la transferencia de competencias al Centro Meteorológico Territorial de Castilla y León en Valladolid. Debido a disposiciones internas de este Instituto los datos meteorológicos comenzaron a cobrarse a precios comerciales, aún en el caso de estudios de investigación amparados por una beca como es nuestro caso. El coste de los datos meteorológicos fue, en ese momento, de 1000 Pts. por observatorio solicitado.

Otra razón que nos obligó a reducir el número de puntos de observación meteorológica fue el escaso número de estaciones con los datos completos e informatizados disponibles en ese momento para la región. Tenemos constancia de que el sistema de registro y actualización de toma de datos se ha mejorado notablemente en los dos años transcurridos desde nuestra solicitud. Apuntamos este hecho no como censura sino como ejemplo inmediato de la dificultad que presenta hoy en día el trabajo con largas series de datos cuyo registro depende del buen hacer humano, que por imponderables no se registran adecuadamente. Esto nos ayuda a resaltar la conveniencia de integrar datos meteorológicos obtenidos vía satélite (ej. PDUS) en estudios o sistemas de seguimiento como puedan ser las series de observaciones multitemporales.

4900 ANÁLISIS DE COSTES Y AMORTIZACIONES DE LAS FUENTES Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Una vez desglosadas las fuentes de datos utilizadas en nuestro estudio, así como los sistemas de hardware y software empleados, queda una pregunta por responder: ¿cuál ha sido el coste de este estudio en términos económicos?, ¿es posible tal inversión para

la utilización de esta aplicación en servicios públicos (administración o enseñanza)?. Por regla general, cuando se habla de teledetección, de observación espacial o de proceso de imágenes de satélite advertimos un gran interés, mezclado con cierto escepticismo, como si se tratara de un objetivo al alcance de pocos privilegiados por los costes asociados que conlleva.

Este trabajo se ha realizado en el transcurso de cuatro años (1995-1999); uno de los criterios del análisis de cuentas es la aplicación de valores actualizados (1999) y constantes para cada una de las partidas. Por otra parte, algunos de los costes que suelen contemplarse como gastos absolutos (por ejemplo el coste de las imágenes) nosotros los concebimos como inversiones amortizables, lo que cambia el sentido de financiación presupuestaria de los proyectos que conllevan teledetección. La razón por la que consideramos las imágenes como bienes amortizables radica en el uso múltiple que de ellas se hace, siempre y cuando se ensamblen en una cadena de aplicaciones múltiples y análisis multitemporal. A partir de este presupuesto, las imágenes aportan su valor tantas veces como entren en las mediciones añadidas de la serie.

El desglose económico se articula en 4 capítulos: Datos, Hardware, Software y Consumibles. La valoración del coste laboral se considera independientemente. Todos los valores monetarios se contabilizan en pesetas; aportamos la equivalencia en Euros solo en los totales finales.

1. Datos

FUENTE	COSTE UNITARIO	TOTAL UNIDADES	COSTE TOTAL	AMORTIZACIÓN ANUAL
NOAA-DLR	9.570	274	2.622.180	524.436
NOAA-Infocarto	18.302	738	13.506.876	2.701.375
TM 201-31	650.000	1	650.000	130.000
Mosaico TM	500.000	1	500.000	100.000
BCN-200	165.000	9	1.485.000	297.000
Corine Land Cover	30.000	67	2.010.000	402.000
Termo-Pluvio INM	1.000	60	60.000	12.000
Total Pesetas			20.834.056	4.166.811
Equivalencia Euros			124765,2857	24953,05714

El criterio de amortización que hemos aplicado ha sido un criterio fiscal, que establece para este tipo de gastos (amortizables) un periodo máximo de cinco años, lo que equivaldría a un 20% anual.

Como hemos apuntado anteriormente, entendemos que los datos no son un gasto único y directo sino que son amortizables en tanto en cuanto se utilizan como base de distintos estudios, seguimientos o aplicaciones. Esto revaloriza los datos y los convierte en una base interdisciplinar, útil para numerosas aplicaciones.

La diferencia de precio entre las dos series de datos NOAA se explica porque las imágenes de la serie DLR contienen tan solo los canales 1 y 2, que son los necesarios para la elaboración del NDVI y además su selección no era automática, por lo que en el momento de adquirirlas, su coste era cercano al 50 %.

En términos comparativos también puede resultar sorprendente la escasa diferencia entre la imagen Landsat 201-31 y el Mosaico Landsat, que unifica nueve imágenes individuales. La causa es que las imágenes del mosaico solo cuentan con tres canales.

Los datos de la BCN y de la base de datos CLC los suministra el IGN a precios regidos por los siguientes criterios; los datos de la BCN se estructuran por provincias completas y por temas de información: comunicaciones, hidrología, poblaciones, límites municipales y curvas de nivel. Pueden adquirirse temas independientes, aunque en nuestro caso hemos contado con toda la información para las nueve provincias de la Comunidad Autónoma. En el caso de CLC, se estructura y se suministra en porciones de hojas de mapa 1:100.000. Castilla y León queda cubierta por 67 hojas.

2. Hardware

EQUIPO HARDWARE	COSTE UNITARIO	AMORTIZACION MENSUAL	AMORTIZACION ANUAL
Antena recepción NOAA-AVHRR	12.114.339	205.327	2.463.924
Estación de trabajo SGI Octane	4.941.576	205.899	2.470.788
PC	519.676	8.807	105.684
Instalaciones técnicas (lectoras, red...)	379.710	6.435	77.220
Total Pesetas			5.117.616
Equivalencia Euros			30.644

En el caso del hardware, las amortizaciones aplicadas son lineales según coeficientes del Ministerio de Hacienda, de acuerdo con las tablas oficiales de baremos de amortización para el periodo 1998-99.

3. Software

SOFTWARE	COSTE UNITARIO	AMORTIZACIÓN ANUAL
Office 97	70000	17500
Erdas Imagine 8.3	3200000	800000
MapSheets	160000	40000
MatLab v.4	500000	125000
Total Pesetas	3930000	982500
Equivalencia Euros	23532,93413	5883,233533

El criterio de amortización aplicado al software es el mismo que el comentado para los datos, solo que para un periodo máximo de cuatro años, lo que equivaldría a un 25% anual.

4. Consumibles

CONSUMIBLES	COSTE UNITARIO	UNIDADES AÑO	COSTE ANUAL
Exabyte 8 mm	3200	7	22400
CD-Rom	270	4	1080
ZIP	2000	3	6000
Tinta	3300	2	6600
Tonner	5000	2	10000
Total Pesetas			46080
Equivalencia Euros			275,9281437

Resumen de Costes Anuales: Total de Gastos y Amortizaciones.

	Pesetas	Equivalencia Euros
Datos	4.166.811	24.953
Hardware	5.117.616	30.644
Software	982.500	5.884
Consumibles	46.080	276
Coste Anual Total	10.313.007	61.757

En los gastos y amortizaciones anuales no se contempla el IVA, ya que éste no se trata de un coste sino de un impuesto teóricamente neutral, al quedar compensado el IVA soportado por el IVA repercutido.

5. Coste Laboral

Resulta difícil establecer una valoración real de costes laborales del trabajo realizado. El coste laboral en este estudio ha sido el sufragado por el Ministerio de Educación y Cultura con la ayuda FPI otorgada para su realización. En situaciones empresariales, los costes laborales varían según el cuadro técnico-humano que se diseñe para el desarrollo de los proyectos.

Una vez más reiteramos nuestro interés para que la aplicación de nuestro estudio sea una realidad en departamentos de la Administración pública relacionados con la gestión de los recursos naturales o con la enseñanza técnica de tal gestión. El ejemplo presupuestario que hemos desglosado de nuestro estudio es una aproximación entre muchas otras situaciones posibles; sobre los números apuntados y los contenidos de las partidas se pueden realizar ajustes apropiados a las necesidades particulares. Queremos decir, por ejemplo, que no siempre será necesaria la inversión en una antena de seguimiento, o quizá se opte por versiones de software menos costosas al estar soportadas por ordenadores personales en lugar de trabajar sobre estaciones de entorno UNIX, como ha sido nuestro caso.

5000 ANÁLISIS DE LAS FUENTES Y RESULTADOS

5100 INTRODUCCIÓN

Hemos apuntado que la teledetección y sus datos son un medio para un fin; pero llegado este punto también hay que entender que, los datos aportados por la teledetección, dejan de ser medio técnico y se convierten en la materia originaria de análisis. Lo que comenzó siendo una técnica instrumental para el conocimiento del medio, termina por ser una fuente de datos. El caso de la climatología resulta, quizá, más familiar: los instrumentos técnicos de exploración de la atmósfera (globos sonda, por ejemplo) se convierten en generadores de *datos fuente* para cálculos e interpretaciones posteriores. Lo mismo ocurre con la teledetección: es un medio, que termina convirtiéndose en una fuente.

La intención que guía este capítulo es presentar el análisis que podría hacer de las fuentes que hemos utilizado cualquier gestor medioambiental, no necesariamente perito en teledetección y proceso de imagen, pero sí capaz y necesitado del análisis e interpretación de los datos, en este caso del NDVI, para posteriores actuaciones gestoras. ¿Por qué adoptamos este criterio?. Nos hemos referido al interés que puede tener la base de datos del NDVI para consulta y como apoyo en la gestión y control del medio ambiente. Asumiendo que la base está mantenida con los debidos controles de calidad en el proceso de imagen y que su consulta resulta fácilmente accesible, lo deseable es que puedan acceder a ella técnicos, administrativos o gestores de diversa formación y con distintos intereses sobre el medio ambiente: agrícolas, hídricos, forestales, ecológicos, etc.

La naturaleza digital de las fuentes ya ha quedado explicada; en el análisis utilizamos diversos métodos cuantitativos, en parte comunes a otras ciencias como la estadística o la física, y en parte específicos de la geografía. En términos prácticos el análisis de las fuentes da respuesta a preguntas como: ¿qué métodos de análisis son realmente significativos para interpretar la dinámica natural de las cubiertas del terreno en Castilla y León a escala regional a partir de los datos del NDVI?; ¿qué interpretación puede hacerse de una serie de imágenes como la compendiada en NDVI87m?; ¿cómo se estructuran las bases de datos de las imágenes continuas o temáticas?.

La estructura de análisis que hemos realizado se sintetiza en la figura y tabla 5.1. Entendemos que es una aproximación analítica entre muchas otras posibles, pero la hemos organizado del modo expuesto y optamos por ella para conseguir los objetivos 3, 4 y 5 formulados en el plan de trabajo introductorio (secciones 1500 y 1600).

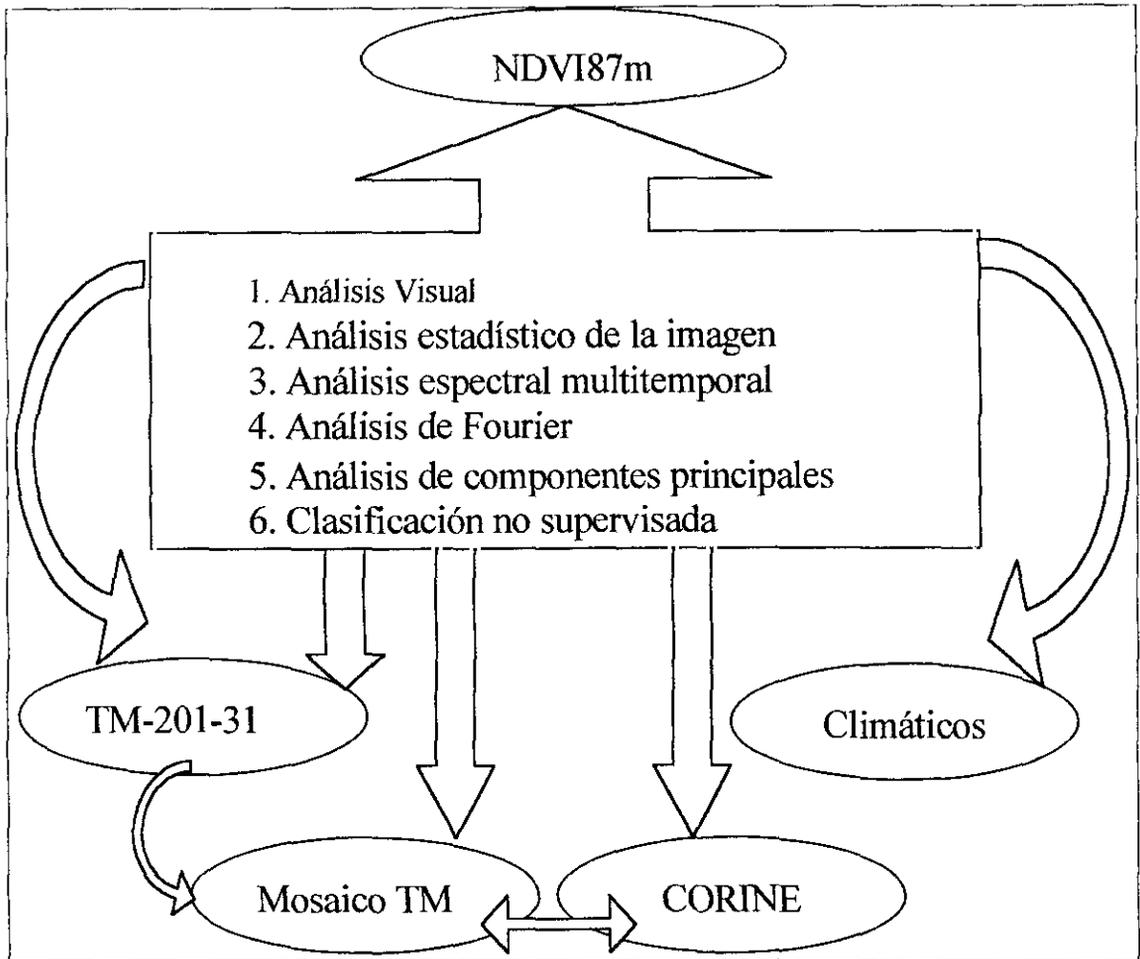


Figura 5.1 Secuencia de análisis y relaciones entre fuentes de datos

Objetivo de los procesos de análisis (Capítulo 5)		
Evidenciar los postulados de trabajo 1 y 2,	a partir de las fuentes de datos 1 a 5,	mediante las técnicas de análisis 1 a 6.
1. Posibilidad de seguimiento multitemporal de los ritmos ecológicos regionales, por medio del análisis multitemporal de la imagen serie NDVI87m	1. Imagen NDVI87m 2. Valores termopluviométricos de 60 estaciones 3. Imagen TM201-31	1. Análisis visual 2. Análisis Estadístico 3. Análisis Espectral a) Espacial b) Temporal
2. Posibilidad de clasificación y actualización de las cubiertas del terreno por medio de métodos de clasificación digital no supervisada de largas series multitemporales de NDVI	4. Mosaico TM 5. Base Corine	4. Análisis de Fourier 5. Análisis de Componentes Principales 6. Clasificación no supervisada.

Tabla 5.1 Objetivo y estructura de análisis de las fuentes del estudio

5200 ANÁLISIS DE LA IMAGEN NDVI87m

5210 ANÁLISIS VISUAL

En sentido estricto, un análisis visual no debe considerarse como un método cuantitativo sino cualitativo, pero en el caso de las imágenes digitales no es así puesto que los aparentes matices y variaciones visuales obedecen siempre a valores cuánticos y cuantificables.

Esta primera aproximación que hacemos a la imagen NDVI87m es ciertamente muy simple, pero de gran ayuda para la detección de cambios globales y para establecer comparaciones en el tiempo. El análisis visual multitemporal más sencillo se basa en la comparación de tonos entre imágenes de dos o más fechas distintas, emitiendo cada una de las fechas por un canal distinto (Price, K. 1976³⁰²; Robinson, J. 1979³⁰³). Las figuras 5.2 y 5.3 muestran el resultado de este proceso de análisis visual: el canal azul ha permanecido desactivado. El canal rojo proyecta la primera banda de la imagen que interesa analizar. El canal verde emite la segunda banda de la imagen que interesa comparar, más reciente en el tiempo. El resultado es que las áreas estables respecto al NDVI entre las dos fechas aparecen en color amarillo, las áreas deficitarias en rojo y las que han aumentado el vigor de la vegetación entre ambas fechas se perciben en verde.

Las posibilidades que ofrece este sistema de detección de cambios son múltiples según el objetivo y las fechas que interese contrastar. En las figuras 5.2 y 5.3 hemos realizado dos comparaciones visuales de pérdidas e incrementos del NDVI de las bandas correspondientes a los meses de mayo de la imagen serie NDVI87m. La figura 5.2 establece el mes de mayo de 1990 (B5) como parámetro fijo de comparación con los meses de mayo de 1991 (B17), 1992 (B29), 1993 (B41), 1994 (B53), 1995 (B65) y 1996 (B77). Por contraste, la comparación establecida en la figura 5.3 también corresponde al MVC del NDVI de los meses de mayo de la serie, pero examinados en pares de años consecutivos según la siguiente secuencia:

Años comparados (mes de mayo)	Bandas NDVI87m (R, G)	Incremento inter- anual de NDVI	Descenso inter- anual de NDVI
1990 – 1991	B5 – B17	Áreas visualizadas en color verde	Áreas visualizadas en color rojo
1991 – 1992	B17 – B29		
1992 – 1993	B29 – B41		
1993 – 1994	B41 – B 53		
1994 – 1995	B53 – B65		
1995 – 1996	B65 – B77		

Las imágenes de la figura 5.2 muestran que, en comparación con la actividad vegetativa de mayo de 1990, la del 91 fue más limitada en las penillanuras y en el tercio NO de la Comunidad. En mayo del 92 el centro de la depresión, la cuenca de Almazán y en

302 Price, K.E. (1976). Change detection and analysis in multispectral images. Carnegie-Mellon University of Pittsburgh, Pennsylvania, Dept. of Computer Science. 205 p.

303 Robinson, J. W. (1979). A critical review of the change detection and classification literature; Technical memorandum 79/6235, Computer Science Corporation, Silver Springs, Md., 50 p.

menor medida las penillanuras sufrían un fuerte estrés vegetativo en comparación con el 90 mientras que el reborde montañoso tenía un vigor vegetativo positivo y mucho más fuerte que el habitual en ese mes. Mayo del 93 respecto al del 90 presentaba una fuerte pérdida de actividad vegetativa en el extremo occidental de la penillanura y algo menor en la tierra de Campos de Valladolid y Palencia. Mayo del 94 y 95 tuvieron un comportamiento de actividad vegetativa muy similar entre ellos con relación al mismo mes de 1990: las penillanuras mantuvieron el NDVI estable, el cuadrante NO en situación de pérdida de actividad vegetativa y de ganancia en el sector de depresión y páramos de Palencia y Burgos.

Estas apreciaciones generales encierran muchos matices locales que es necesario desentrañar en relación con la situación climática del ese momento u otros factores propios del mes en consideración. Así, por ejemplo, resulta notable la falta de estabilidad de vigor vegetativo de las montañas de León, el Bierzo y las comarcas como Astorga, La Bañeza o el Páramo de León; parece lógico esperar mayor actividad vegetativa en estas áreas en el mes de mayo y sin embargo el análisis visual muestra colores rojizos (pérdida), con excepciones interanuales (1996, Sierra de la Cabrera con gran vigor): en esta zona se juntan dos grandes cubiertas que en el mes de mayo tienden a dar una actividad vegetativa deficiente por causas opuestas. Las fitoasociaciones de las sierras todavía pueden estar despuntando mientras que las áreas de cultivos hacia la depresión han comenzado su maduración.

La consideración de un año determinado como base de comparación es aleatorio y depende tan solo del interés del estudio o del interprete. Así, por ejemplo, se puede tomar 1992 como año crítico de producción vegetativa mínima, de manera que en el momento que se vuelvan a registrar valores de NDVI próximos a los de ese año se considere una situación *alarmante*.

A partir de las imágenes de las figuras 5.2 y 5.3 también podemos inferir cuales son las zonas más estables, manteniendo una misma fuerza interanual de actividad vegetativa en el mes de mayo. Estas zonas son: el NE de la provincia de Burgos (Bureba y valle de Losa), Torozos, valle de Amblés, y en menor medida La Armuña.

La figura 5.3 representa la variabilidad interanual del vigor de la vegetación en el mes de mayo. Lo *habitual* en este mes es que las penillanuras del oeste hayan sobrepasado la crecida primaveral, las llanuras centrales estén en un momento de apogeo vegetativo mientras que el reborde montañoso muestre un vigor bajo porque los retoños anuales empiezan a despuntar. Sobre este esquema de *normalidad* mayo del 91 se comporta como cabe esperar mientras que mayo del 92 tiene una situación atípica y alarmante para ese mes, con un comportamiento vegetativo más propio del mes de julio que de mayo. La primavera del 94 entró más retrasada que el 93 en las penillanuras (ganancia neta). Mayo del 96 también resultó vegetativamente más activo que el 92-94 en la ibérica y las montañas del norte.

Comparación visual de aumento y descenso del NDVI en Castilla y León entre los meses de mayo de la serie NDVI87m.
 Mes base: Mayo 1990 (B5)

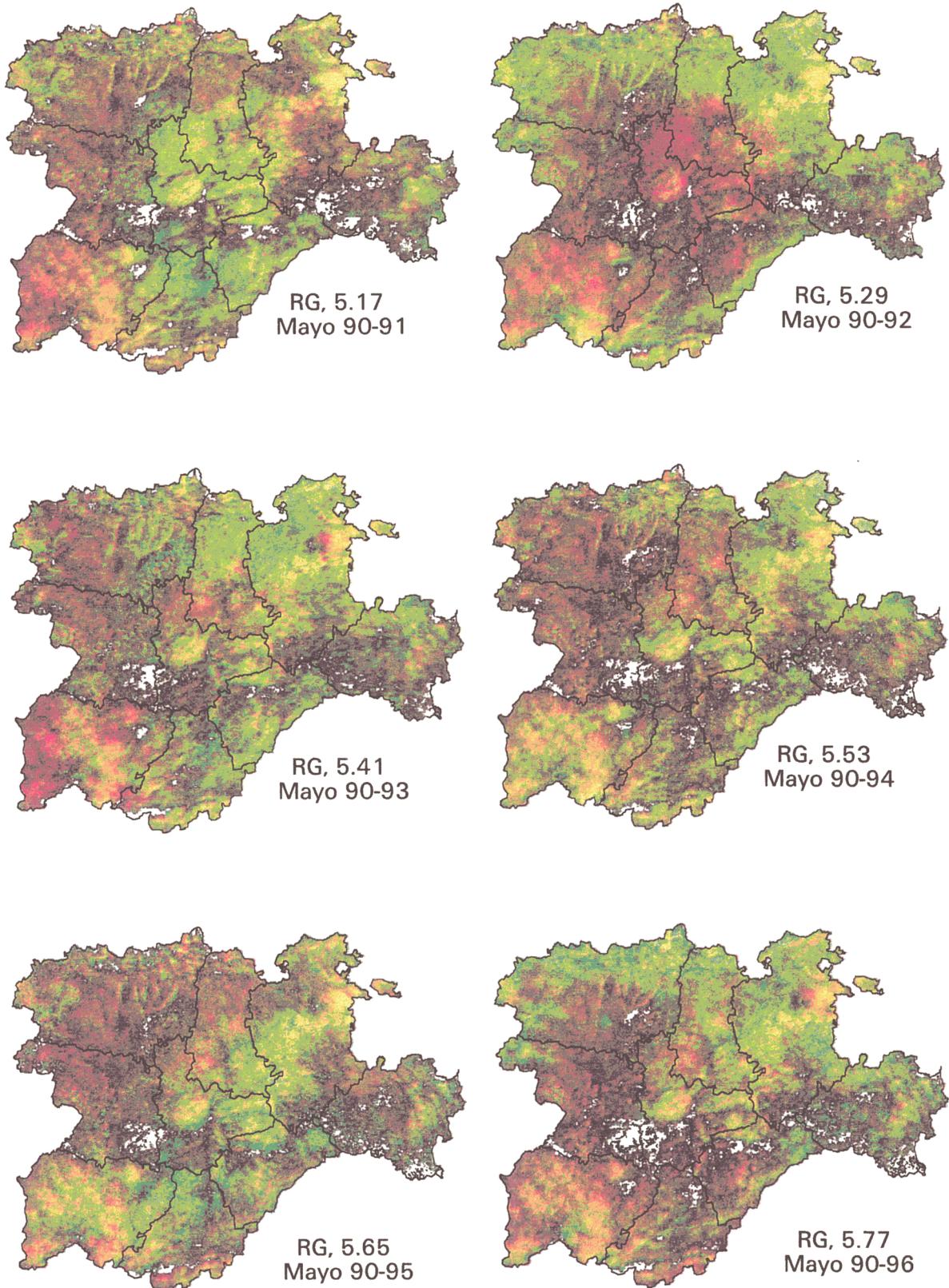


Figura 5.2

- Leyenda
- Pérdida NDVI
 - NDVI estable
 - Aumento NDVI

Proyección UTM. Zona 30.
 Esferoide Internacional 1909
 Datum Europeo 1950

100000 Escala 0 Metros

Comparación visual de aumento y descenso del NDVI en Castilla y León entre los meses de mayo de la serie NDVI87m. Interanualidades consecutivas.

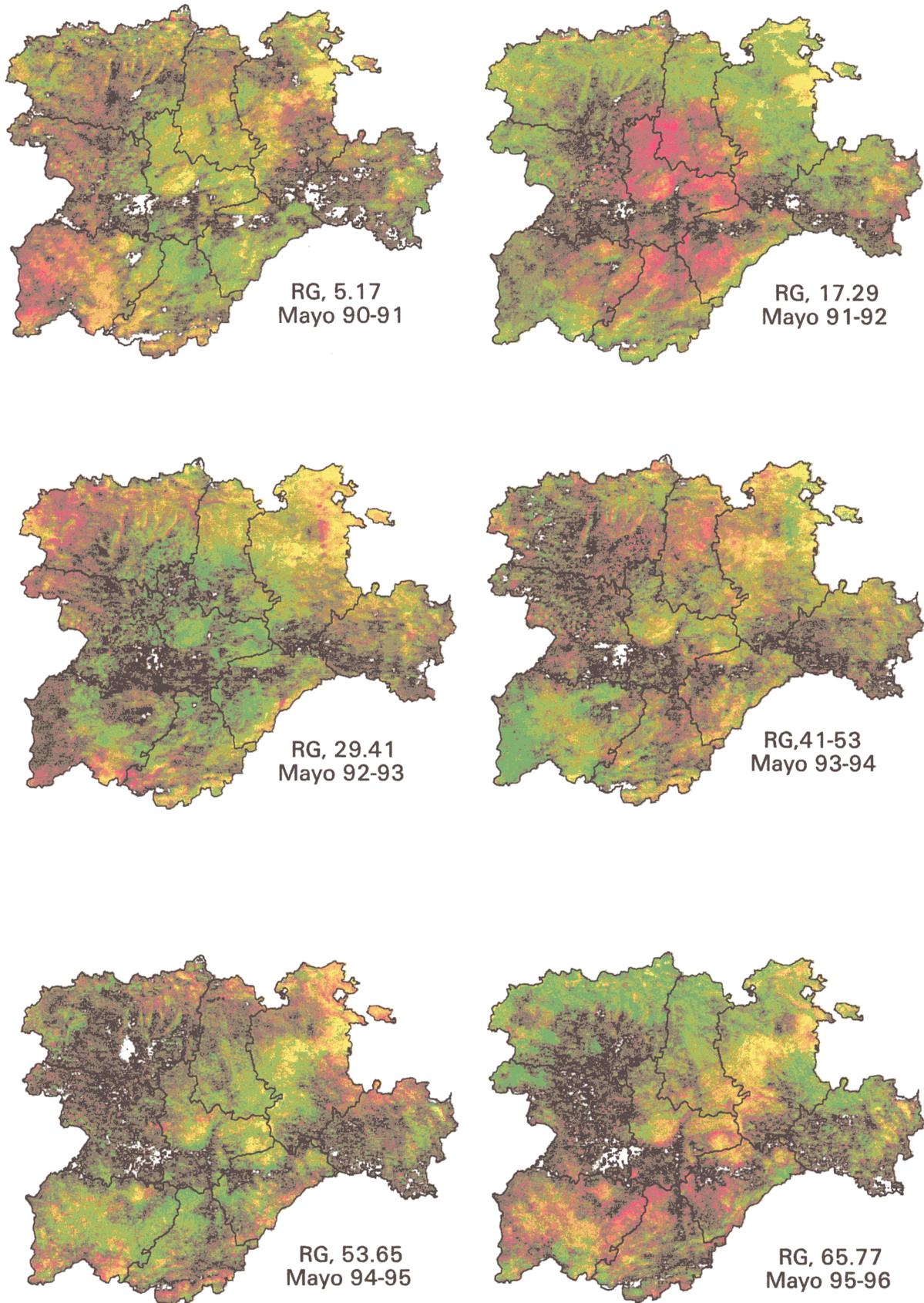
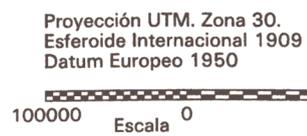


Figura 5.3



Metros

5220 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La estructura digital de las imágenes permite tratarlas, a todos los efectos, como bases estadísticas. Sin perder de vista que NDVI87m es una imagen continua, recordamos que, aunque los valores del NDVI debieran oscilar entre -1 y 1 , se han recodificado de manera que oscilen entre 0 y 255 para mejorar su visualización con los equipos de análisis. La tabla 5.2 recoge las estadísticas básicas de cada banda, representadas en la figura 5.4. Estos valores, junto con los histogramas (anexo 3), describen las características individuales de cada banda y de cada mes de observación. El grado de correlación entre bandas se obtiene mediante una matriz de correlación de varianzas y covarianzas

Banda	Mes	Minimo	Maximo	Media	Mediana	Moda	Desviación	Varianza	
1	Enero	114	187	143,20	142	129	13,80	190,45	1990
2	Febrero	105	191	157,21	157	157	11,12	122,66	
3	Marzo	122	194	158,21	158	153	9,02	80,15	
4	Abril	115	202	152,63	154	155	16,11	253,13	
5	Mayo	120	210	170,77	171	171	10,41	109,13	
6	Junio	107	212	162,32	161	155	13,96	193,65	
7	Julio	119	217	154,59	149	143	17,17	294,61	
8	Agosto	119	207	153,49	148	139	16,64	276,35	
9	Septiembre	118	199	147,68	143	133	15,18	230,01	
10	Octubre	117	197	144,62	141	134	14,82	219,14	
11	Noviembre	117	191	152,17	153	136	14,46	209,41	
12	Diciembre	113	186	146,64	145	127	13,33	176,60	
13	Enero	119	247	151,19	150	141	12,66	159,10	1991
14	Febrero	117	185	149,35	148	136	12,66	157,81	
15	Marzo	111	195	157,40	158	162	12,66	166,72	
16	Abril	112	200	163,47	163	161	11,80	138,30	
17	Mayo	115	214	171,52	171	170	10,22	102,93	
18	Junio	118	253	169,46	169	158	13,30	174,20	
19	Julio	114	215	156,23	150	143	16,37	268,21	
20	Agosto	119	211	151,40	146	139	15,53	240,69	
21	Septiembre	115	209	149,62	145	138	15,45	240,84	
22	Octubre	118	199	150,58	147	140	14,98	224,28	
23	Noviembre	116	187	148,47	148	138	10,78	117,76	
24	Diciembre	108	175	142,59	142	134	9,22	84,52	
25	Enero	115	170	142,04	142	143	8,11	65,12	1992
26	Febrero	110	172	144,67	145	147	8,11	58,76	
27	Marzo	117	184	149,77	150	154	8,74	76,29	
28	Abril	109	190	155,66	156	157	10,20	103,18	
29	Mayo	108	207	158,94	158	151	11,36	129,11	
30	Junio	120	190	148,05	147	140	12,63	160,39	
31	Julio	117	206	157,61	156	138	16,09	258,45	
32	Agosto	117	203	152,22	147	141	15,37	237,02	
33	Septiembre	122	201	152,82	148	140	15,84	250,80	
34	Octubre	124	186	146,20	145	139	10,45	109,98	
35	Noviembre	121	172	138,16	137	132	7,87	62,23	
36	Diciembre	114	181	143,04	143	146	11,11	123,11	

Banda	Mes	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desviación	Varianza	
37	Enero	116	199	143,89	144	145	13,38	180,53	1993
38	Febrero	113	181	152,26	152	153	9,48	90,21	
39	Marzo	119	190	156,93	156	157	9,01	80,78	
40	Abril	111	190	154,01	154	149	9,70	92,75	
41	Mayo	114	194	162,60	163	162	10,24	104,71	
42	Junio	118	207	171,30	171	168	11,99	144,08	
43	Julio	121	217	166,67	163	155	17,12	294,15	
44	Agosto	126	186	140,04	138	127	11,08	123,96	
45	Septiembre	125	198	146,99	143	135	13,73	187,67	
46	Octubre	115	201	146,88	145	140	12,27	152,51	
47	Noviembre	114	193	147,11	146	140	11,39	128,13	
48	Diciembre	104	179	129,46	127	121	8,96	79,62	
49	Enero	108	182	144,30	142	140	10,79	115,44	1994
50	Febrero	085	187	147,47	146	140	11,93	141,65	
51	Marzo	115	198	162,96	163	163	11,24	124,58	
52	Abril	125	235	166,31	165	169	9,51	91,00	
53	Mayo	132	211	168,70	168	169	9,51	104,90	
54	Junio	127	232	176,22	175	169	17,70	309,15	
55	Julio	116	228	164,85	158	152	19,63	380,98	
56	Agosto	127	222	162,64	158	169	17,82	321,77	
57	Septiembre	116	217	152,14	148	141	14,61	215,49	
58	Octubre	118	186	143,03	142	135	10,43	109,06	
59	Noviembre	124	188	146,53	146	147	9,59	92,05	
60	Diciembre	120	203	152,21	152	169	17,58	305,78	
61	Enero	120	188	152,09	152	154	9,63	91,29	1995
62	Febrero	101	190	156,50	157	157	11,41	125,13	
63	Marzo	114	199	164,67	165	165	10,01	98,18	
64	Abril	114	202	168,39	169	169	8,84	78,82	
65	Mayo	120	205	175,02	174	172	10,10	101,61	
66	Junio	101	203	158,22	157	147	14,24	205,09	
67	Julio	114	199	153,64	149	143	16,14	261,06	
68	Agosto	114	196	152,42	147	141	15,83	252,59	
69	Septiembre	114	188	148,47	145	143	14,14	200,94	
70	Octubre	114	183	146,22	144	141	12,69	162,26	
71	Noviembre	114	184	153,97	153	143	10,53	111,05	
72	Diciembre	101	188	153,07	153	145	13,12	171,67	
73	Enero	127	254	146,36	145	145	12,48	148,28	1996
74	Febrero	124	212	160,06	159	154	11,93	141,74	
75	Marzo	119	225	154,54	154	151	12,50	153,69	
76	Abril	119	221	171,90	171	167	12,50	155,52	
77	Mayo	120	205	175,02	174	172	10,10	101,61	
78	Junio	141	217	180,45	181	183	10,25	104,83	
79	Julio	134	216	164,42	161	155	16,33	267,75	
80	Agosto	132	237	159,33	157	168	15,90	252,54	
81	Septiembre	130	205	158,06	155	151	15,72	247,45	
82	Octubre	130	201	158,67	157	151	14,69	218,84	
83	Noviembre	127	189	149,49	150	135	11,58	134,67	
84	Diciembre	121	179	148,39	148	139	9,45	89,37	
85	Enero	118	177	145,26	144	139	9,87	96,73	1997
86	Febrero	121	185	154,26	155	155	9,03	81,14	
87	Marzo	127	233	162,04	162	161	8,96	79,14	

Tabla 5.2 Estadísticas de las bandas de la imagen NDVI87m

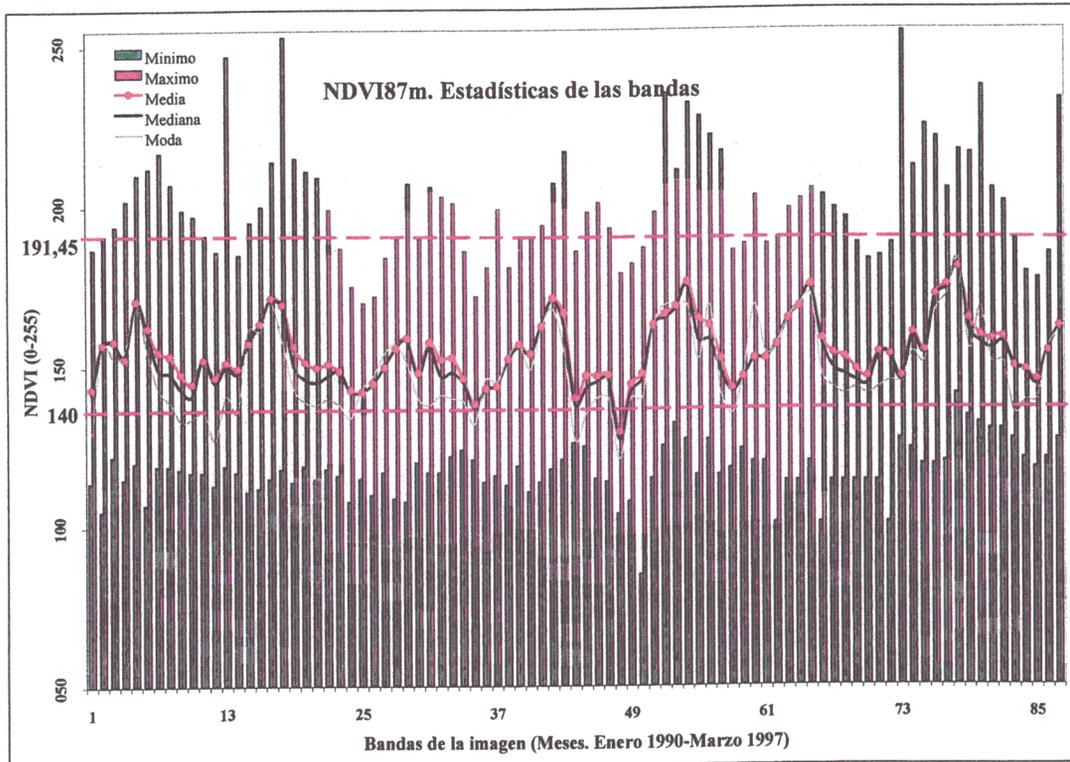


Figura 5.4. Representación de las estadísticas básicas de la imagen NDVI87m

Lo más básico que podemos inferir de estos valores son los siguientes comentarios. Respecto a la **media** del NDVI, debe observarse que, todos los valores, independientemente de la estación o año, están por encima del valor medio (127,5) del rango de valores posible (0-255); pero el valor medio siempre es una aproximación muy somera a la realidad por lo que intentaremos introducir matices. En definitiva, ¿qué quiere decir que el valor medio normalizado de la vegetación de una cubierta sea 140, 160 o 170?, ¿nos advierte de algo positivo o negativo?.

Según los valores originarios del NDVI (± 1), Holben (1986)³⁰⁴ afirma que una cubierta con un NDVI de 0,1 se encuentra en un estado crítico de actividad vegetativa, mientras que en el caso opuesto, de abundante cubierta vegetal con vigorosa actividad vegetativa en sus tejidos, el NDVI alcanza un valor de 0,5. La equivalencia de esos valores con nuestros datos, según los criterios de reescalado aplicado (Jensen, 1996³⁰⁵), equivale a **140** para el mínimo crítico y **191,45** para el máximo. Tomamos estos dos valores como límites de referencia para los siguientes comentarios de las medias del NDVI de nuestra serie, representados en las figuras 5.4. y 5.5.

304 Holben, B. N. (1986). Characteristics of maximum value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 7, pp. 1417-1434

305 Jensen, J. R. (1996). *Introductory digital image processing. A remote sensing perspective*, (2nd Edition), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

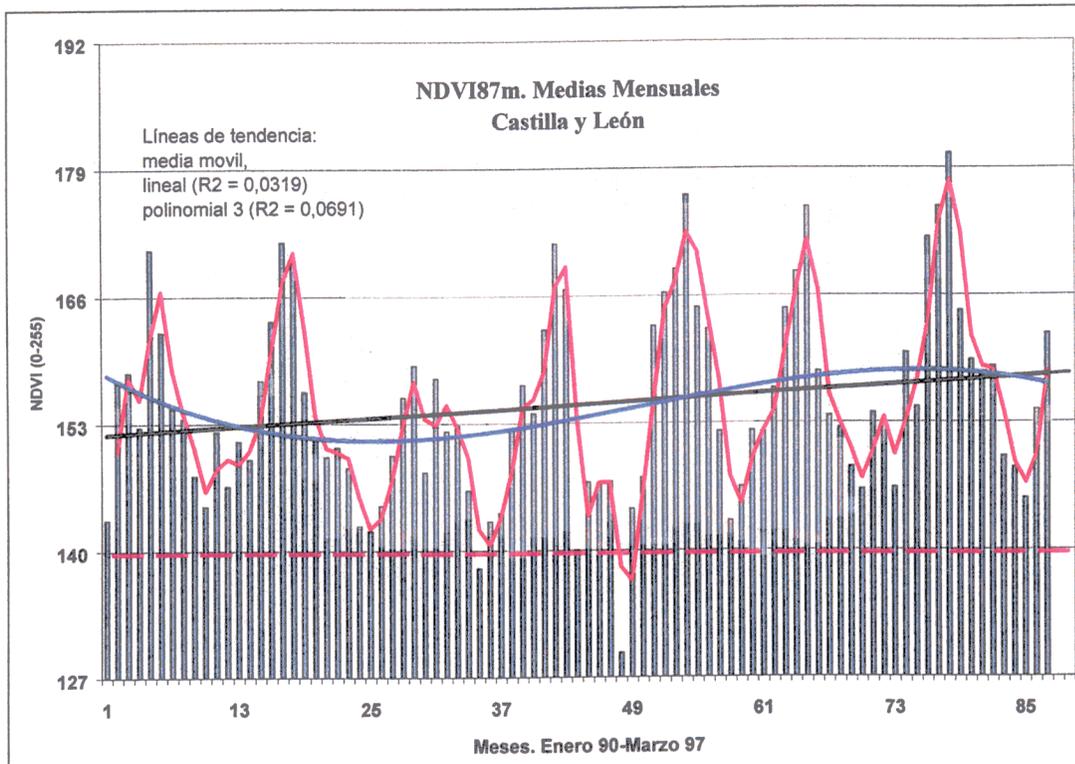


Figura 5.5 Medias mensuales del NDVI en Castilla y León. Enero 1990 - Marzo 1997.

Todas las bandas de NDVI87m, excepto dos, tienen un NDVI medio superior al nivel crítico; las excepciones son B35 (noviembre 92) y B48 (diciembre 93); B44 (agosto 93) también está cercana al límite crítico (NDVI = 140,04). Examinando los histogramas de cada una de estas tres bandas para descubrir anomalías que distorsionaran los datos a la baja, solo B44 tiene una distribución algo atípica, por lo que debemos recurrir a los datos meteorológicos de esos meses para constatar situaciones extremas que hayan provocado tales desviaciones de la media.

De los valores **medios mensuales** del NDVI inferimos que, en conjunto, Castilla y León mantiene un saldo positivo de la actividad vegetativa de las especies y comunidades que la cubren, aún durante los meses de estío o de actividad vegetativa senescente entre las especies frondosas (medias superiores a 140). Atendiendo a los valores **mínimos** de NDVI registrados en cada banda (tabla 5.2 y figura 5.4), la apreciación del vigor de las cubiertas vegetales es mucho más alarmante, pues tan solo B78 (Junio 1996, 1/87) mantuvo los valores mínimos de NDVI por encima del umbral crítico. El comportamiento de los valores **máximos** mensuales del NDVI, no es exactamente el opuesto al de los valores mínimos; no todas las bandas mantienen todos los valores máximos por encima de 191,45. La oscilación anual e interanual de los máximos es más acusada que en los mínimos. Así pues, el conjunto medio del NDVI delata, al menos, tres cuestiones: (i) los datos medios obtenidos quedan encuadrados en los límites de *normalidad* esperados, sin anomalías sostenidas que imposibiliten su análisis; (ii) que la observación conjunta del NDVI en un área tan extensa como Castilla y León aúna sectores de reducida actividad biológica junto con otras de mucho vigor. Aunque esta afirmación es evidente *a priori*, y por tanto peyorativa hacia nuestro método de trabajo,

opinamos que en realidad evidencia la utilidad del procedimiento y sus posibilidades de aplicación sobre regiones naturales menos extensas y/o sobre periodos temporales más duraderos; (iii) cada estación se caracteriza por unos valores del NDVI propios y objetivos (medios, mínimos y máximos).

Dada la temporalidad de la imagen serie NDVI 87m hemos obtenido estadísticas derivadas que nos parece interesante aportar y comentar. En concreto nos referimos a: (i) NDVI medio mensual, (ii) NDVI medio estacional, (iii) media de las mínimas y (iv) media de las máximas (tabla 5.3 y figura 5.6).

Valores medios (\bar{m}) del NDVI						
Mes	\bar{m} Min	\bar{m} Max	\bar{m} Mensual	\bar{m} Estación	M. O ¹	Nº O ²
Diciembre	111,5	184	144,7	\bar{m}_{ndvi} 147,7	7	85
Enero	117,1	200,5	145,7	\bar{m}_{min} 112,7	8	84
Febrero	109,7	187,8	152,3	\bar{m}_{max} 190,7	8	90
Marzo	117,1	202,2	157,7	\bar{m}_{ndvi} 162,2	8	73
Abril	114	205,7	161,2	\bar{m}_{min} 116,5	7	72
Mayo	118,4	206,5	168,4	\bar{m}_{max} 204,8	7	80
Junio	118,8	216,2	166,2	\bar{m}_{ndvi} 159,3	7	85
Julio	119,2	214	159,1	\bar{m}_{min} 120	7	96
Agosto	122	208,8	152,7	\bar{m}_{max} 213	7	82
Septiembr	121,4	202,4	150,2	\bar{m}_{ndvi} 148,4	7	91
Octubre	119,4	193,2	147,5	\bar{m}_{min} 119	7	80
Noviembre	119	186,2	147,5	\bar{m}_{max} 193,9	7	94

1. MO: Nº Meses de observación 2. NºO: Nº de observaciones en ese mes en toda la serie

Tabla 5.3 Medias mensuales y estacionales de NDVI para Castilla y León. Valores derivados de la serie NDVI87m

Somos conscientes de que la serie de observaciones es todavía limitada para presentar valores medios mensuales del NDVI para una zona tan amplia y diversa como Castilla y León, pero de momento este es el intento más amplio de registro de este parámetro en el tiempo y una primera aproximación a lo que deseamos que se continúe en el tiempo. Por supuesto no damos como definitivos los valores medios mensuales y estacionales obtenidos y nos gustaría verlos matizados gracias al seguimiento sistemático de este parámetro, al modo de los parámetros climáticos. En el caso de que fuera posible la medición del NDVI de manera sistemática e institucionalizada, el registro de parámetros podría matizarse del siguiente modo:

	NDVI-MVC. Mes -- , 20--					
	Min.absoluto	Max.absoluto	\bar{m}_{min}	\bar{m}_{max}	\bar{m}_{ndvi}	Nº observaciones MVC
Decena 1						
Decena 2						
Decena 3						
Mensual						

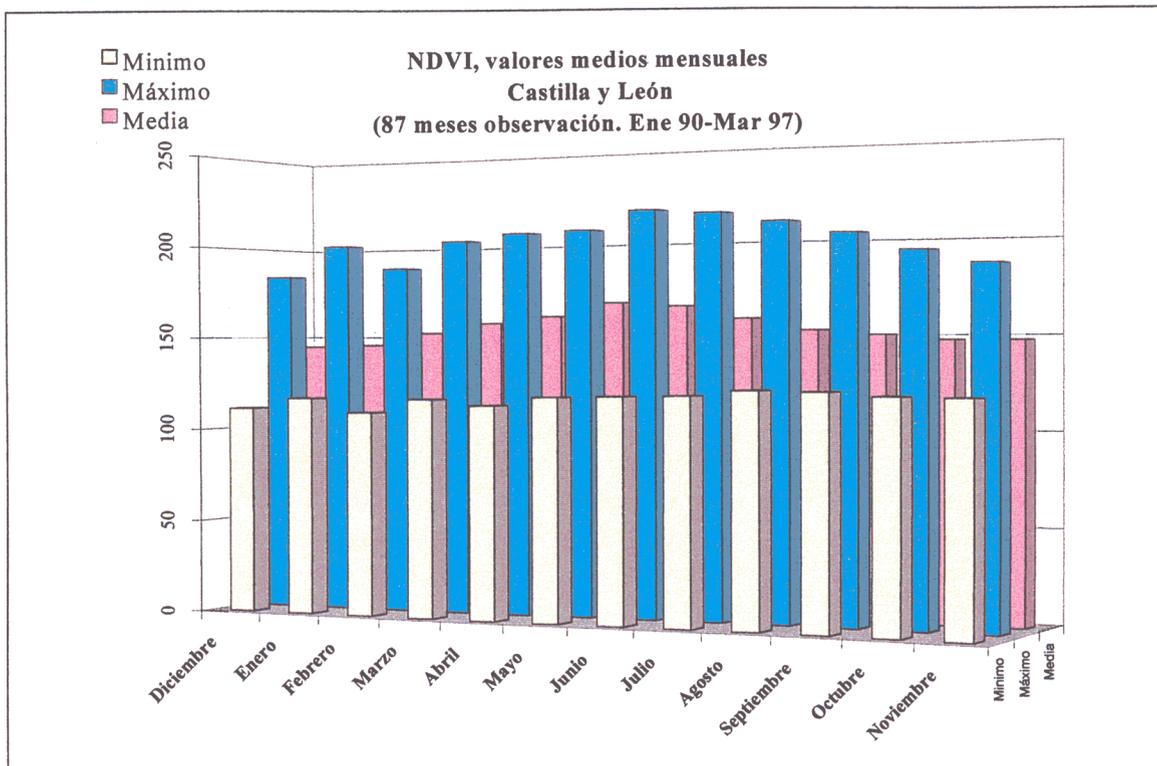


Figura 5.6 Valores mensuales medios, mínimos y máximos del NDVI en Castilla y León. Periodo de medición de la serie, 87 meses.

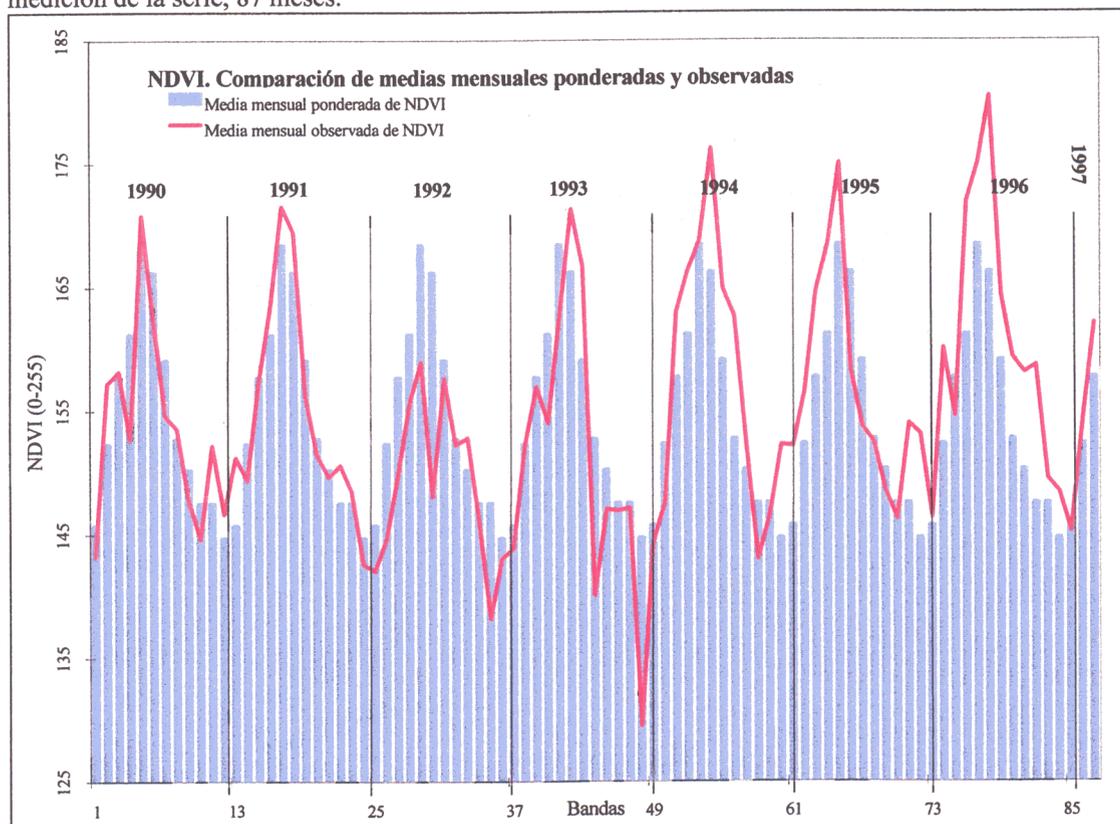


Figura 5.7 Comparación de medias mensuales de NDVI ponderadas y observadas en Castilla y León.

La comparación del **NDVI mensual observado** frente a los valores **medios ponderados** (figura 5.7) revela la desviación anual de la actividad vegetativa de las cubiertas para la totalidad de Castilla y León. En resumen y en conjunto podemos decir

que para el periodo 1990-97 la tendencia del NDVI es al alza, con una severa retracción intermedia en 1992 y 1993-94 (esta última menos intensa). En concreto observamos que **1990 y 1991** mantuvieron, en general, una actividad vegetativa muy ajustada a los valores medios esperados: 13 de esos 24 meses, registraron un NDVI ligeramente inferior al esperado. El mes de diciembre de 1991 entra a formar parte del extenso periodo de escasa y costosa actividad vegetativa que se prolonga **hasta marzo de 1994**: durante esos 27 meses (dic.91-mar.94), solo tres registraron un NDVI medio ligeramente superior al esperado por la media ponderada (sep.92; jun. jul.93). Este periodo de contracción vegetativa coincide con una sequía severa (Ascaso, 1997)³⁰⁶. Además, dos meses descienden por debajo del umbral crítico señalado por Holben (140 / 0,5), y otros seis meses se encuentran muy próximos a él (NDVI entre 140 y 145). La retracción vegetativa cede y vuelven a observarse índices de actividad fenológica superiores a los esperados **hasta mayo de 1995**, que de nuevo da paso a un periodo de cinco meses de índices inferiores a la media mensual ponderada. Desde noviembre de 1995 hasta el final de nuestra serie y periodo de observación en marzo de 1997, la actividad vegetativa es notoriamente superior a la media del NDVI.

Los valores medios del NDVI observados y ponderados para todo Castilla y León pueden puntualizarse a escala local, consultando la serie de valores del NDVI para un punto conocido, gracias a la estructura de información *apilada* de NDVI87m. De esto nos ocuparemos en la sección de análisis espectral temporal de los 60 puntos de observación correspondientes a estaciones termopluviométricas.

Así mismo, los valores medios encubren variaciones que es preciso desenmascarar, atendiendo a la **dispersión de los datos**. La dispersión es la mayor o menor variabilidad de los valores alrededor del valor medio de la variable (Martín y Ruiz-Maya, 1995)³⁰⁷. El mayor o menor grado de dispersión de los datos de una variable, en nuestro caso los valores de los píxeles de una banda, marcará el grado de representatividad de su valor medio. Los modos de medición de la dispersión son a través de las desviaciones y de la varianza.

Las figura 5.8. ilustra las **desviaciones estándar** de los valores del NDVI respecto del valor medio en cada una de las bandas de NDVI87m; cuanto mayor sea el valor de la desviación típica, mayor heterogeneidad de dato encierra esa banda. Esas diferencias internas de dato pueden deberse (i) al registro de cubiertas muy dispares, lo que da ND de amplio rango o (ii) a registros anómalos. En nuestro caso, las bandas 54, 55 y 56 son las que más se desvían.

306 Ascaso Alcubierre, P. (1997). Variabilidad y riesgos climáticos y sus repercusiones en paisaje natural y agrario. Análisis bioclimático y cuantificación de daños ocasionados por la sequía mediante teledetección y SIG. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía. Dto. AGR.

307 Martín Pliego F.J., Ruiz-Maya, L. (1995). Estadística, T.I y II. Editorial AC. Madrid.

La **varianza** (V o σ^2) es la **medida cuadrática de la dispersión**, lo que equivale al momento de segundo orden respecto a la media. Valores pequeños de la varianza significan que las desviaciones de la variable aleatoria respecto a la media son pequeñas y por tanto, en ese caso la media sí que resulta representativa del conjunto de valores de la distribución y por consiguiente, la dispersión será pequeña. Respecto al valor de la varianza y de la desviación Bosque (1992, *Cit. supra*, p.138) apunta lo siguiente: “ambas medidas aumentan al hacerlo la variabilidad interior de la variable; es decir, incrementan su valor cuando dentro de ella existen numerosos casos con valores muy diferentes al adoptado por la media, por lo tanto, cuanto más elevadas sean la varianza y la desviación típica menos de fiar resulta el valor de la media aritmética como representación de la variable, aunque si la variación de los valores se hace de manera muy simétrica entorno a la media, ésta puede seguir siendo una adecuada representación de este tipo de variables (gaussianas)”.

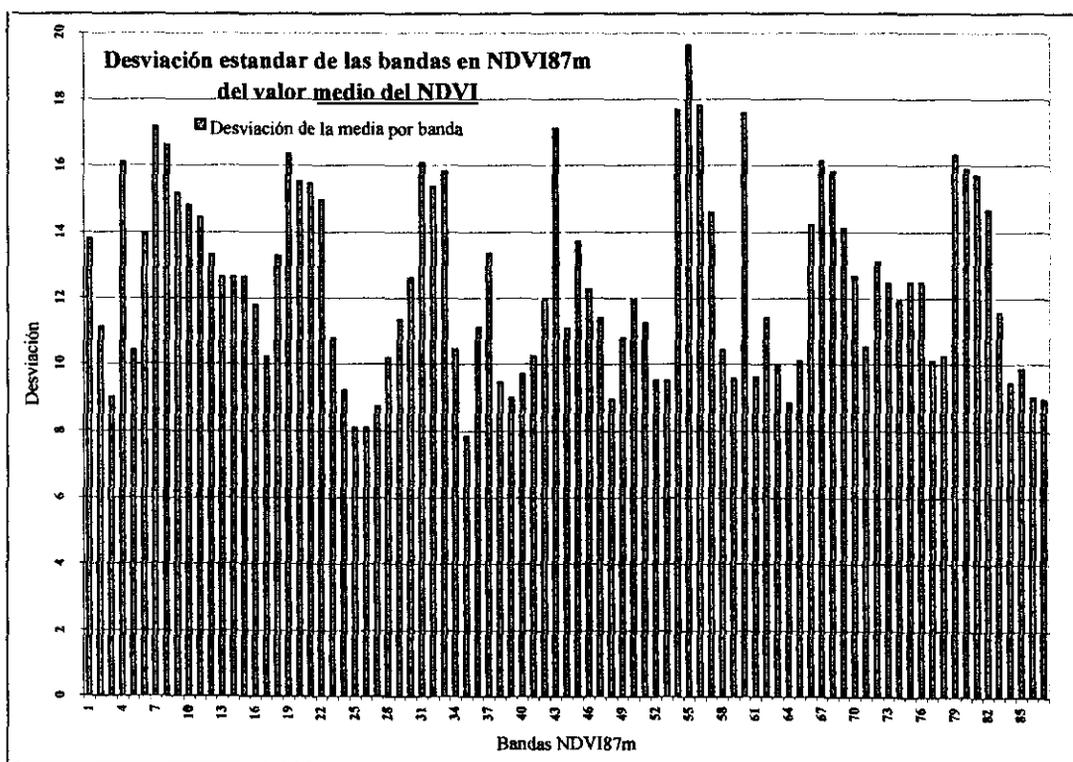


Figura 5.8 Representación de la desviación típicas del NDVI en cada banda de NDVI87m.

Otro elemento de análisis son los **histogramas de frecuencias de valores** de cada banda, que informan sobre el modo de distribución de los ND en una banda. El Anexo 3 recoge los histogramas de las 87 bandas de la serie. La figura 5.9 (A-D), resume las formas típicas de histogramas hallados en la imagen serie NDVI87m. El histograma es la representación gráfica de la frecuencia de valores registrados en cada banda, lo que nos aproxima a la apariencia que encontraremos al visualizar esa banda. Cuanto mayor sea el rango de valores (anchura de la base del histograma), mayor contraste tendrá la imagen, y viceversa. Los picos relativos suelen obedecer a la respuesta de cubiertas determinadas.

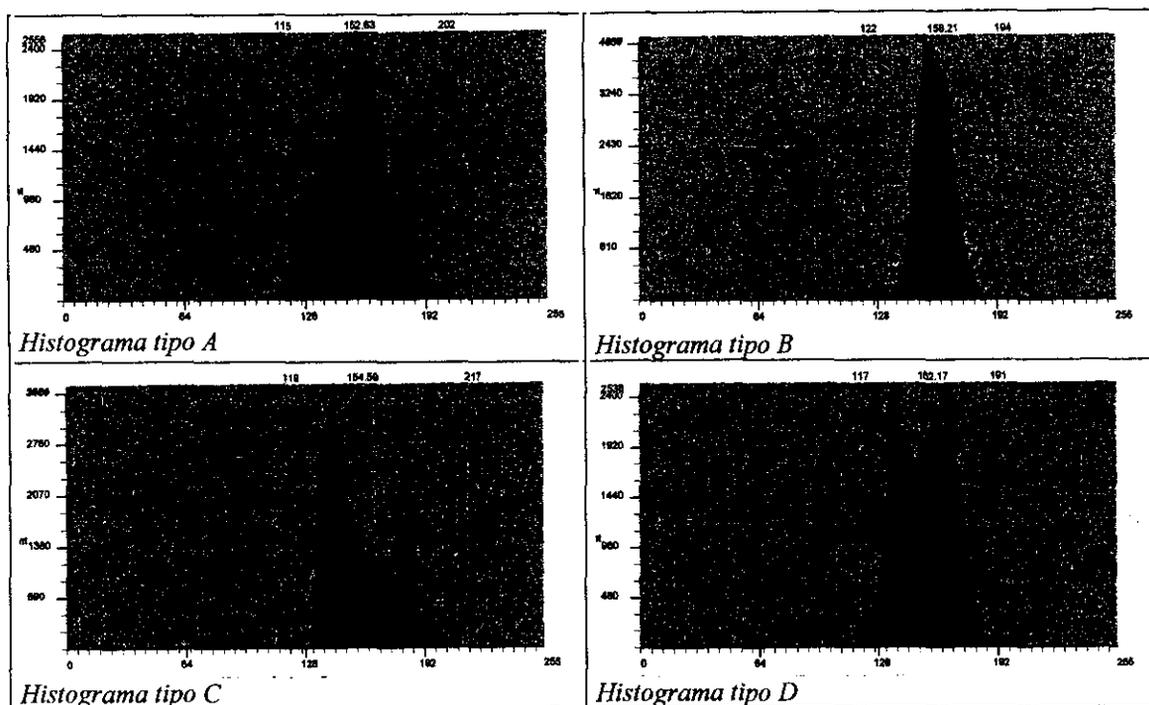


Figura 5.9 Tipificación de histogramas recurrentes en las bandas de NDVI87m

¿Qué significado encierra cada tipo de histograma?. El histograma *A* denota un amplio rango de valores del NDVI para la fecha considerada, con un cierto vencimiento hacia los valores bajos. El histograma *B* evidencia una distribución muy similar a la anterior, *normal*, pero en un rango más limitado de valores. Las bandas con estas distribuciones coinciden, por regla general, con los meses de la primera mitad del año (p. Ej.: B1-B6, B62-B66), con un rango de valores de NDVI más estrecho en los meses de invierno, coincidiendo con el letargo fenológico de las especies, y aumentando la anchura del rango a medida que avanzan los meses de primavera.

El histograma *C* coincide con las bandas de los meses de julio a octubre (p. ej.: B7-B10, B19-B22, etc.). Esta distribución nos advierte de un elevado número de píxeles con ND bajo y pocos en la situación inversa, característico de los meses estivales y de un área que dedica gran parte del territorio a cultivos estacionales que en ese periodo permanecen agostados, como es el caso de las extensiones cerealistas de la cuenca central de Castilla y León. El *pico* de valores bajos de NDVI es una tendencia constante en la distribución de ND de las bandas de NDVI87m. El histograma *D* suele coincidir con imágenes y periodos en los que aparecen claramente contrastados los regadíos o zonas particularmente húmedas (bandas de los meses de otoño).

En el análisis estadístico de la serie interesa también evaluar el grado de **correlación** entre los elementos, en este caso entre las 87 bandas de la serie. Lógicamente esperamos obtener fuertes correlaciones entre las bandas de los mismos meses en distintos años; para corroborarlo, aplicamos los siguientes elementos de análisis multifactorial (Anexo

4): (i) la **matriz de covarianza**³⁰⁸ (Matriz 5.1, Anexo 4), utilizada también en el ACP; y, (ii) la **matriz de correlación** (Matriz 5.2., Anexo 4) entre los valores de la varianza-covarianza.

(i) la **matriz de covarianzas** es la expresión de las covarianzas entre pares de variables aleatorias (en nuestro caso, el NDVI mensual, cuyo valor en cada momento y lugar es aleatorio). El signo del valor de la covarianza indica el sentido de la relación que existe entre los pares de variables (en este caso de las bandas). Si la **covarianza es positiva** significa que, cuando la variable X aumenta positivamente también lo hace la variable Y , y viceversa; las **covarianzas negativas** delatan que, cuando una variable crece, la otra decrece. Ejemplificamos lo apuntado para las bandas 1 a 12 (ene-dic90) de la imagen NDVI87m.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	190,45											
2	74,06	122,66										
3	44,83	71,46	80,15									
4	27,71	56,94	39,79	253,13								
5	21,64	35,54	37,92	56,47	109,13							
6	-2,63	12,22	15,24	-17,51	64,21	193,65						
7	16,05	44,04	21,48	-76,92	4,54	134,89	294,61					
8	7,75	46,98	21,07	-53,76	1,27	115,57	258,83	276,35				
9	16,39	52,20	23,01	-40,69	1,03	100,68	225,72	229,86	230,01			
10	10,77	55,43	22,99	-17,30	5,53	78,64	190,70	199,35	182,53	219,14		
11	85,10	109,61	54,71	19,42	16,46	41,55	142,53	148,25	143,74	139,86	209,41	
12	99,62	84,56	41,26	54,68	17,38	-19,35	-3,69	-0,45	16,84	20,87	105,25	176,60

Tabla 5.4 Matriz de covarianzas de las bandas B1-B12 de NDVI87m (ene- dic 1990)

Atendiendo al **signo** de la covarianza, en 1990, los meses en los que en el NDVI tuvo menor relación fueron: (i) junio respecto a diciembre, enero, y abril; y (ii) abril respecto a junio, julio, agosto, septiembre y octubre. Esta relación numérica del NDVI es coherente con la fenología estacional de las especies. La deducción resulta casi evidente, pero la secuencia de valores plurianual nos hace ver que esa relación directa o inversa tiene distintas intensidades según los años. Así en 1991 la combinación de los ritmos del NDVI por pares de meses revela que, en algunos meses en los que se esperaba una misma tendencia del NDVI tuvieron, en realidad, tendencias contrarias.

308 Covarianza: promedio de los productos de las desviaciones de los valores, por pares de números

$$\text{enteros según la expresión: } Cov(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)$$

	B13(1)	B14(2)	B15(3)	B16(4)	B17(5)	B18(6)	B19(7)	B20(8)	B21(9)	B22(10)	B23(11)	B24(12)
B13(1)	159,10											
B14(2)	125,67	157,81										
B15(3)	111,81	124,53	166,72									
B16(4)	81,57	93,23	125,73	138,30								
B17(5)	-12,25	-2,87	25,79	46,99	102,93							
B18(6)	-19,83	-43,91	-42,90	-25,05	49,65	174,20						
B19(7)	40,53	-7,43	-26,13	-29,99	-6,43	142,27	268,21					
B20(8)	47,54	5,17	-15,05	-25,34	-17,66	115,14	230,52	240,69				
B21(9)	54,25	7,89	-13,63	-23,62	-18,94	109,96	230,34	218,84	240,84			
B22(10)	51,89	8,22	-13,71	-26,01	-21,25	104,45	211,74	205,88	205,84	224,28		
B23(11)	88,19	64,61	40,63	26,82	-13,52	31,60	98,36	98,71	109,74	100,93	117,76	
B24(12)	89,10	71,87	56,27	39,54	-10,43	12,23	62,34	65,91	69,62	68,99	82,23	84,52

Tabla 5.5 Matriz de covarianzas de las bandas B13-B24 de NDVI87m (ene-dic 1991).

Resulta revelador el caso de las covarianzas del año 1992. Las medias evidencian que se trata de un año con valores del NDVI en continua tendencia a la baja. En la matriz de covarianzas de ese año solo dos meses presentan tendencias encontradas (es decir, un mes tendería al alza y el otro a la baja): abril respecto a agosto y septiembre. En definitiva, los valores revelan que casi todo el año sufrió una misma tendencia, sin las oscilaciones estacionales esperadas.

	B24(1)	B25(2)	B26(3)	B27(4)	B28(5)	B29(6)	B30(7)	B31(8)	B32(9)	B33(10)	B34(11)	B36(12)
B25(1)	65,12											
B26(2)	50,22	58,76										
B27(3)	49,45	56,53	76,29									
B28(4)	41,80	38,72	51,74	103,18								
B29(5)	33,85	38,91	60,08	60,28	129,11							
B30(6)	20,54	25,92	37,71	5,28	97,11	160,39						
B31(7)	29,68	36,67	52,34	5,70	122,83	169,53	258,45					
B32(8)	38,76	49,34	62,92	-3,83	98,27	137,11	198,26	237,02				
B33(9)	41,45	52,52	66,19	-1,99	104,25	143,17	208,66	234,96	250,80			
B34(10)	40,63	47,52	54,05	11,66	54,61	72,24	97,52	117,08	121,40	109,98		
B35(11)	36,52	40,49	48,28	23,88	42,55	41,19	60,31	69,90	75,35	48,76	62,23	
B36(12)	59,58	61,23	62,19	46,04	29,21	14,27	16,69	41,32	42,59	51,58	55,00	123,11

Tabla 5.6 Matriz de covarianzas de las bandas B25-B36 de NDVI87m (ene-dic 1992).

- (ii) la matriz de correlación entre los valores de la varianza-covarianza. Se ha elaborado según la expresión.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) - (\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Como resultado de la relación entre $n \times n$ variables aleatorias (87×87 bandas de NDVI87m) se obtiene una matriz con los valores del grado de asociación lineal entre bandas. El anexo 4 contiene la matriz de correlación completa entre las 87 bandas (Matriz 5.2), de la que apuntamos los siguientes comentarios, tomando como ejemplo

los valores de correlación de 1996 con los otros años de la serie de observación (Tabla 5.7; $y = B73/B84$; $x = \text{resto de las bandas}$).

En líneas generales, la matriz de correlaciones revela una distribución sistemática de valores de correlación según la siguiente estructura:

- Positivos altos ($R = 0,7/0,9$) entre las bandas de julio a octubre de los dos años considerados, frecuentemente prolongados hasta noviembre y diciembre.
- Positivos bajos ($R < 0,5$) entre las bandas de enero a mayo (o junio) de los dos años considerados.
- Negativos bajos ($R < -0,4$) para las bandas de los meses de primavera (marzo-mayo) respecto a las de la segunda mitad del año (junio-diciembre).

En principio, parece lógico esperar correlaciones altas entre las bandas de los mismos meses de años distintos; sin embargo, la matriz 5.2 y el extracto de la tabla 5.7, muestran que no hay linealidad de correlación directa entre los mismos meses de años distintos.

El ejemplo de correlaciones entre el NDVI de las bandas de 1996 con el resto de bandas, confirma el esquema general de correlaciones señalado en el párrafo anterior, con las siguientes particularidades

Las correlaciones positivas más altas ($>0,7$) se dan entre los meses de julio a octubre de cualquiera de los pares de años considerados.

- Para el binomio 96/90, R sigue siendo alta en octubre, noviembre y diciembre del 96 en relación con noviembre del 90.
- 1996/91 repite la misma secuencia, con dos prolongaciones: $R > 0,7$ en los meses de junio de ambos años (R media de junio, $< 0,5$) y en diciembre.
- La correlación 1996/92 vuelve a mostrar el comportamiento atípico de la biomasa en ese año y los valores superiores a 0,7 se concentran entre agosto y noviembre. Los meses con correlaciones altas vuelven a ser los habituales entre 1996/94/95.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Tabla 5. 7 Correlación entre valores del NDVI de las bandas 73 a 84 (1996) con bandas 1 a 84.

Mes	Banda	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic
Mes	Banda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ene	73	0,08	0,41	0,36	0,13	0,13	0,11	0,27	0,32	0,35	0,35	0,40	0,18	0,35	0,28	0,30	0,25	0,05	0,12	0,31	0,30	0,29	0,32	0,29	0,34
feb	74	0,39	0,53	0,41	0,22	0,16	0,03	0,16	0,21	0,23	0,25	0,49	0,59	0,67	0,60	0,56	0,39	-0,07	-0,03	0,16	0,21	0,22	0,24	0,45	0,56
mar	75	0,39	0,47	0,39	0,33	0,19	-0,16	-0,16	-0,15	-0,08	-0,04	0,27	0,67	0,61	0,68	0,66	0,55	0,00	-0,32	-0,19	-0,13	-0,11	-0,11	0,22	0,40
abr	76	0,24	0,23	0,32	0,42	0,46	-0,05	-0,41	-0,40	-0,37	-0,31	-0,09	0,21	0,19	0,30	0,46	0,54	0,47	-0,13	-0,38	-0,38	-0,38	-0,41	-0,09	0,03
May	77	0,08	0,05	0,18	0,18	0,48	0,24	-0,14	-0,21	-0,22	-0,20	-0,13	-0,05	-0,06	0,02	0,11	0,28	0,52	0,18	-0,15	-0,19	-0,22	-0,23	-0,09	-0,04
jun	78	-0,05	0,07	0,13	-0,01	0,48	0,66	0,45	0,40	0,35	0,32	0,16	-0,22	-0,08	-0,18	-0,15	-0,04	0,38	0,70	0,49	0,40	0,34	0,35	0,18	0,13
jul	79	0,09	0,30	0,16	-0,15	0,03	0,48	0,86	0,88	0,86	0,76	0,65	0,07	0,27	0,07	-0,06	-0,12	-0,15	0,53	0,86	0,87	0,85	0,87	0,62	0,50
ags	80	0,08	0,38	0,22	-0,10	-0,03	0,36	0,76	0,81	0,82	0,74	0,64	0,15	0,35	0,16	0,08	0,00	-0,21	0,36	0,79	0,81	0,81	0,77	0,56	0,46
sep	81	0,11	0,31	0,15	-0,15	-0,02	0,41	0,84	0,89	0,87	0,79	0,67	0,12	0,32	0,10	-0,02	-0,11	-0,18	0,48	0,86	0,89	0,88	0,88	0,62	0,50
oct	82	0,23	0,38	0,19	-0,12	0,00	0,37	0,78	0,81	0,80	0,75	0,73	0,24	0,42	0,19	0,02	-0,07	-0,20	0,41	0,78	0,81	0,82	0,80	0,70	0,58
nov	83	0,25	0,55	0,30	-0,03	0,06	0,31	0,73	0,76	0,78	0,74	0,86	0,39	0,59	0,37	0,18	0,10	-0,21	0,30	0,73	0,76	0,77	0,78	0,79	0,74
dic	84	0,40	0,72	0,45	0,16	0,14	0,15	0,44	0,46	0,51	0,54	0,83	0,57	0,77	0,61	0,44	0,34	-0,16	0,07	0,45	0,47	0,50	0,50	0,77	0,81

Mes	Banda	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic
Mes	Banda	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
ene	73	0,33	0,38	0,36	0,17	0,20	0,11	0,15	0,28	0,29	0,31	0,35	0,36	0,23	0,37	0,28	0,03	0,05	0,15	0,32	0,08	0,32	0,33	0,31	0,09
feb	74	0,61	0,60	0,51	0,49	0,21	0,01	0,03	0,14	0,14	0,29	0,34	0,54	0,40	0,47	0,38	-0,01	-0,08	0,19	0,18	0,03	0,18	0,31	0,44	0,26
mar	75	0,47	0,42	0,36	0,57	0,03	-0,30	-0,29	-0,21	-0,20	-0,02	0,13	0,40	0,29	0,39	0,51	0,11	-0,09	0,09	-0,18	-0,09	-0,14	0,14	0,15	0,25
abr	76	0,08	0,04	0,09	0,44	0,00	-0,30	-0,31	-0,42	-0,42	-0,23	-0,13	0,13	0,11	0,18	0,50	0,43	0,18	0,27	-0,34	-0,22	-0,41	-0,10	-0,21	0,07
May	77	-0,04	-0,05	0,03	0,24	0,20	0,06	0,03	-0,19	-0,17	-0,16	-0,04	-0,04	0,10	-0,03	0,23	0,50	0,37	0,29	-0,10	-0,01	-0,24	-0,16	-0,16	-0,02
jun	78	0,07	0,13	0,22	0,05	0,52	0,63	0,60	0,43	0,44	0,31	0,27	0,09	0,17	0,03	-0,04	0,30	0,47	0,43	0,55	0,25	0,34	0,14	0,18	-0,08
jul	79	0,39	0,51	0,53	0,04	0,54	0,67	0,73	0,87	0,87	0,74	0,60	0,34	0,37	0,27	-0,08	-0,24	0,08	0,31	0,84	0,48	0,78	0,51	0,57	0,13
ags	80	0,35	0,48	0,47	0,03	0,38	0,47	0,55	0,76	0,77	0,68	0,52	0,33	0,26	0,35	0,04	-0,30	-0,02	0,20	0,72	0,46	0,75	0,55	0,53	0,15
sep	81	0,41	0,52	0,53	0,04	0,49	0,60	0,67	0,87	0,87	0,75	0,58	0,34	0,35	0,28	-0,07	-0,28	0,00	0,25	0,81	0,45	0,82	0,57	0,60	0,13
oct	82	0,46	0,59	0,59	0,10	0,48	0,58	0,61	0,78	0,78	0,75	0,62	0,42	0,45	0,33	-0,03	-0,27	-0,02	0,29	0,77	0,51	0,76	0,57	0,69	0,25
nov	83	0,59	0,76	0,73	0,19	0,49	0,48	0,54	0,72	0,73	0,74	0,69	0,54	0,56	0,49	0,13	-0,28	-0,04	0,31	0,74	0,44	0,70	0,61	0,71	0,32
dic	84	0,67	0,82	0,75	0,36	0,37	0,22	0,25	0,41	0,42	0,57	0,62	0,64	0,64	0,68	0,37	-0,16	-0,08	0,32	0,48	0,29	0,44	0,55	0,64	0,43

	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic
Mes	Banda	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
ene	73	0,24	0,28	0,29	0,03	0,06	0,29	0,34	0,28	0,25	0,23	0,31	0,27	0,35	0,26	0,31	0,17	-0,05	0,18	0,30	0,31	0,29	0,33	0,11	0,32
feb	74	0,60	0,60	0,43	0,10	0,05	0,17	0,21	0,22	0,19	0,30	0,42	0,38	0,58	0,47	0,33	0,11	-0,05	0,06	0,18	0,19	0,22	0,26	0,16	0,57
mar	75	0,60	0,67	0,51	0,26	0,06	-0,14	-0,12	-0,08	-0,05	0,10	0,22	0,30	0,47	0,49	0,42	0,20	0,06	-0,27	-0,18	-0,13	-0,07	-0,05	0,06	0,48
abr	76	0,30	0,31	0,53	0,56	0,37	-0,19	-0,36	-0,38	-0,34	-0,21	-0,14	0,10	0,09	0,35	0,52	0,46	0,56	-0,37	-0,41	-0,40	-0,35	-0,36	0,03	0,12
may	77	0,05	0,04	0,29	0,53	0,55	0,05	-0,18	-0,23	-0,15	-0,10	-0,09	-0,11	-0,04	0,09	0,33	0,40	1,00	-0,01	-0,19	-0,24	-0,20	-0,20	0,10	-0,05
jun	78	-0,09	-0,12	0,10	0,25	0,59	0,62	0,41	0,31	0,32	0,19	0,19	-0,02	0,03	-0,04	0,10	0,27	0,41	0,60	0,42	0,33	0,31	0,32	0,15	-0,01
jul	79	0,13	0,07	0,03	-0,16	0,17	0,76	0,90	0,85	0,78	0,63	0,63	0,27	0,37	0,09	0,01	-0,05	-0,19	0,73	0,84	0,81	0,82	0,85	0,27	0,36
ags	80	0,18	0,15	0,11	-0,17	0,05	0,58	0,77	0,76	0,72	0,60	0,56	0,30	0,41	0,16	0,08	-0,04	-0,28	0,53	0,76	0,72	0,75	0,78	0,19	0,35
sep	81	0,16	0,11	0,05	-0,20	0,09	0,69	0,87	0,85	0,79	0,65	0,64	0,27	0,39	0,11	0,01	-0,07	-0,26	0,67	0,85	0,83	0,83	0,87	0,25	0,37
oct	82	0,27	0,18	0,10	-0,15	0,11	0,64	0,78	0,77	0,72	0,70	0,71	0,34	0,50	0,20	0,06	-0,07	-0,23	0,61	0,78	0,74	0,77	0,81	0,31	0,42
nov	83	0,44	0,37	0,28	-0,08	0,14	0,64	0,77	0,74	0,69	0,71	0,78	0,43	0,63	0,30	0,21	0,02	-0,19	0,56	0,72	0,69	0,76	0,82	0,37	0,54
dic	84	0,63	0,62	0,49	0,07	0,14	0,44	0,52	0,47	0,43	0,59	0,71	0,51	0,78	0,49	0,42	0,14	-0,10	0,29	0,45	0,42	0,51	0,57	0,37	0,60

	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ags	sep	oct	nov	dic
Mes	Banda	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
ene	73	1,00											
feb	74	0,29	1,00										
mar	75	0,19	0,62	1,00									
abr	76	0,03	0,18	0,43	1,00								
may	77	-0,05	-0,05	0,06	0,56	1,00							
jun	78	0,10	-0,04	-0,25	0,11	0,41	1,00						
jul	79	0,31	0,22	-0,10	-0,39	-0,19	0,40	1,00					
ags	80	0,33	0,24	-0,02	-0,35	-0,28	0,22	0,79	1,00				
sep	81	0,33	0,27	-0,06	-0,39	-0,26	0,31	0,89	0,83	1,00			
oct	82	0,30	0,34	0,01	-0,34	-0,23	0,28	0,81	0,77	0,85	1,00		
nov	83	0,39	0,42	0,15	-0,26	-0,19	0,22	0,79	0,76	0,81	0,84	1,00	
dic	84	0,38	0,54	0,38	-0,01	-0,10	0,09	0,52	0,54	0,54	0,62	0,81	1,00

Tabla 5. 7 Correlación entre valores del NDVI de las bandas 73 a 84 (1996) con bandas 1 a 84

5230 ANÁLISIS ESPECTRAL

El análisis de la señal espectral se articula sobre procesos espaciales y temporales.

1. Realizamos el **análisis espacial** de la señal espectral convertida en NDVI mediante cinco procedimientos, según el siguiente apunte:

Análisis	Recorrido	Contenido	Figuras resultado
1	Perfiles fig. 5.10 y 5.11	NDVI medio estacional / NDVI medio mensual mayo y enero	Fig. 5.12 a 5.17 (Perfiles)
2	Castilla y León	Imagen del NDVI medio anual, estacional y mensual.	Fig. 5.18 a 5.20 (Imágenes)
3	Perfiles fig. 5.10 y 5.11	NDVI medio estacional / NDVI medio del mes indicado NDVI-MVC mes indicado, 1992 y 1996	Fig. 5.21 a 5.24 Anexo 5 (Perfiles)
4	Perfiles fig. 5.10 y 5.11	Perfiles altitudinales sobre NDVI medio de mayo y agosto	Fig. 5.25 a 5.30 (Perfiles)
5	Fig. 5.39 y tabla 5.9	Valoración del NDVI sobre tierras de labor de secano en CLC (Clasificación monoespecífica)	Fig. 5.34 (Imagen)

2. Para el **análisis temporal** de la señal contenida en NDVI87m aplicamos dos procedimientos según el siguiente apunte:

Análisis	Localización	Contenido	Figuras resultado
1	60 estaciones termopluvio-métricas	Representación de la oscilación del NDVI en el pixel de localización de la estación, con coordenadas X, Y, Z , en 87 meses de observación.	Fig. 5.35 a 5.37 Anexo 6
2	60 estaciones termopluvio-métricas	Análisis de Fourier para determinar los ciclos y amplitudes de la respuesta espectral de las superficies, en las coordenadas X, Y, Z de cada estación	Fig. 5.38 a 5.42 Anexo 7

Este examen de la señal es *puntual multitemporal*. Dada la resolución espacial de NOAA-AVHRR debe de tenerse en cuenta que, cuando hablamos de un punto X, Y en la imagen NDVI87m, el dato se refiere a una superficie de 1 km^2 .

5231 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA SEÑAL

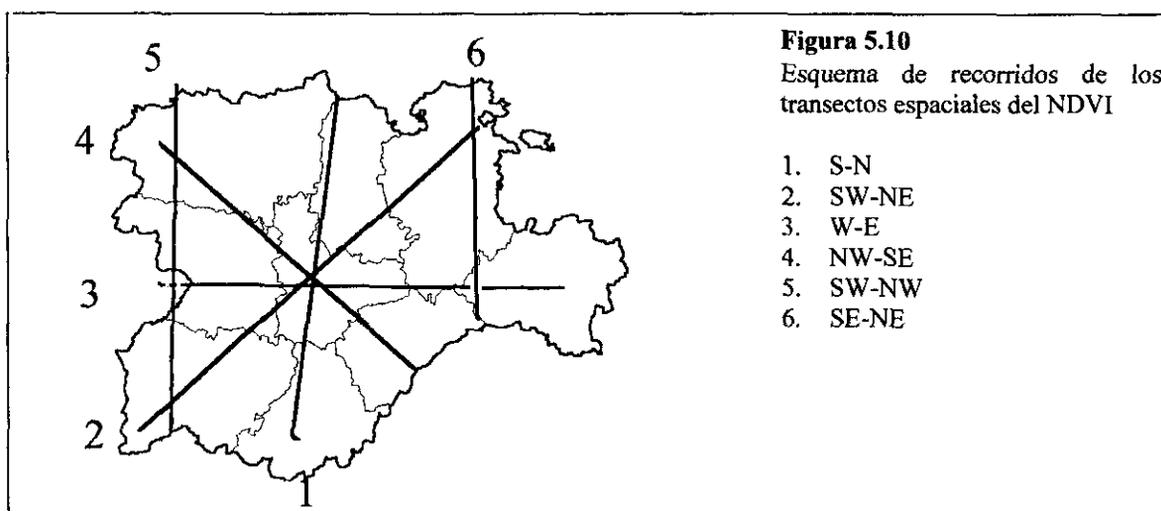
Como señalábamos, el **objetivo de los perfiles espaciales** del NDVI es (i) examinar y representar los valores y fluctuaciones medias estacionales y mensuales del índice de vegetación en el espacio regional, (ii) cartografiar el NDVI medio mensual y estacional y (iii) baremar el NDVI mensual sobre cubiertas del terreno clasificadas por CORINE como tierras de labor de secano.

Al realizar un transecto espacial entre dos puntos de interés, la estructura digital de la imagen permite extraer automáticamente la base de datos correspondiente al valor del NDVI en los n píxeles del transecto y en n bandas de la imagen. De este modo tenemos una base de datos de consulta inmediata, con infinitas combinaciones de *espacio/tiempo/tema*. La apariencia de la base de datos es la siguiente, para un transecto de 4 píxeles y 7 bandas:

Coordenadas de mapa		Coordenada de fichero		Distancia desde origen		Valor NDVI en Bandas						
X UTM	Y UTM	X	Y	distancia	distancia	1	2	3	4	5	6	7
394409	4562994	230	227	0	0	153	155	158	147	164	143	140
394604	4563975	230	226	999	1000	148	154	160	147	165	151	139
394800	4564955	230	225	1999	2000	148	154	160	147	165	151	139
394996	4565936	231	224	2999	3000	150	155	157	135	165	153	142

Tal volumen de datos puede resultar muy farragoso si no se definen bien los intereses de análisis o comparación, de manera que se utilicen solo las bandas correspondientes a las fechas de interés.

¿Qué criterio se ha seguido para que los perfiles espaciales del NDVI resulten significativos?: para cumplir el objetivo (i) de esta sección, hemos realizado 6 transectos regionales (figuras 5.10 y 5.11), recurriendo a las 60 estaciones termopluviométricas como vértices de los transectos (Tabla 5.8), puesto que su localización X,Y,Z , es conocida y precisa. El objetivo (ii) es una cartografía de síntesis, de las medias de las imágenes mensuales o estacionales. Para cumplir el objetivo (iii) se han llevado a cabo múltiples cortes locales, sobre zonas con cubiertas monoespecíficas cuantificando y tipificando el valor del NDVI mensual (p. ej.: tierras de labor de secano, regadíos, etc.).



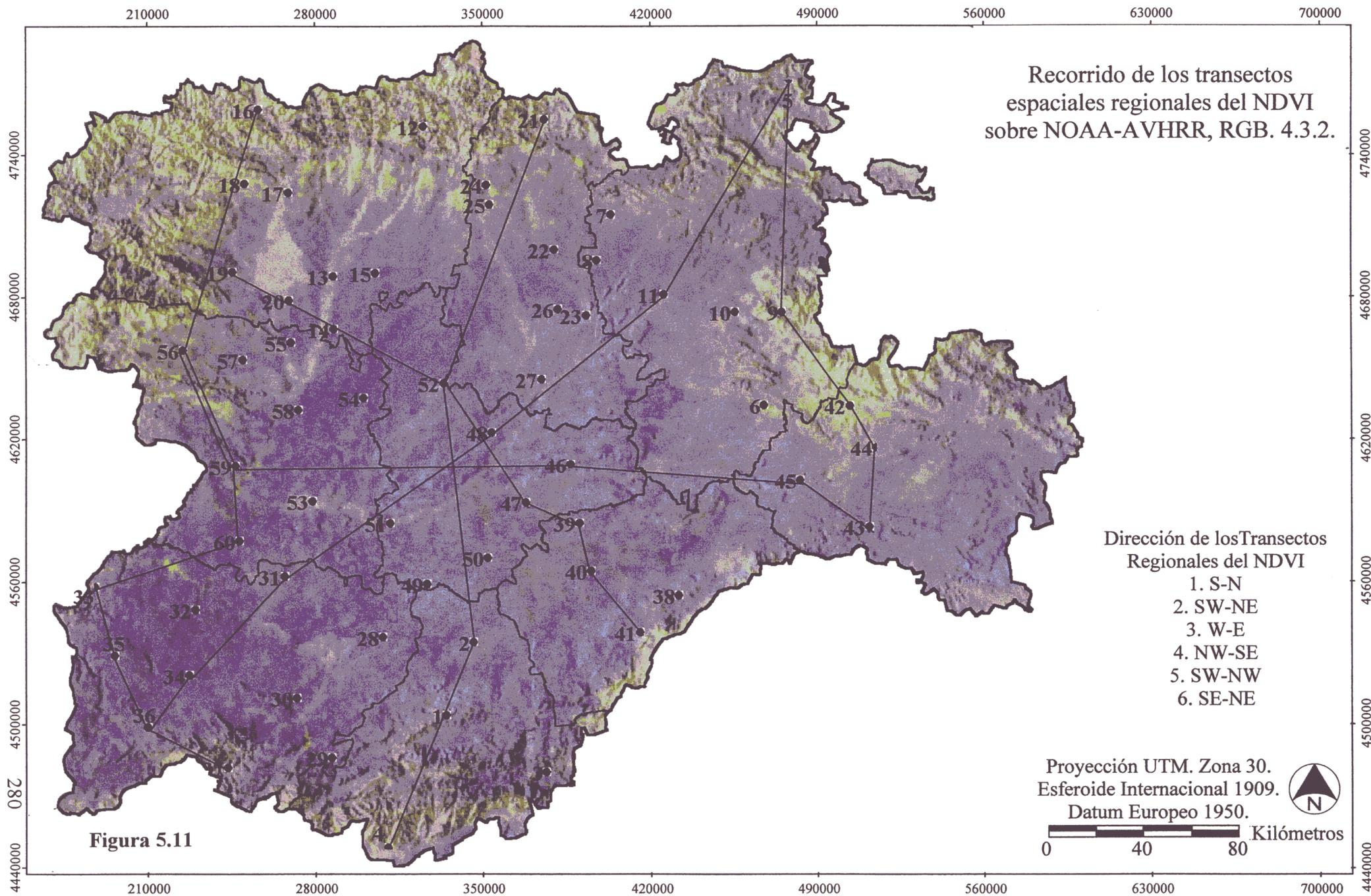


Figura 5.11

Perfil N°	Dirección	Km	Estaciones termopluviométricas	
1 Fig 5.12	S-N	330	4. Candeleda, Av. 2. Palacios de Goda, Av	52. Medina de Rioseco, Va 21. Pantano de Requejeda, Pa
2 Fig 5.13	SW-NE	391	36. Saelices El Chico, Sa 34. El Cubo de D. Sancho, Sa 31. Tabera de Abajo, Sa	48. Valladolid, Va 11. Coculina, Bu. 5. Villasana de Mena, Bu
3 Fig 5.14	W-E	328	56. Villardecervos, Za 59. Salto de Ricobayo, Za 46. Sardón de Duero, Va	45. Liceras, So 43. Bayubas de Abajo, So
4 Fig 5.15	NW-SE	244	19. La Bañeza, Le 52. Medina de Rioseco, Va 47. Arrabal de Portillo, Va	39. Cuellar, Cega, Se 40. Sanchonuño, Se 41. Segovia, Se
5 Fig 5.16	SW-NW	356	37. Herguivuela de la Sierra, Sa 36. Saelices El Chico, Sa 35. Bañobarez, Sa 33. Salto de Saucelle, Sa	60. Carbellino de Sáyago, Za 59. Salto de Ricobayo, Za 56. Villardecervos, Za 16. Rabanal de Luna, Le
6 Fig 5.17	SE-NE	204	43. Bayubas de Abajo, So 44. Abioncillo Calatañazor, So 42. Abejar, So	9. Pantano de Arlanzón, Bu 5. Villasana de Mena, Bu

Tabla 5.8 Listado de orientación, longitud y estaciones termopluviométricas de localización de los transectos de análisis espacial del NDVI.

Las figuras 5.12 a 5.17 muestran los **valores medios estacionales** del NDVI para cada pixel de los transectos que comentamos a continuación. Los rótulos verticales corresponden a las estaciones termopluviométricas mientras que los horizontales sitúan ríos, ciudades o comarcas agrarias, para ayudar a contextualizar el perfil del NDVI. Las bandas de la imagen NDVI87m que han entrado a formar parte de cada promedio estacional se han agrupado de acuerdo con el siguiente criterio:

Estación	Mes	Bandas de NDVI87m
Invierno	Diciembre, Enero, Febrero	1, 2, 12, 13, 14, 24, 25, 26, etc ...
Primavera	Marzo, Abril, Mayo	3, 4, 5, 15, 16, 17, 27, 28, etc ...
Verano	Junio, Julio, Agosto	6, 7, 8, 18, 19, 20, 30, 31, etc...
Otoño	Septiembre, Octubre, Noviembre	9, 10, 11, 21, 22, 23, 33, etc ...

Aplicamos la siguiente estructura en el comentario de los perfiles:

- Localización de los límites del transecto y comarcas agrarias u otras subregiones naturales que cruza el mismo.
- Determinación de áreas con una cierta homogeneidad en los intervalos de oscilación del NDVI.
- Identificación de valores extremos del NDVI, máximos o mínimos, con ayuda de parámetros topográficos, hídricos o de la clasificación CLC.

En términos generales, la expresión gráfica de los valores espaciales del NDVI es, en algunos casos, la inversa de los alzamientos topográficos. Así, por ejemplo, mientras que los cursos fluviales ocupan las zonas más bajas de la topografía, sin embargo concentran los valores del NDVI más altos, por la respuesta espectral propia de la

vegetación de ribera o de los regadíos adyacentes. Por el contrario, las cumbres topográficas, especialmente las del piso prealpino, están asociadas a valores bajos del NDVI, por tratarse de superficies descubiertas, canchales o comunidades fitológicas ralas.

Al representar las medias trimestrales del NDVI resultó sorprendente el grado de homogeneización que alcanza la actividad vegetativa de las especies en un trimestre, hasta el punto de no haber casi diferencia entre las medias estacionales. Las diferencias se encuentran en los valores decimales.

Así, llegamos a la conclusión inmediata sobre el valor más que relativo del NDVI estacional como dato representativo y descriptor del comportamiento espectral de la vegetación. Esto evidencia que, si un valor medio en sí mismo encubre los comportamientos extremos, al mediar valores trimestrales del NDVI hace que el parámetro de medición pierda significancia. En una serie estadística mediada por trimestres, la variabilidad temporal se pierde muy pronto. En definitiva esto evidencia y nos informa de que la naturaleza de los elementos a medir (vigor de las masas vegetales) tiene que tener un análisis temporal a corto plazo para que su representación espacial sea significativa. Se debe recurrir a periodos más breves en los que las fluctuaciones fenológicas medidas no queden amortiguadas y pierdan significancia.

Las figuras 5.12 a 5.17 muestran gráficamente este hecho. Las curvas de las medias trimestrales quedan prácticamente superpuestas como consecuencia de la homogeneización media de valores, manifestando que la respuesta del vigor de la vegetación a lo largo de las estaciones (largo plazo) lo hace en función de parámetros geográficos estables como puedan ser la altitud, latitud, longitud, orientación, suelos, etc. De hecho, en caso de aceptar las medias trimestrales como válidas, habría muy poca diferencia entre éstas y la media anual. La figura 5.18 muestra la cartografía del NDVI medio estacional y anual sobre Castilla y León

Puesto que la media estacional encubre información valiosa decidimos representar las medias mensuales de mayo y enero para apreciar la diferencia de las medias mensuales frente a las estacionales. Las figuras 5.19 y 5.20 representan la media mensual del NDVI en superficie para toda la Comunidad.

Los comentarios que realizamos de las figuras 5.12 a 5.17 se basan en los valores medios estacionales, de manera que el contraste con cualquier media mensual resulte inmediato. Con el fin de no cargar las representaciones gráficas con excesivos elementos de información, solo hemos representado las medias mensuales de enero (invierno) y mayo (primavera).

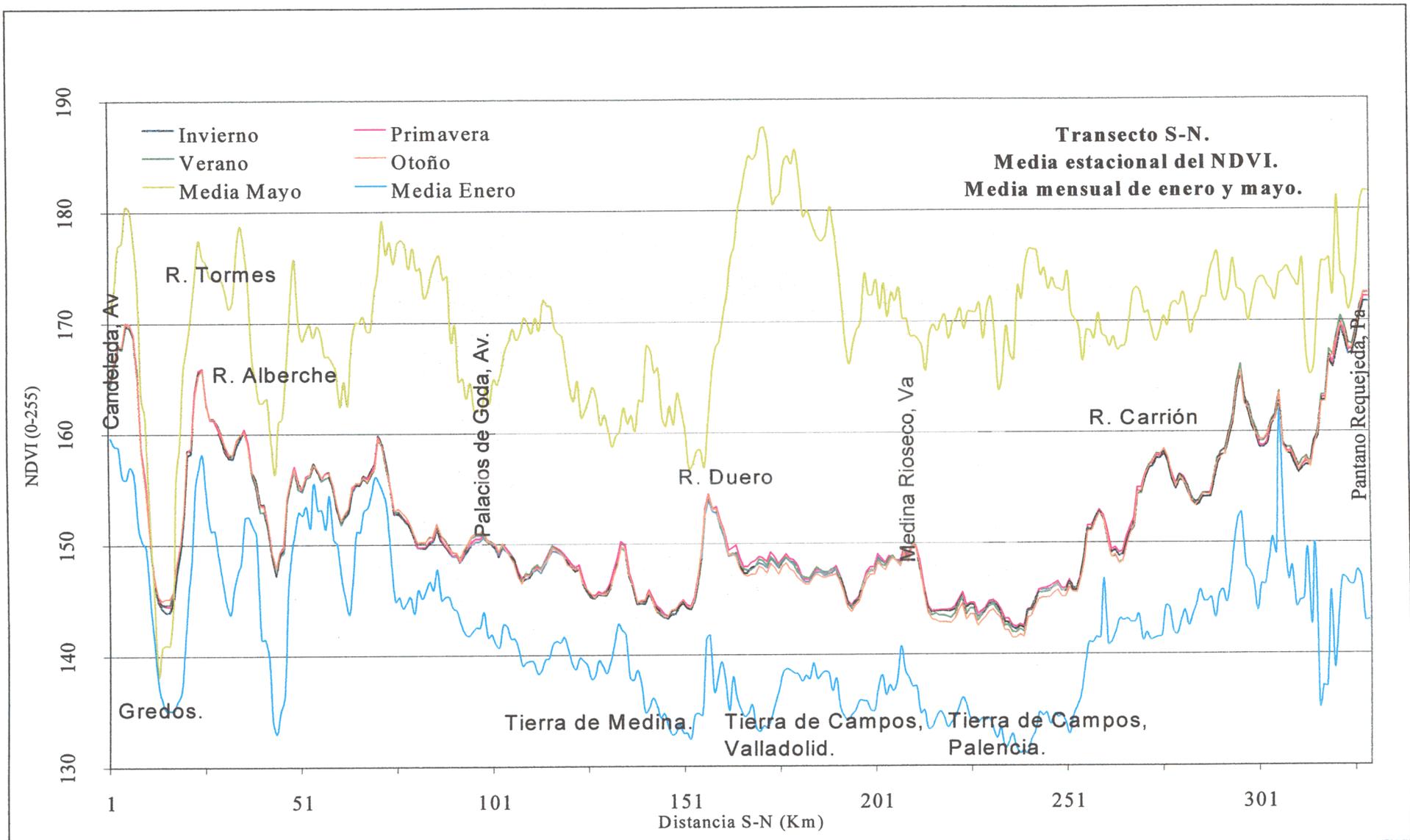


Figura 5.12 Análisis espacial del NDVI. Transecto S-N. Comparación de medias estacionales y mensuales.

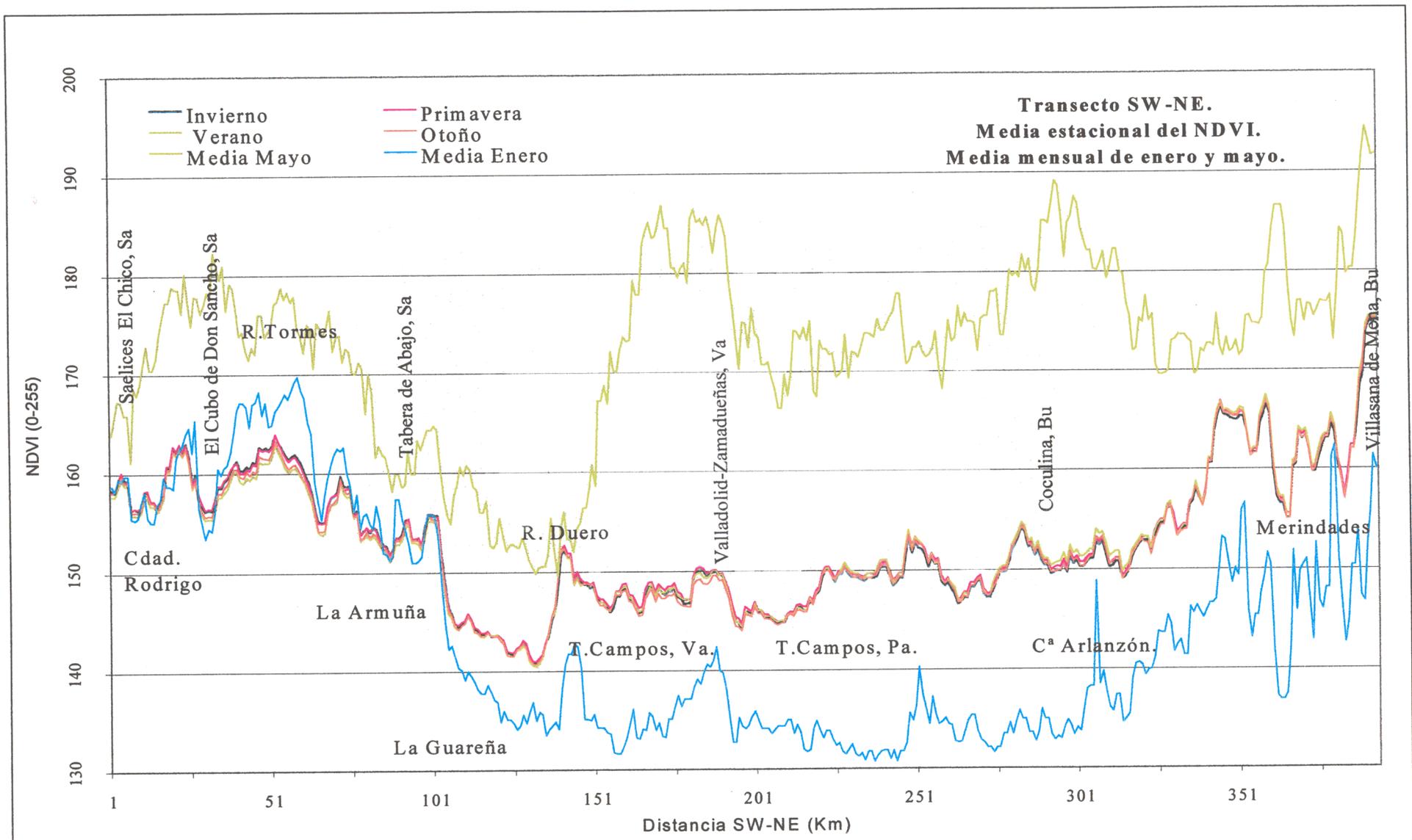


Figura 5.13 Análisis espacial del NDVI. Transecto SW-NE. Comparación de medias estacionales y mensuales.

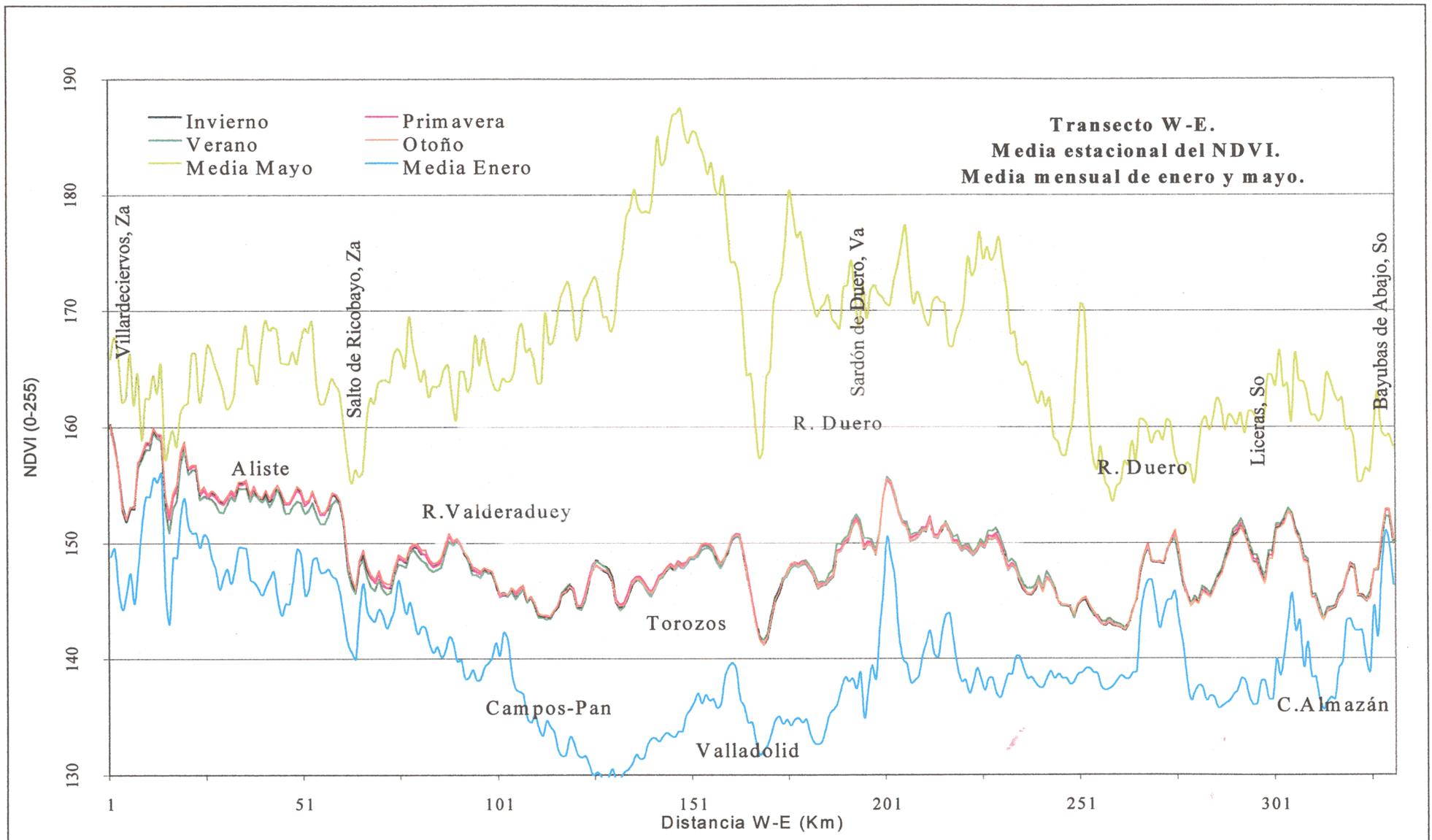


Figura 5.14 Análisis espacial del NDVI. Transecto W-E. Comparación de medias estacionales y mensuales.

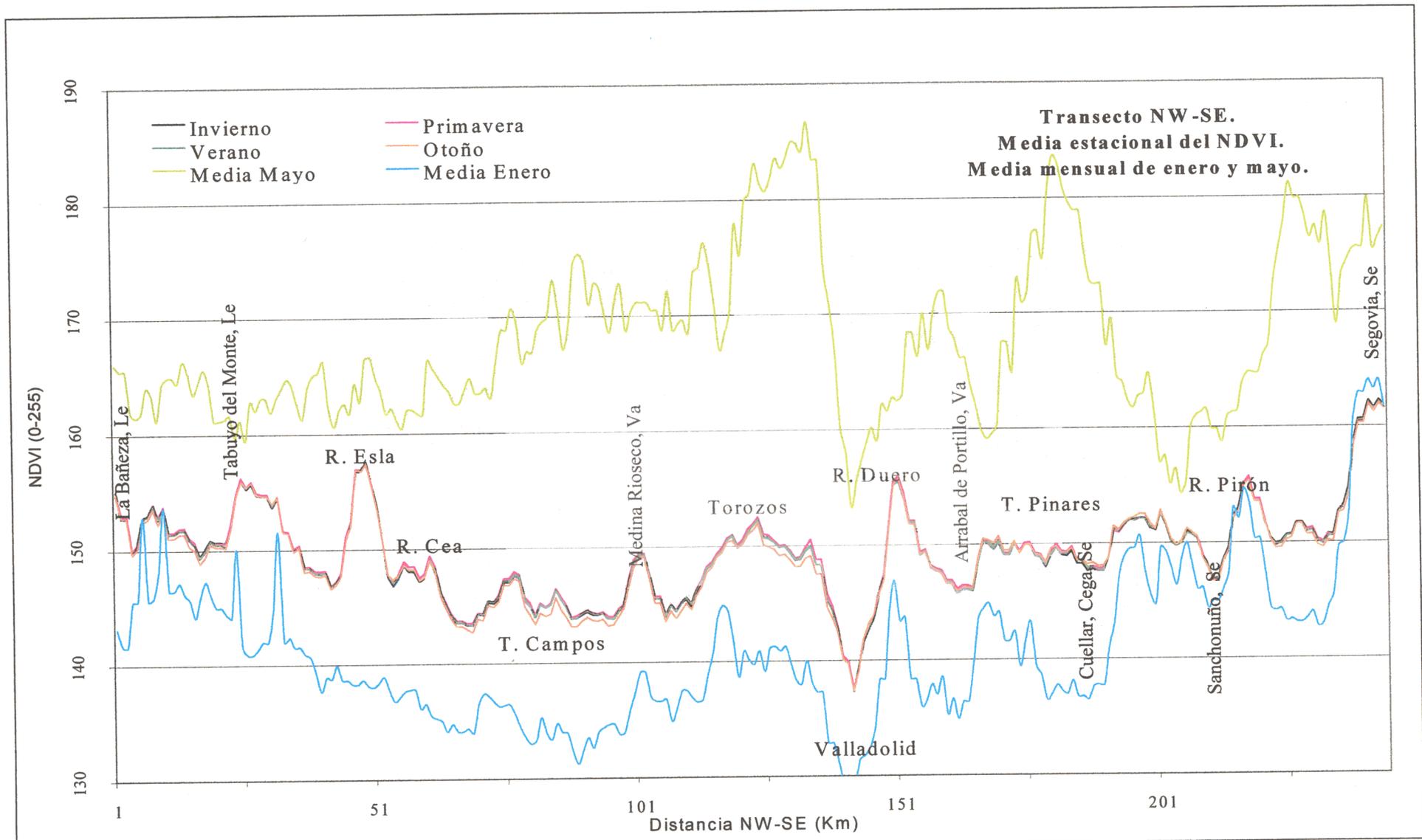


Figura 5.15 Análisis espacial del NDVI. Transecto NW-SE. Comparación de medias estacionales y mensuales.

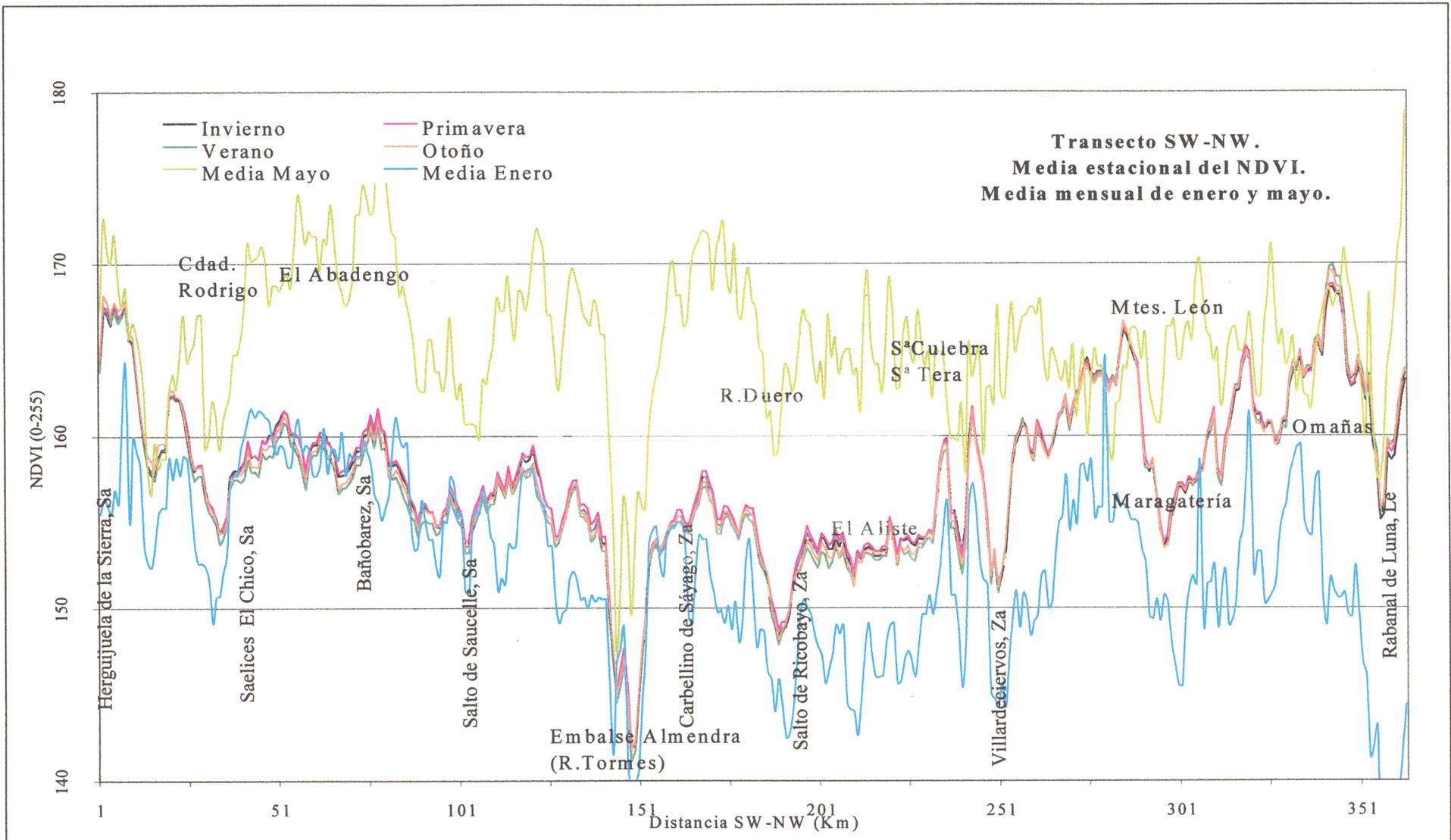


Figura 5.16 Análisis espacial del NDVI. Transecto SW-NW. Comparación de medias estacionales y mensuales.

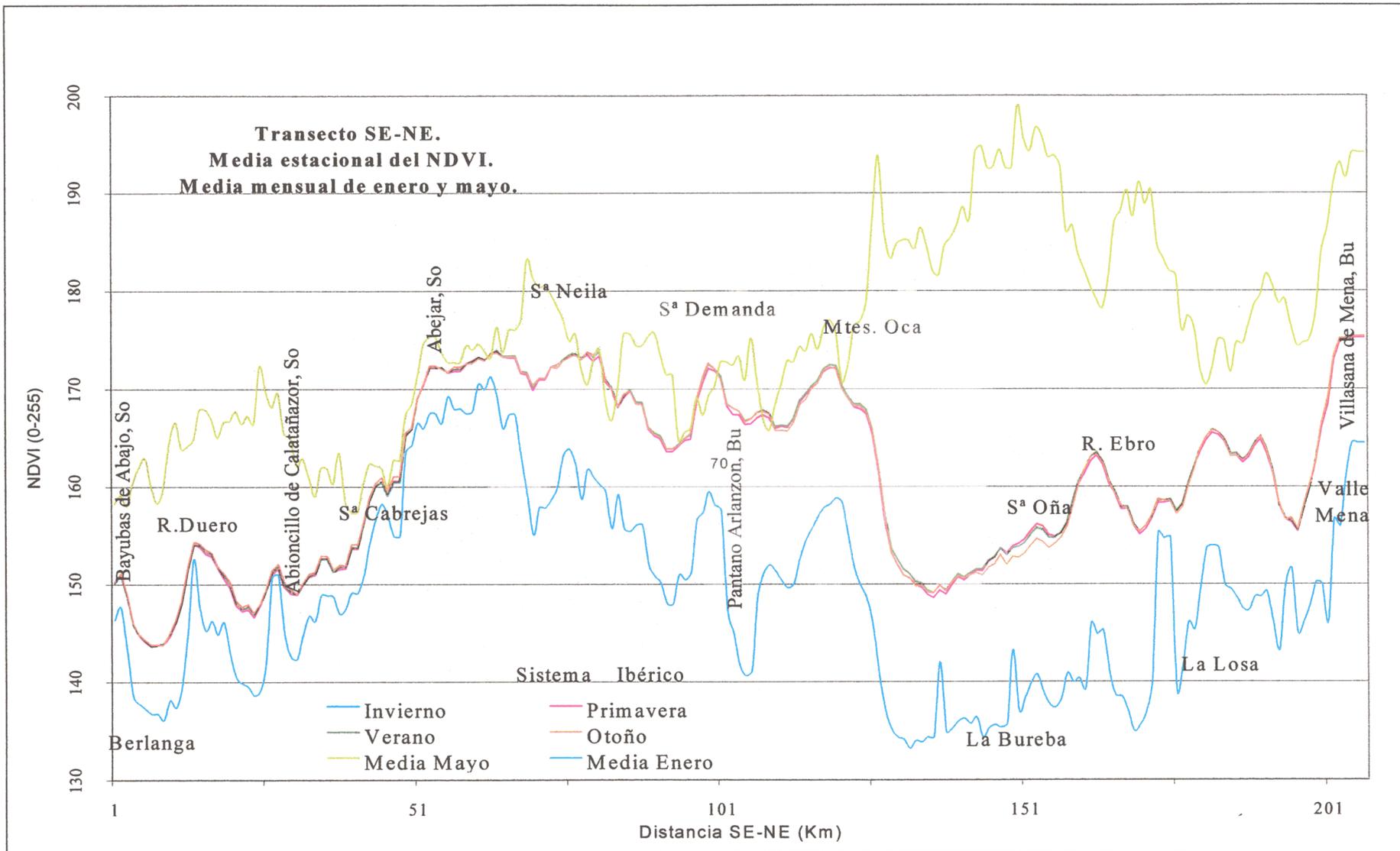


Figura 5.17 Análisis espacial del NDVI. Transecto SE-NE. Comparación de medias estacionales y mensuales.

Transecto S-N (Figura 5.12): recorre 330 Km entre Candeleda (Ávila 340 m), en la comarca del valle del Tietar, y el Pantano de Requejeda (Palencia, 1024m), en la comarca de Cervera. Otras comarcas agrarias atravesadas son: Gredos, Ávila y Arévalo de Madrigal en Ávila; Sur, Centro y Tierra de Campos en Valladolid; y en Palencia, Tierra de Campos, Saldaña-Valdavia y Guardo. Distinguimos cinco zonas con características geográficas y de respuesta del NDVI similares.

1. Sistema Central. El valor medio del NDVI en Candeleda (164.6) es alto, especialmente si se tiene en cuenta su escasa altitud topográfica (340 m) y orientación meridional. Este hecho verifica las peculiares condiciones climáticas, biogeográficas y de ocupación del suelo por cultivos asociados del valle del río Tietar. Desde Candeleda, el NDVI aumenta hasta 170 al ascender por las laderas de Gredos, sobre comunidades boscosas bien desarrolladas de pináceas y frondosas, para descender bruscamente (144) en las cumbres desnudas de la sierra de Gredos. El descenso hacia la cabecera del R. Tormes vuelve a encontrar comunidades fitológicas robustas de pinar, matorral denso, perennifolias y frondosas entre la ribera del Tormes (166) y del Alberche (160.3). El valle del Amblés (hoya de Ávila) abre otra brecha de valores bajos en este sector (Km 49; NDVI, 147) como respuesta a los usos agrícolas (tierras de labor de secano) de esta fosa; este valor de NDVI está en consonancia con los de otras áreas cerealistas (143-150). Salvada la hoya de Ávila en sentido N, el NDVI asciende de nuevo al cruzar la sierra exterior de la fosa (157.5 – 159.9) sobre cubiertas de matorral denso, perennifolias, frondosas y sistemas agroforestales; el descenso del NDVI al entrar en la fosa terciaria (Km 73 del transecto) coincide con la entrada en la región de la Moraña (Sur de Arévalo).
2. Tierras de Arévalo y Medina.
3. Tierra de Campos (Valladolid).
4. Tierra de Campos (Palencia).

Comentamos estas tres zonas conjuntamente:

Los 150 Km que cubre este transecto sobre las Tierras de Arévalo-Medina y de Campos Vallisoletana y Palentina engloba, en conjunto, un NDVI medio bajo (143-150), propio de comunidades fitológicas poco robustas (ej: gramíneas), sobre las que despuntan con nitidez las comunidades naturales o exóticas (regadíos, plantaciones de choperas, etc.) que ocupan los nichos adyacentes a los cursos fluviales. Así, el pico de valores del NDVI de las riberas del Duero aparece manifiesto en todos los transectos (153-156, entre Tordesillas y San Miguel de Pino); lo mismo puede decirse de ríos mucho más modestos como el Valderaduey o el Sequillo. Esto nos conduce a pensar que el vigor vegetativo de las especies, el verdor o robustez de los individuos (elementos todos ellos medidos por el IV) dependen ciertamente de las condiciones climáticas pero también de la humedad disponible en el suelo. De ahí la importancia del NDVI regional como indicador de humedad superficial disponible en una cuenca fluvial (Seguin, B. *et al*, 1991)³⁰⁹.

309 Seguin, B., Lagouard, J.P. and Savanne, M., (1991). The assessment of regional water conditions from meteorological satellite thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 35, pp. 141-148.

Las tres zonas son cerealistas y, sin embargo, la respuesta del NDVI es muy distinta. En la Tierra de Medina se observa un progresivo descenso de valor, y por tanto del vigor de las especies y de las asociaciones, desde el límite con el páramo (150) hasta el Duero (143); en esta zona semiárida se verifican importantes procesos de salinización y convendría estudiar con mayor profundidad si los descensos del NDVI en la zona coinciden con tales áreas, campo que dejamos abierto para posteriores estudios. Las oscilaciones puntuales marcadas por la red fluvial son mucho más profundas que en las otras dos zonas

La respuesta de la vegetación en la Tierra de Campos Vallisoletana es más alta y menos fluctuante (146-147, promedio), mientras que en Palencia se mantiene la homogeneidad, pero con valores medios más bajos (144, promedio).

Las distintas respuestas atienden a una combinación compleja de suelos, clima, altura, especies cultivadas, etc.

5. **Páramo y montaña de Palencia.** Desde el cruce con el arroyo de la Cueva el NDVI asciende muy por encima de los valores de la llanura cerealista (153.7). La topografía se eleva a 900 m y las cubiertas del terreno se diversifican empezando a mezclarse las explotaciones agrícolas con la vegetación natural, sistemas agroforestales y formaciones forestales que aumentarán su extensión en sentido N. El recorrido S-N atraviesa la amplia vega del Carrión 1 km aguas debajo de Saldaña (158). Desde este punto el transecto transcurre por el páramo de la raña de Guardo en continuo ascenso de valores, no solo ante la vegetación de riberas sino también y principalmente por las asociaciones naturales: comunidades forestales de pinar y sabinar, bosques mixtos y exclusivos de perennifolias y frondosas, pastizales alpinos y zonas de matorral denso.

Transecto SW-NE (Figura 5.13): cruza 391 Km, entre Saelices (Salamanca, 680m), en la comarca de Ciudad Rodrigo, y Villasana de Mena (Burgos, 312m), en la comarca de Merindades. Los grandes sectores atravesados son: la meseta salmantina desde la Fosa de Ciudad Rodrigo, las comarcas de La Armuña y Ledesma, el sector al sur del Duero de La Guareña; al norte del Duero, el sector central de Valladolid (tierra de Campos y Torozos) y las comarcas de Pisuegra, Arlanzón, Bureba y Merindades en Burgos. Se distinguen 4 sectores con intervalos de NDVI característicos:

1. **La meseta salmantina** (hasta el Km 100), con NDVI entre 155 y 164 o algo más bajo en La Armuña y Ledesma (152-156). Los valores más altos corresponden a comunidades de perennifolias y frondosas, sistemas agroforestales sobre dehesas en las que, aunque los individuos arbóreos no sean muy densos, su robustez específica contribuye a un NDVI medio-alto. Las asociaciones vegetales de las cuencas del Yeltes y del Tormes denotan un fuerte vigor específico (163 y 164, respectivamente). Las comarcas de La Armuña y Ledesma tienen un NDVI más bajo que la zona anterior (155, promedio). Atendiendo a CLC, la ocupación del suelo de este sector del transecto (Tabera) corresponde a un rico mosaico espectral de cultivos asociados, bolsas de bosques mixtos, unidades de explotación agroforestal, pinares y tierras de labor sobre secano de extensión moderada. En

síntesis, esta zona del transecto atraviesa un sector de dehesas en el que, uno de los factores que coadyuvan a los altos valores del NDVI es el rico y vigoroso sustrato herbáceo.

2. **Comarca de Duero Sur.** El área de La Guareña está marcada por la producción monoespecífica de cereal de secano, excepto pequeñas áreas como la ribera del Guareña (143.3). Esta zona registra los valores más bajos de NDVI sobre cubiertas naturales de todo Castilla y León (141-145), hecho avalado *a posteriori* por los bajos rendimientos de las cosechas de secano de la zona. En esta zona se verifican problemas de salinización de suelos.
3. **Tierras centrales entre la ribera del Duero y la comarca de Arlanzón.** Este transecto cruza el Duero por Villafranca (NDVI, 153.6; CLC, perennifolias esclerófilas y quejigales) y continúa hacia el NE casi paralelo al río Hornija (NDVI, 148; CLC, tierras de labor de secano) hacia Zamadueñas, en los Montes Torozos (150.2). Pasado de Zamadueñas, el NDVI desciende a valores entorno a 145 (± 2); la razón no es otra que, según CLC, los píxeles muestreados corresponden todos a tierras de labor de secano y ninguno a otras formaciones vegetales naturales presentes en píxeles adyacentes, tales como herbáceos y frutales en regadío o sistemas agroforestales. Desde el Km 124 del transecto, el NDVI asciende al cruzar el río Carrión (148, entre Palencia y Venta de Baños), y recorrer la orilla norte del Pisuerga (150.2) hasta cruzarlo en el Km. 254 del transecto, a la altura de Cordovilla la Real (154.6), para seguir avanzando por la ribera Norte del Arlanzón hasta la estación de Coculina (153), entre los cauces de los ríos Hormazuela (154.9) y Urbel (154).
4. **Bureba y Merindades** registran los valores más altos de NDVI (165-175) en este transecto. El tapiz vegetal de los píxeles examinados entre Coculina y Villasana corresponde a explotaciones agrícolas de secano junto con vegetación natural de páramo (vertiente N del Arlanzón, NDVI, 153); en las elevaciones de separación entre las cuencas del Duero y del Ebro en las comarcas de Bureba, Páramo y Arlanzón la vegetación es más robusta, a base de perennifolias, frondosas y pinares (NDVI 166.5, Km 340-347 del transecto). El cruce sobre el Ebro queda singularizado con un máximo de NDVI de 167, que resalta sobre la vegetación de secano de la misma llanura fluvial más distante del cauce (NDVI, 155, Km 360). Los últimos kilómetros del recorrido transcurren sobre el valle de Losa (NDVI, 164-165), la sierra de la Peña (NDVI 156.5) y el valle de Mena, en la cabecera del río Cadagua (NDVI 175).

La altitud topográfica es un componente muy relativo respecto al NDVI. Parece lógico esperar valores similares del NDVI en el reborde de la Comunidad, máxime si las localidades a comparar se encuentran bajo la influencia atlántica; sin embargo, éste no es el caso. Las localidades de comienzo y fin de este transecto se encuentran al amparo de influencias atlánticas y Saelices podía compensar su situación más meridional con la mayor altura topográfica (680m) respecto a Villasana (312m). La diferencia de valores medios del NDVI entre ambas localidades es de 18 puntos, lo que nos lleva a

reafirmarnos en la complejidad de factores que coadyuvan a la respuesta espectral de las cubiertas vegetales y, en primer lugar las características internas de las especies individuales y en asociación fitosociológica. En otras palabras, las asociaciones de matorral de la meseta salmantina tienen una respuesta espectral distinta que las que ocupa las parameras burgalesas, aún cuando la combinación de especies pertenezca básicamente a los mismos géneros; con esto queremos apuntar (i) la capacidad del NDVI derivado de NOAA para discriminar variantes de un mismo tipo de biológico de fitoasociaciones y (ii) la necesidad de construir un catálogo de respuestas espectrales de la vegetación, por asociaciones de especies y por comarcas.

Transecto W-E (Figura 5.14): atraviesa 391 Km, entre Villardeciervos (Zamora, 864m), en la comarca de Sanabria, y Bayubas de Abajo (Soria, 1000m), en la comarca de Almazán. Otras comarcas que atraviesa este recorrido son: Aliste y Campos-Pan en Zamora, Centro y Sur-Este de Valladolid, Ribera del Duero en Burgos y Burgo de Osma y Almazán en Soria. En este transecto distinguimos 7 sectores con intervalos del NDVI característicos:

1. **Zona de Sanabria**, caracterizada por profundas oscilaciones del NDVI relacionadas con la variación de fitoasociaciones altitudinales de las sierras y los valles fluviales del paleorrelieve apalachiano Zamorano-Leonés. De nuevo, los valores máximos de NDVI coinciden con las comunidades de los cursos fluviales. Entre los kilómetros 1 y 23 del transecto se observan tres picos de NDVI con valores próximos a 160 que coinciden con el río Tera, los pinares de la sierra de la Culebra y el cauce del río Aliste. Las formaciones clasificadas por CLC incluyen, pastizal y matorral con reductos de perennifolias, explotaciones agrícolas entre vegetación natural y pinos.
2. **Zona del Aliste** (Km 26 a 65), con una respuesta del NDVI muy homogénea (153-155); se observa una marcada diferencia estacional del NDVI entre el verano y los demás periodos. El salto de Ricobayo, sobre el Esla, establece un cambio drástico de ocupación del suelo, del tapiz vegetal y por tanto de la respuesta espectral. Al W del salto hay un dominio del matorral, entremezclado con mosaicos de pastizales y praderas y pequeñas explotaciones en secano (NDVI medio, 154). Al E de Ricobayo, el transecto discurre por tierras de dominio casi monoespecífico de tierras de labor de secano. (descenso NDVI 145.7).
3. **Zona de Campos-Pan**, con niveles medios de vigorosidad vegetal mucho más bajos que la zona anterior (NDVI promedio = 147), con un máximo en las riberas del Valderaduey de 151. El límite Este de la Tierra de Campos-Pan Zamorana es la que presenta uno de los valores más bajos de vigor vegetal del transecto (143.4).
4. **Zona Centro-Torozos**: siguiendo el transecto en sentido W-E, los valores del NDVI se incrementan (144-151) al atravesar los ríos Bajoz (148) y Hornija (146.5) y las comunidades naturales de Torozos (150.3) que, aunque esquiladas por la acción antrópica, responden de su vigor ante el NDVI. Este valor alcanzado cae drásticamente (141,7) al atravesar la periferia de Valladolid.

Comparando los valores de Campos y Torozos es posible pensar que el cereal del páramo es más productivo que el de la campiña detrítica; pero no nos aventuramos a aceptar tal afirmación solo en función del NDVI, puesto que los valores más elevados del páramo pueden deberse no solo al mayor vigor del cereal sino a una *contaminación de vigor en los píxeles*, aportada por los sabinares y las fitosociaciones calcícolas.

5. **Zona de Riberas:** salvado el bache espectral de la concentración urbana, entramos en una zona de valores del NDVI ligeramente superiores a 150. Denominamos al sector del transecto entre los kilómetros 175 y 240 *zona de riberas* porque cruza el Esgueva (NDVI, 148), el Duero en Sardón (NDVI, 153), y transcurre paralelo a este cauce por la ribera Sur hasta la confluencia con el Duratón.
6. **Tierras secas** de la Ribera de Duero en Burgos: una vez que se sobrepasa el límite de tierras regadas en la ribera sur del Duero, el NDVI cae hasta valores de 143 (propio de tierras de secano y matorral).
7. **Zona del Corredor de Almazán:** desde el Km 260 se penetra en la cuenca de Almazán, cruzando de nuevo el Duero. El NDVI medio en este punto es de 151.2, algo más bajo que en Sardón de Duero (153) en el curso medio. Este sector muestra amplias oscilaciones de NDVI, coincidiendo los máximos con pequeños ensanches del Duero y manchas forestales de pinar y los mínimos con tierras de labor de secano, mucho más pequeñas y mosaicadas que en el centro de la depresión.

Transecto NW-SE (Figura 5.15): atraviesa 244 Km, entre La Bañeza (León, 771m.) y Segovia (1005m); este transecto recorre, además, el sur de la comarca del Páramo y la de Esla-Campos en León; atraviesa las Vallisoletanas de Tierra de Campos, Centro y Sur-Este antes de entrar en las Segovianas de Cuellar y Sepúlveda. Distinguimos 4 zonas:

1. **La Bañeza-río Cea**, en este sector leonés se observa un paulatino descenso del NDVI a medida que se avanza en dirección hacia la depresión (155-147); las riberas de la amplia red fluvial que surca la región marcan las salvedades de la tendencia general indicada: Tuerto (154), Órbigo-Huerga (156), Esla (157) y Cea (148). Atendiendo a CLC, comprobamos que los valores más altos coinciden con pequeñas unidades agrícolas entre vegetación natural, parches forestales de perennifolias, frondosas y pinares, herbáceos y frutales en regadío y un sector de tierras de labor de secano antes de atravesar el Esla que registra el NDVI más bajo de esta zona (147).
2. **Tierra de Campos Vallisoletana.** El río Cea en Valderas marca el límite nítido de entrada del transecto en la amplia comarca de gramíneas de secano de Tierra de Campos. El NDVI se reduce a valores medios mínimos de 143, sobre los que despunta el vigor vegetal de comunidades amparadas por los ríos Valderaduey (147.8), Navajos (146.5) y Sequillo (149.2).
3. **Zona de Torozos;** el NDVI asciende a un valor medio de 150, y es algo superior en las cabeceras de pequeños ríos que nacen en este sector (Bajoz, 151; Hornija, 152.3). También destaca el valor del NDVI de regadíos de la vertiente derecha del Pisuerga

(Km 139, NDVI 150.8) antes del fuerte descenso de NDVI (137) al atravesar el casco urbano de Valladolid. El NDVI vuelve a ser elevado nada más superar la zona urbana en dirección hacia el Duero (cruce en Herrera de Duero, NDVI 156). Una vez atravesado el Duero, en dirección hacia Arrabal de Luna (145.8), el NDVI no desciende hasta los valores propios de zonas cerealistas ya que las tierras de labor de secano ceden superficie a favor de zonas forestales de pinar y sabinar.

4. **Zona de Pinares.** Consta de dos sectores con valores ligeramente diferentes: el primero, entre Arrabal y Cuellar, tiene un NDVI entorno a 148; el segundo, entre Cuellar y Sanchonuño-R. Pirón sube hasta 153. La causa de esta diferencia se encuentra en que los pinares de la primera mitad se encuentran más clareados con matorral, sistemas de explotación agroforestal y tierras de labor en secano. En la segunda mitad del transecto sobre la zona de pinares hemos atravesado masas mucho más densas y entremezcladas con las riberas del Cega (153.7) y Pirón (155.8). Los últimos 10 Km del transecto alcanzan los valores más altos de NDVI, sobre la cuenca del Eresma (162), en las inmediaciones de Segovia.

Transecto SW-NW (Figura 5.16): recorre 356 Km, entre Herguijuela de la Sierra (Salamanca, 648m), en la comarca de La Sierra, y Rabanal de Luna (León, 1150m) en la Montaña de Luna; otras comarcas por las que transcurre son: Ciudad Rodrigo y Vitigudino en Salamanca; Sáyago, Aliste y Sanabria en Zamora; La Cabrera, Astorga y La Montaña en León. Destacamos 5 zonas con semejanzas internas en los intervalos del NDVI.

1. **SW de Salamanca,** entre Herguijuela y Saelices: la topografía de este tramo transcurre por las sierras del Castillo (NDVI, 168), Peña de Francia (entre la cumbre de Ntra. Sra. de la Peña y el puerto de Monsagro, 157.7), del Guindo, Carazo y Valdefuentes (158), antes de atravesar la Fosa de Ciudad Rodrigo (154), cinco kilómetros al norte de esta localidad. El NDVI en las sierras es moderadamente alto (168) por la presencia de importantes robledales y pinares con substrato de helechos, y algo más bajo en las cumbres, cubiertas por vegetación poco robusta y dispersa entre canchales (157); salvadas las cumbres, el NDVI asciende al atravesar asociaciones de perennifolias, frondosas, pinares y sabinares asentadas a media ladera de las sierras (163.6); por último, el NDVI desciende hasta 154 en la fosa de Ciudad Rodrigo, correspondiendo a cubiertas de matorral. En términos de la respuesta de las asociaciones vegetales, Saelices el Chico se encuentra fuera de la fosa, donde el NDVI vuelve a ascender hasta 156.7.
2. **Zona del Abadengo:** singularizamos este pequeño sector entre Saelices y el Salto del Saucelle por la homogeneidad del NDVI en valores medios (158) y extremos (160-162) al cruzar los pequeños arroyos de Moral y Campos Carniceros (Cuenca del Águeda), Camaces y Huebra. La ocupación del suelo está muy fragmentada en este tramo por explotaciones agroforestales (dehesas), amplios sectores de matorral, pinar de repoblación y reductos de bosque mixto (asociaciones con encina). La transición a un nuevo sector queda marcada por el descenso de NDVI en el Salto del Saucelle (154.7).

3. **Zona Arribes-Sáyago** (entre los saltos de Saucelle y Ricobayo). La característica del NDVI en este sector es que sólo ocasionalmente desciende por debajo de 155 o supera el 159. Encontramos, no obstante, dos grandes descensos del NDVI al atravesar los pantanos de la Almendra sobre el Tormes (144, 141) y el de Ricobayo sobre el Esla (147.5).
4. **Zona del Aliste**. Se aplica lo señalado en el punto 2 del transecto W-E.
5. **Zona Montes de León**: este tramo transcurre desde la vertiente sur de la Sierra de la Culebra hasta las cumbres de la montaña Leonesa limítrofes con Asturias (alto río Luna), atravesando el área de contactos lobulados entre de los relieves hespéricos de dirección herciniana y los sedimentos de la cuenca. Distinguimos con claridad la respuesta de las cubiertas vegetales de sierra de la culebra (NDVI en cumbre, 153), ribera del Tera (162.6), Cabrera Baja (158), ribera del Eria (161), sierra del Pinar – continuación de la del Teleno- (160.6), ribera del Duerna (160.4) y zona de la Maragatería (área de Astorga y riberas del Turienza, Jerga, Argañoso y Brañuelas). La cumbre del puerto del Manzanal hace descender el NDVI hasta 154.3, recuperándose de inmediato en la comarca de las Omañas, con un máximo de NDVI en el valle del R. Omañas de 170.

Transecto SE-NE (Figura 5.17): recorre 204 Km, entre Bayubas (Soria, 1000m), en la comarca de Almazán, y Villasana de Mena (Burgos, 312m) en Merindades. Otras comarcas recorridas son: Soria, Pinares, Demanda y Bureba-Ebro. Distinguimos 5 zonas de valores similares de NDVI.

1. **Zona del Marquesado de Berlanga-Osma**: El transecto empieza 12 km al sur del Duero, en un enclave cubierto por perennifolias y frondosas, lo que le hace tener un NDVI de 151 que desciende a los valores propios de las zonas cerealistas (143.7) al atravesar tierras de labor de secano y matorral de la vertiente sur del Duero en este punto del corredor de Osma-Almazán. El NDVI asciende a 154.8 en las riberas de los ríos Escalote y Duero. En la vertiente Norte del Duero el NDVI comienza un ascenso progresivo ante el aumento de fitoasociaciones robustas, en medios ya próximos al sistema Ibérico. (Abioncillo de Calatañazor, 152.4; cauce del río Abión 153.8). La Sierra de Cabrejas marca el límite de esta zona.
2. **Sistema Ibérico**: desde la sierra de Cabrejas (Soria) hasta el descenso de los montes de Oca hacia La Bureba (Burgos), la respuesta del NDVI es tan masiva y elevada como la propia topografía del Sistema Ibérico. Las fitoasociaciones de la Ibérica tienen una respuesta del orden de 20 puntos por encima de las cubiertas de la depresión. Esto corrobora y cuantifica el vigor de las masas vegetales de la zona: pinares, frondosas, perennifolias y asociaciones de pastizal, praderas y matorral. El cauce del río Ebrillos, que alimenta el embalse de la Cuerda del Pozo, supera ampliamente el valor 170 de NDVI, en la vertiente oeste de la sierra de Duruelo y de los Picos de Urbión, llega hasta 174 y se mantiene a lo largo de la sierra de Neila (174.3); después de un descenso en Valdlaguna (170) y el cauce del río Pedroso (164), la sierra de la Demanda vuelve a elevar el NDVI a 173.2. En este punto, el transecto cruza los embalses de Arlanzón (166.1) y Uzquiza (161.8); la cubierta

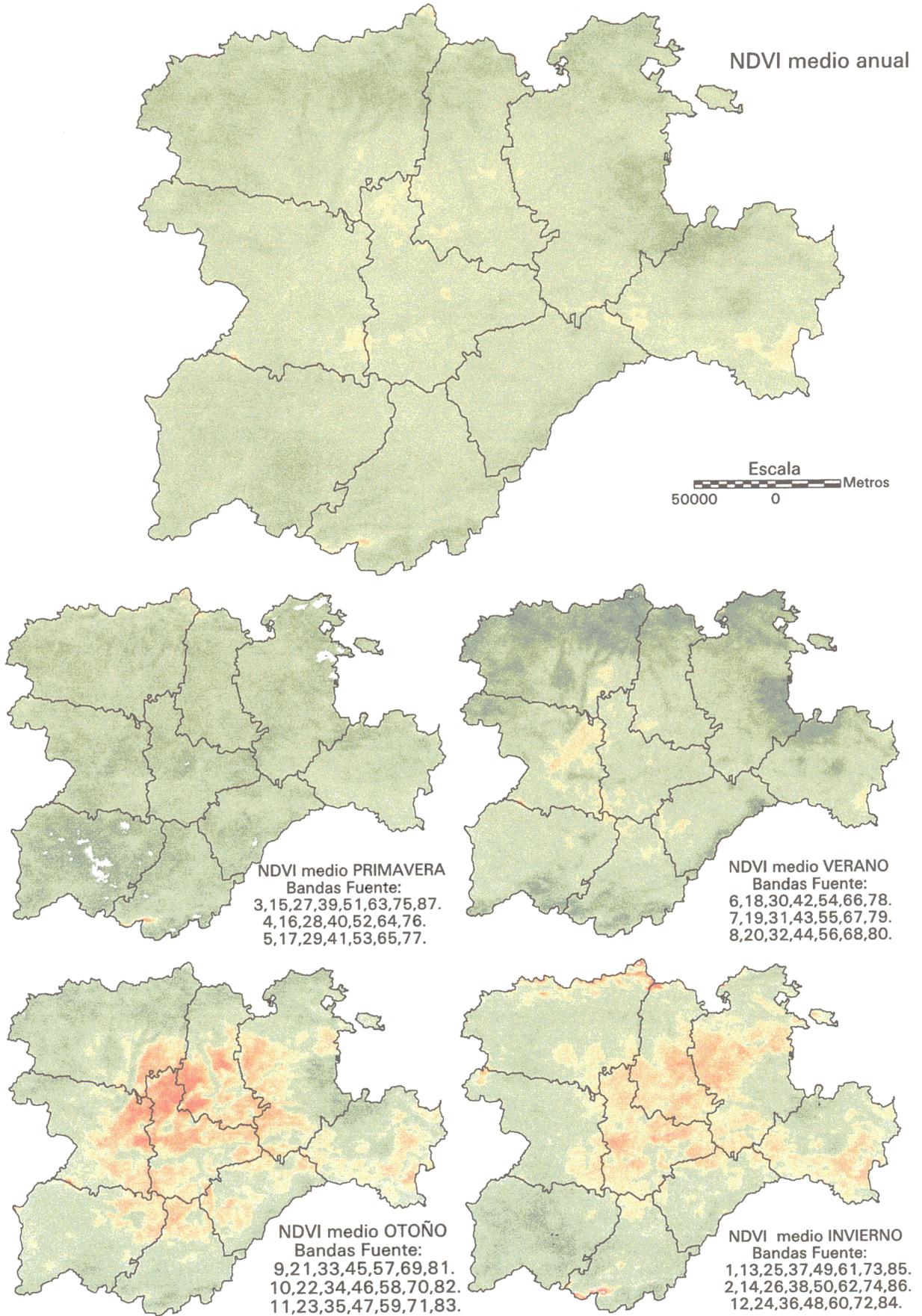
vegetal sobre los montes de Oca vuelve a alcanzar un NDVI de 173, que desciende brusca y notoriamente en su transición a la comarca de la Bureba.

3. **La Bureba.** Esta comarca del NE de Burgos incrementa el NDVI de sur a norte en más de 5 puntos: el cauce del río Bañuelos, al sur de Briviesca tiene un NDVI de 150, mientras que en la sierra de Oña asciende a 155.8. Estos valores responden a una ocupación del suelo por tierras de secano para los valores más bajos y a explotaciones agrícolas entremezcladas con vegetación natural para los valores más altos, en la sierra de Oña. En esta se observa con gran claridad la diferencia entre el NDVI medio de verano y primavera (156) respecto al de otoño invierno (154.9), en los que el estado senescente de las masas de frondosas genera valores estacionales muy diferenciados.
4. **Ribera del Ebro.** Salvados los Montes de Oca en dirección norte, comienza la cuenca del Ebro. El NDVI máximo alcanzado en este punto es de 164.5, entre los valores mínimos de los extremos de ambas riberas (155); Los máximos corresponden a explotaciones agrícolas mixtas y de regadío en la ribera, mientras que a medida que ascienden las terrazas se da paso al secano.
5. **Valles de La Losa-Mena.** En dirección hacia la montaña norte burgalesa, el NDVI asciende hasta 165 en la ribera del Losa, desciende a 154 en las cumbres de la sierra Carbanilla y llega hasta 174.8 en el valle de Mena, valor más alto incluso que en el Sistema Ibérico.

Una vez más resaltamos que los promedios **estacionales** del NDVI obtenidos de una larga serie de observaciones resultan *relativamente* útiles por la homogeneización de datos y la pérdida de detalle de las fluctuaciones de las cubiertas. Esto queda plasmado gráficamente en las cartografías de las figuras 5.18, 5.19 y 5.20.

Pensamos que la cartografía media mensual del NDVI puede ser un dato comparativo de gran utilidad si se sigue el NDVI como un parámetro dinámico. En el caso de que se siga la evolución de las cubiertas en momentos de especial interés, como por ejemplo las quincenas de crecida o maduración del cereal, el valor mensual mediado puede ser un dato de apoyo comparativo para determinar si el vigor de las especies en una campaña cerealista concreta está por encima o por debajo de la media. Puede tener la misma aplicación durante los meses estivales para valorar el estrés de las áreas forestales.

Castilla y León: NDVI medio anual y estacional
Fuente: imagen serie NDVI87m.



Leyenda
Valor NDVI (0-255)

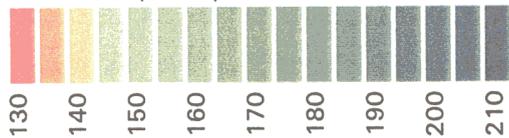


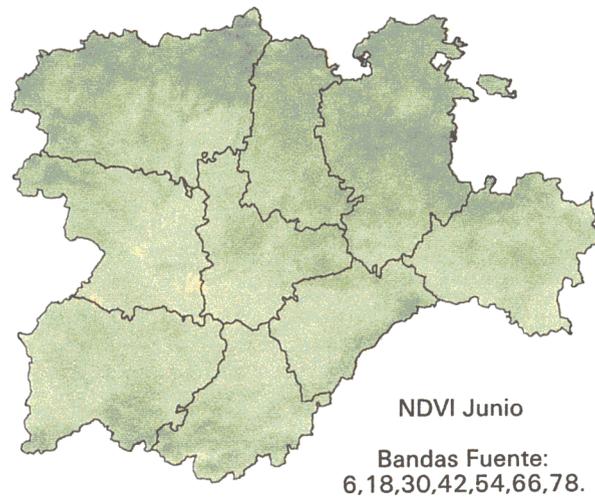
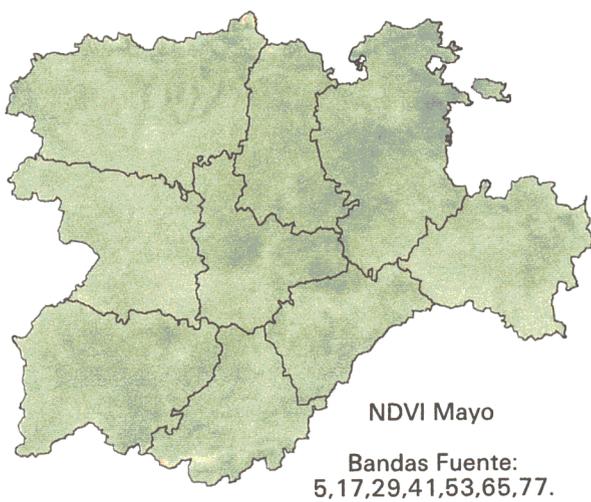
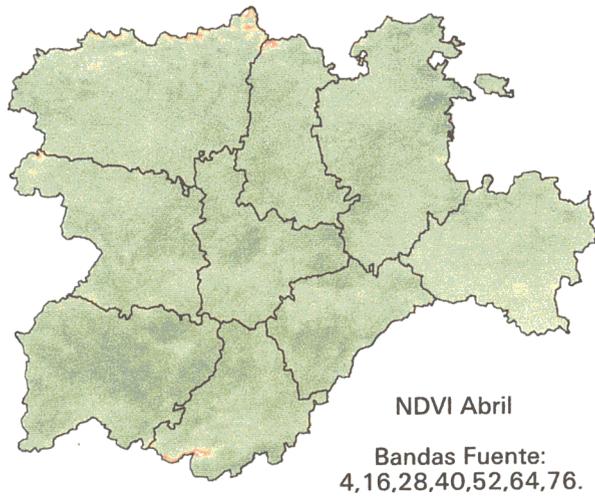
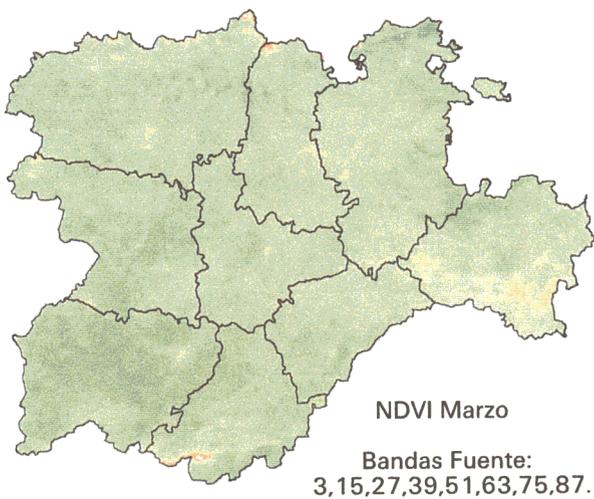
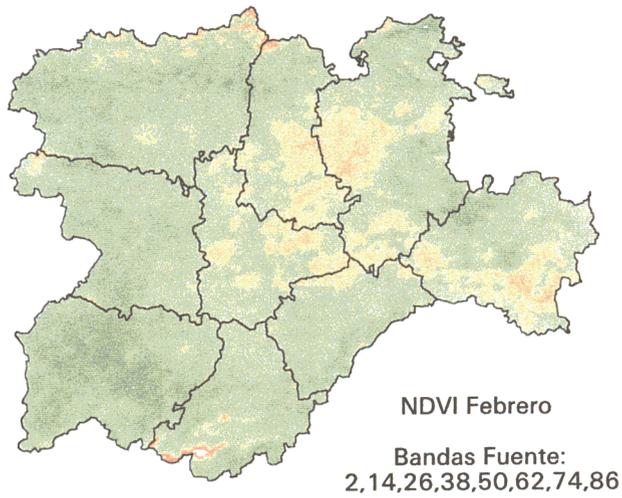
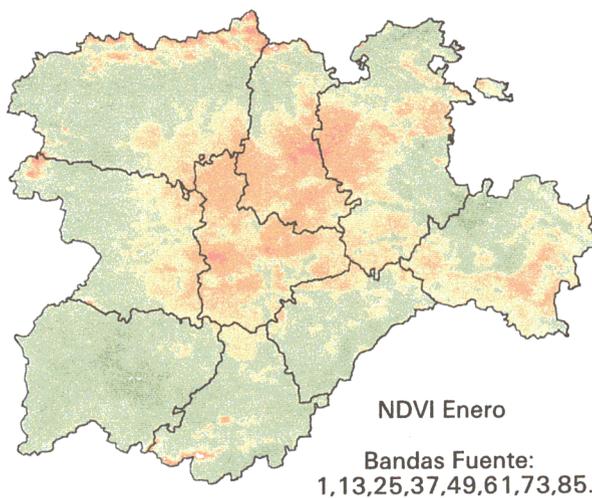
Figura 5.18

Proyección UTM. Zona 30.
Esferoide Internacional 1909
Datum Europeo 1950



Castilla y León: NDVI medio mensual

Fuente: imagen serie NDVI87m.



Leyenda

Valor NDVI (0-255)

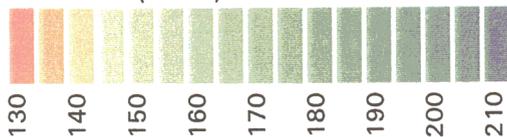
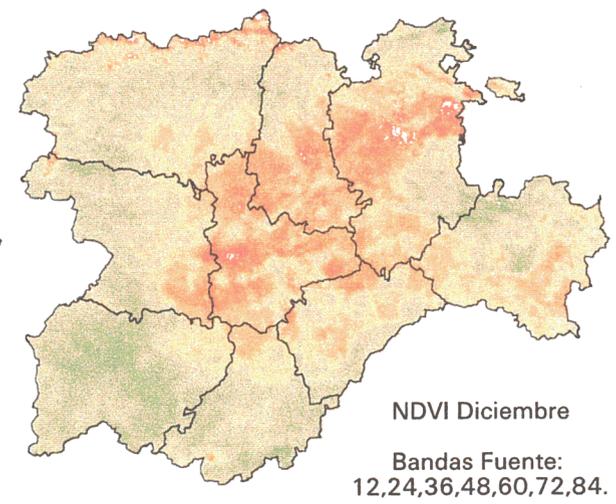
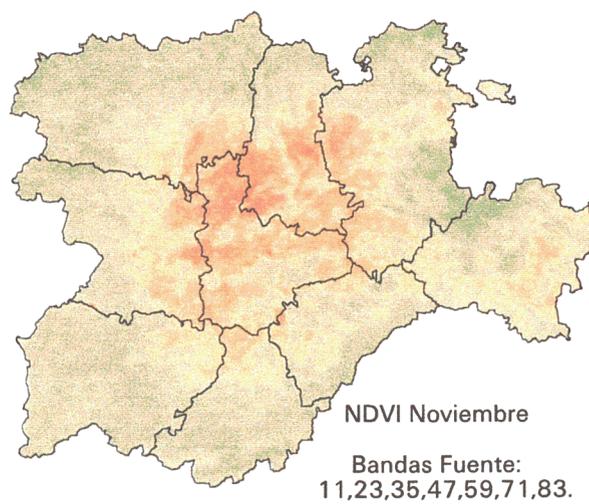
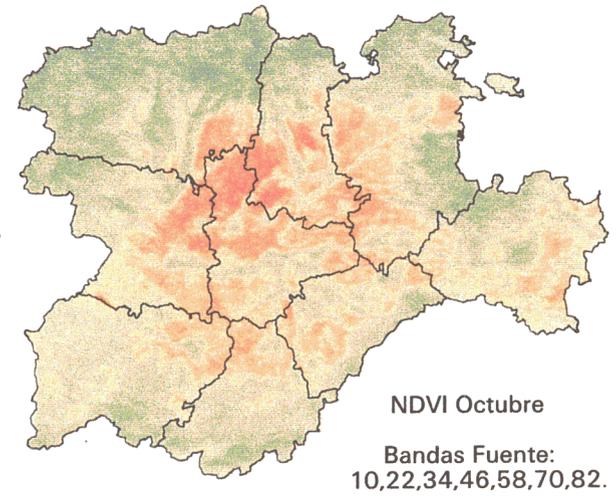
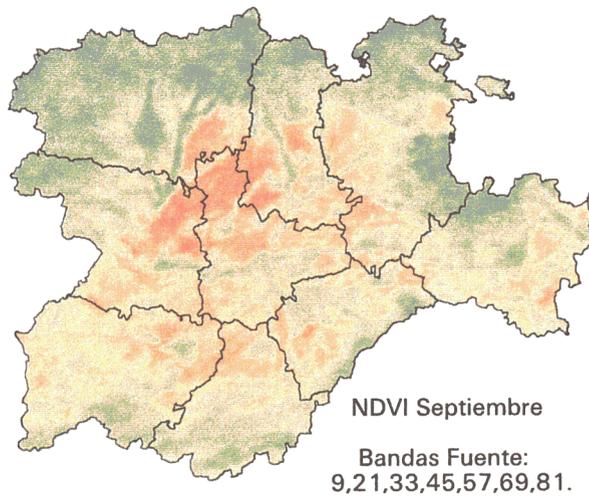
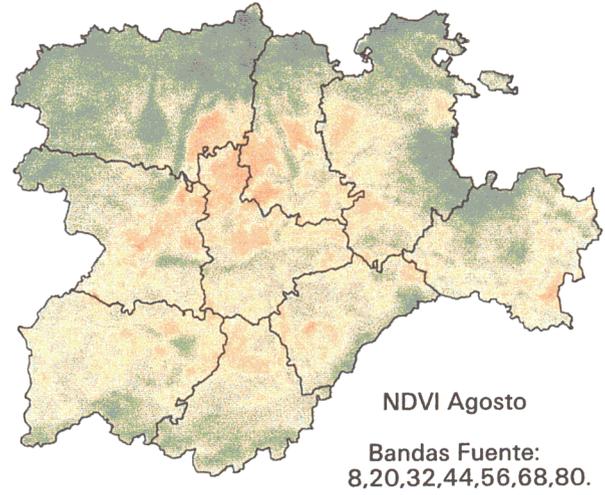
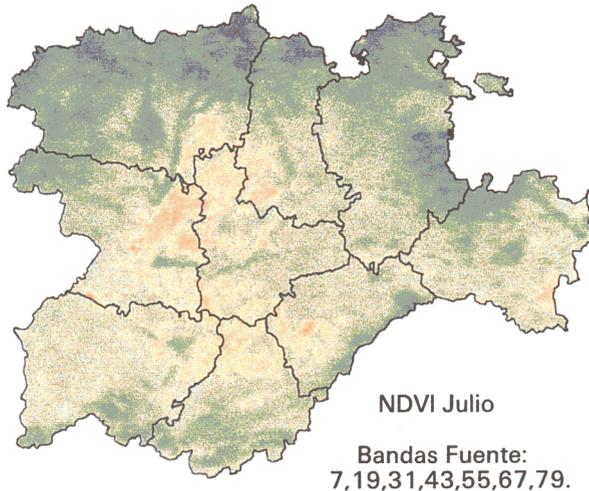


Figura 5.19

Proyección UTM. Zona 30.
Esferoide Internacional 1909
Datum Europeo 1950



Castilla y León: NDVI medio mensual
Fuente: imagen serie NDVI87m.



Leyenda

Valor NDVI (0-255)

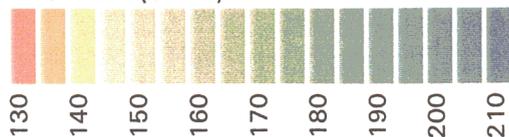


Figura 5.20

Proyección UTM. Zona 30.
Esferoide Internacional 1909
Datum Europeo 1950



Según la aplicación que se desee hacer de las series multitemporales, los procedimientos de comparación de datos pueden ser muy variados. Los valores medios estacionales pueden sustituirse por mensuales o quincenales para el caso, por ejemplo, del control de maduración del cereal. De acuerdo con las especies y su fenología típica hay meses o quincenas en las que es crucial controlar el vigor de las especies, por exceso o por defecto.

Sobre la trayectoria de los 6 perfiles espaciales ya comentados hemos contrastado los siguientes elementos para valorar el NDVI-MVC mensual:

1. NDVI medio estacional, extraído de la serie NDVI87m (color azul oscuro).
2. NDVI del MVC de uno de los meses del promedio estacional, de los años 1992 (naranja) y 1996 (verde):
 - Primavera: Abril • Otoño: Octubre
 - Verano: Agosto • Invierno : Enero
3. NDVI medio mensual del mes seleccionado en el punto 2 (color azul claro).

Como hemos apuntado, (Ascaso, 1997, *Cit. supra.*), 1992 es un año seco, mientras que 1996 es un año relativamente húmedo. Esto se aprecia al comparar los perfiles del NDVI sobre un mismo transecto para los mismos meses de cada uno de los años. Como regla general, los de 1992 son más bajos que en 1996; aún así, los MVC mensuales del NDVI de 1992 no siempre se encuentran por debajo de las medias trimestrales. Esto nos lleva a confirmar que el término sequía necesita matices según se refiera a parámetros climáticos, agronómicos, fitológicos, etc.

El Anexo 5 recoge el contraste del NDVI-MVC mensual respecto al NDVI medio estacional en los 6 perfiles definidos en la figura 5.10; en dichas figuras se representa:

1. El NDVI medio estacional
2. El NDVI-MVC del mes indicado, de los años 1992 y 1996.
3. EL NDVI medio del mes indicado.

Con el fin de no extendernos en comentarios excesivamente pormenorizados al desglosar el NDVI de los 6 transectos, hacemos tan solo algunos comentarios al transecto SE-NE (Figuras 5.21 a 5.24). Elegimos este por las notables diferencias que ofrece al atravesar áreas con fitoasociaciones muy distintas como respuesta a la diferencias fisiográficas de la depresión de Almazán, el masivo bloque de la Ibérica Soriana y Burgalesa y el entramado de montañas y valles del N de Burgos.

ABRIR CAPÍTULO 5.



(CONTINUACIÓN)