

# ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DEL ÚLTIMO MILENIO A PARTIR DE SERIES DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN RECONSTRUIDAS EN EL NE ESPAÑOL

José CREUS NOVAU y Miguel A. SAZ SÁNCHEZ  
*Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Jaca (Huesca)*

## RESUMEN

Los resultados de aplicar el coeficiente de variación móvil a 10 series de temperatura y precipitación reconstruidas con técnicas dendrocronológicas en el NE español, permiten concluir que la mayor variabilidad corresponde a las temperaturas de la época fría, a la vez que aumenta con la altitud. Por el contrario, las diferencias estacionales de la precipitación son mucho menores.

**Palabras clave:** Dendroclimatología, variabilidad climática, España.

## ABSTRACT

The results of applying the mobile variation coefficient to 10 series of temperature and rainfall reconstructed with dendrocronological technical in the Spanish NE, permit to conclude that the greater variability corresponds at the temperatures of the cold era, at the same time that increases with the altitude. On the contrary, the seasonal differences of the rainfall are much smaller.

**Key words:** Dendroclimatology, climatic variability, Spain.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las diferencias entre los sucesivos valores que forman una serie climática a veces son lo suficientemente importantes como para observar la heterogeneidad de los datos con la simple representación gráfica de los mismos y concluir que la serie es muy variable en el tiempo. Pero con frecuencia lo son mucho menos, siendo más difícil resaltar las variaciones que puede haber en el conjunto de los datos. Dichas secuencias de valores distintos se asocian al concepto de variabilidad, entendida como la alternancia, incluso sucesión de años, en los que su valor difiere de forma significativa de los que preceden o suceden.

Tal concepto suele expresarse de distintas formas, ya sea por medio del valor que toma un determinado estadístico, aplicando algún filtro o suavizado que facilite su observación y análisis, etc. En el primer caso se trata de estadísticos que recogen la variabilidad del conjunto de la serie, sin diferenciar aquellos momentos en que las diferencias relativas pudieron ser de mayor o menor intensidad. Por medio del coeficiente de variación móvil es posible conocer la variabilidad de forma secuencial (ALMARZA *et al.*, 1996), al calcularse para un determinado intervalo de tiempo que se desplaza sobre el conjunto de la serie, y destacar aquellas secuencias de años caracterizados por una mayor o menor variabilidad.

El objetivo de este trabajo es presentar la variabilidad temporal aplicando dicho coeficiente a las series de datos dendroclimáticos reconstruidos durante los últimos 700-800 años. El intervalo de desplazamiento elegido ha sido de 30 años, igual al utilizado por otros autores que han estudiado algunas series instrumentales españolas (ALMARZA *et al.*, 1996), lo que permite comparar los resultados y situar los valores de variabilidad actuales en el contexto del último milenio. El valor asignado a una fecha corresponde al calculado para el tramo comprendido entre 15 años antes y 15 años después de la fecha indicada.

## 2. LOS DATOS DENDROCLIMÁTICOS RECONSTRUIDOS

Desde principios de la década actual se viene trabajando en la obtención de series dendrocronológicas con el objetivo de reconstruir el clima español del último milenio. La base de muestras de árboles disponibles (CREUS *et al.*, 1992; GÉNOVA *et al.*, 1993, etc) ya permiten realizar reconstrucciones de temperaturas y precipitaciones en varios puntos de España, algunos de cuyos resultados pueden consultarse en la bibliografía existente (CREUS, 1991-92; FERNÁNDEZ *et al.*, 1996, CREUS *et al.*, 1997, etc). Dos ejemplos de los reconstruidos son los observatorios de Cabdella (Lérida) y Vimbodí (Tarragona), situados en el NE peninsular pero a distinta altitud y tipo de clima. Cabdella está a 1422 mts. de altitud en la cuenca alta del río Flamisell, afluente del Noguera Pallaresa, con datos reconstruidos que en algún trimestre se inician en el año 1150. Vimbodí se halla situado en las estribaciones más occidentales de la cordillera Prelitoral catalana, a 487 mts. en la cabecera del río Francolí. A excepción de algún trimestre cuyos datos comienzan en el siglo XII, los demás arrancan de los siglos XIV y XV. En las Tablas I y II se indica la longitud de la serie de cada variable y en cada trimestre de ambos observatorios, además de sus estadísticas más importantes que las definen.

Período	CABDELLA					VIMBODI				
	Anual	EFM	AMJ	JAS	OND	Anual	EFM	AMJ	JAS	OND
	1399 1992	1166 1992	1399 1992	1150 1992	1150 1992	1365 1992	1166 1992	1365 1992	1365 1992	1350 1992
Medii	8,86	2,78	10,65	16,17	5,83	13,52	7,5	15,3	21,76	9,56
ISCM	8,88	2,81	10,67	16,21	5,86	13,54	7,54	15,34	21,8	9,61
IICM	8,83	2,74	10,62	16,13	5,79	13,49	7,46	15,26	21,72	9,51
Mediana	8,9	2,7	10,7	16,2	5,8	13,5	7,5	15,3	21,8	9,5
Varianza	0,14	0,5	0,18	0,65	0,52	0,21	0,69	0,58	0,59	0,83
Desv st	0,38	0,71	0,42	0,81	0,72	0,46	0,83	0,76	0,77	0,91
Error st	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
V mín	7,6	0,9	9,3	13,3	3,9	12	5,3	12,9	19,5	6,7
V máx	10	5,1	11,6	19,3	7,5	15,3	10,1	18,4	24,2	12,5
Quintil 1	8,6	2,2	10,3	15,5	5,2	13,1	6,8	14,7	21,1	8,9
Quintil 2	8,8	2,6	10,6	15,9	5,7	13,4	7,3	15,1	21,5	9,4
Quintil 3	8,9	3	10,8	16,4	6	13,6	7,7	15,5	21,9	9,8
Quintil 4	9,2	3,4	11	16,8	6,4	13,9	8,2	15,9	22,4	10,2
Ses. st	0,29	1,8	-2,88	1,14	-1,31	0,91	2,76	1,1	0,15	0,43
Curt st	0,37	-1,16	0,64	1,98	-2,02	2,23	-0,18	1,98	2,04	2,02
Coe. var	4,25	25,42	3,93	5	12,32	3,39	11,09	4,97	3,54	9,53

Tabla I. Estadísticas de la temperatura media anual y trimestral reconstruida en los observatorios de Cabdella (Lérida) y Vimbodí (Tarragona).

Período	CAPDELLA					VIMBODI				
	Anual	EFM	AMJ	JAS	OND	Anual	EFM	AMJ	JAS	OND
	1464 1992	1166 1992	1300 1992	1397 1992	1464 1992	1503 1992	1496 1992	1464 1992	1350 1992	1503 1992
Media	1313,02	255,93	375,11	306,59	369,06	637,47	118,51	168,83	147,83	198,95
ISCM	1331,93	259,99	379,52	311,66	379,2	644,33	121,98	172,13	150,63	202,71
IICM	1294,12	251,88	370,7	301,51	358,9	630,6	115,03	165,3	145,04	195,19
Mediana	1300,2	258	370,5	304,2	361,5	638,95	118,2	166,2	147,4	200,9
Varianza	48989,4	7470,6	7255,4	3983,1	14094,1	12276	3127,4	3162,6	2852,01	3733,94
Desv st	221,36	86,43	85,18	63,11	118,72	110,8	55,92	56,24	53,4	61,11
Error st	9,62	3,01	3,24	2,59	5,16	5,01	2,51	2,45	2,11	2,76
V mín	666,6	7,8	161,3	117	89,7	297,6	0	34,3	1,7	14
V máx	2066,8	541,8	628,9	508,2	687	1035,6	303,6	363,2	366,4	433,3
Quintil 1	1128,6	181,5	305,5	255,6	271,8	549,7	69,5	117,2	103,2	156,7
Quintil 2	1250,3	237,6	347,3	289,8	328,2	614,5	105,9	154,5	136,5	188
Quintil 3	1358,2	276,6	392	320,7	383,7	661,25	133,4	179,4	158,8	211,2
Quintil 4	1484,7	323,7	441,5	351,9	466,8	723,65	160,8	215,5	186,7	241,45
Ses. st	2,54	0,95	3,53	2,99	3,64	-0,1	2,31	2,64	4,2	0,65
Curt st	1	0,25	0,5	1,96	0	2,53	0,26	-0,66	4,86	4,83
Coe. var	16,86	33,77	22,71	20,59	32,17	17,38	47,19	33,31	36,13	30,71

Tabla II. Estadísticas de la precipitación total anual y trimestral reconstruida en los observatorios de Cabdella (Lérida) y Vimbodí (Tarragona).

ISCM: intervalo superior de confianza de la media, IICM: Intervalo inferior de confianza de la media, V mín: valor mínimo de la serie, V máx: valor máximo de la serie, Ses. St: sesgo estandarizado, Cut. St: curtosis estandarizada, Coe. Var: Coeficiente de variación.

### 3. COEFICIENTE DE VARIACIÓN MÓVIL DE LAS TEMPERATURAS

En ambos observatorios destaca la falta de estabilidad temporal de dicho coeficiente, tanto de los valores térmicos medios anuales como trimestrales. Tal variabilidad es, en general, mucho más fuerte en las series trimestrales que anuales, no en vano las segundas son la suma de las primeras y los valores pueden amortiguarse entre sí. En Cabdella, la temperatura media anual ha tenido coeficientes de variación móviles que han oscilado entre el 2 y 6%, muy parecidos a los calculados para la primavera (AMJ) y verano (JAS). Durante la primavera se superó muy ligeramente dicho 6% a finales del siglo XV y durante el verano se sobrepasó durante el siglo XIII, buena parte del XIV y comienzos del XV.

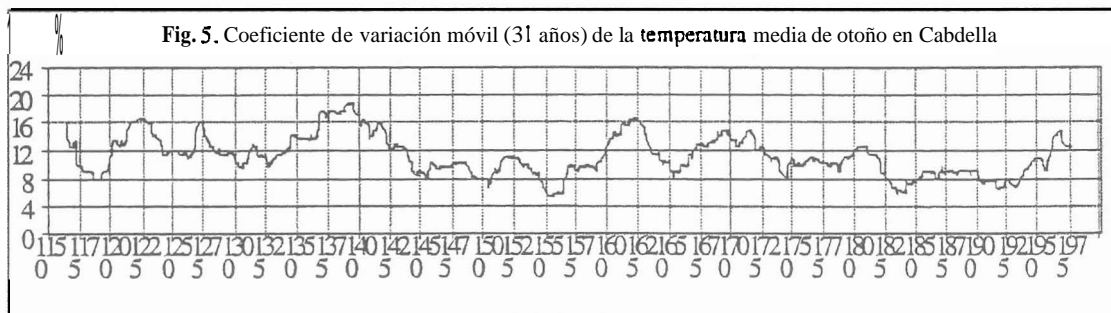
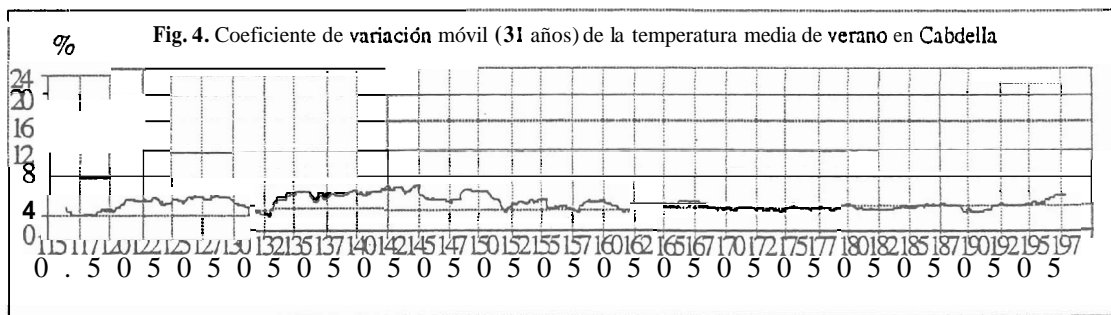
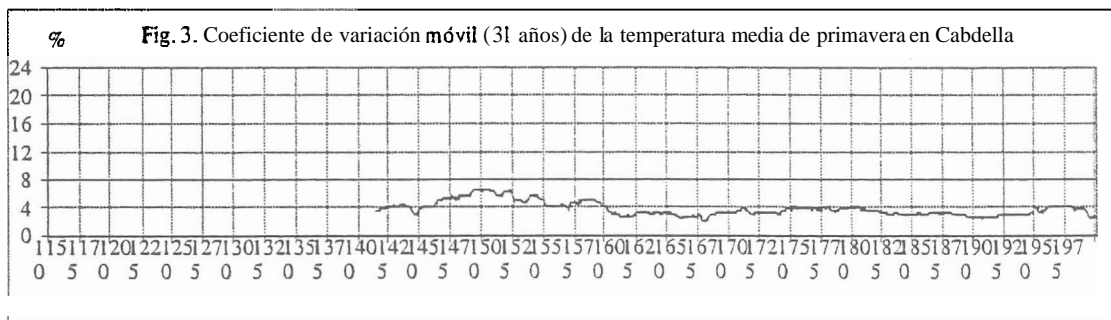
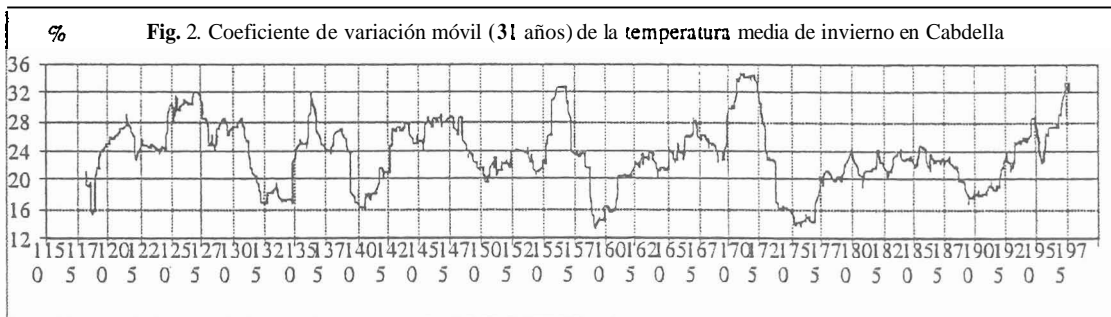
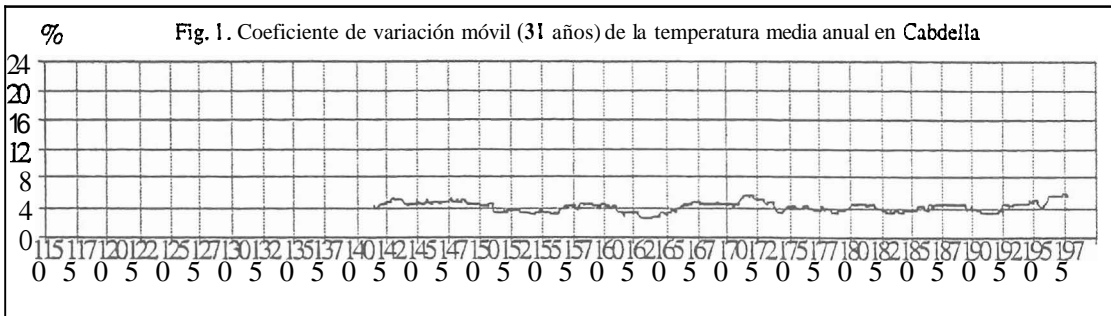
Por el contrario, otoño e invierno han conocido variabilidades muy superiores a las citadas. En el caso del otoño (OND) ha tenido valores muy superiores a los citados, con momentos de hasta un 18% (finales del siglo XIV), siendo todavía más elevados en invierno (EFM) con porcentajes del 34% a comienzos del siglo XVIII y el 30% en varios momentos desde el siglo XIII (ver Fig. 1 a 5). Por consiguiente, otoño e invierno son los trimestres con clima más variable del año. Algo similar puede decirse del observatorio de Vimbodí (a menor altitud y clima más mediterráneo), tanto de su comportamiento anual y estacional como de los valores que toma el coeficiente (ver Fig. 6 a 10). Si acaso con un matiz diferenciador: la variabilidad del invierno, aun siendo la más acusada del año, es menos intensa que en Cabdella y se semeja más a la de otoño.

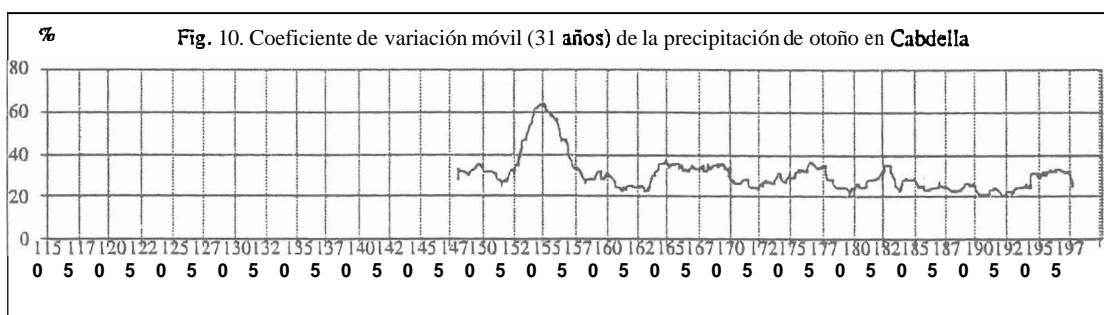
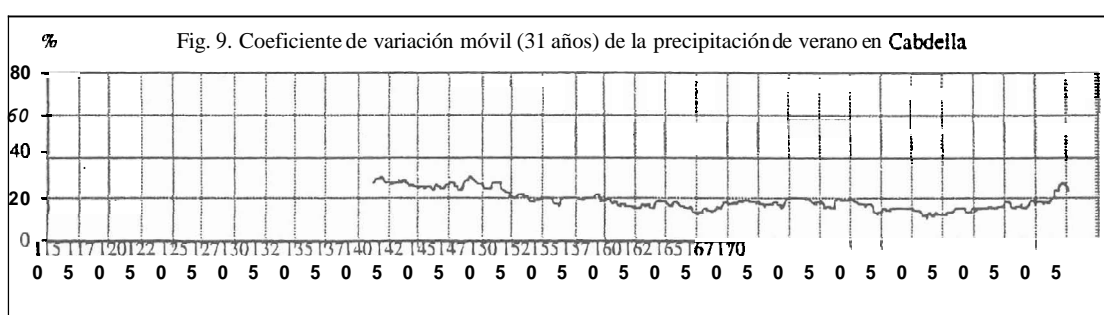
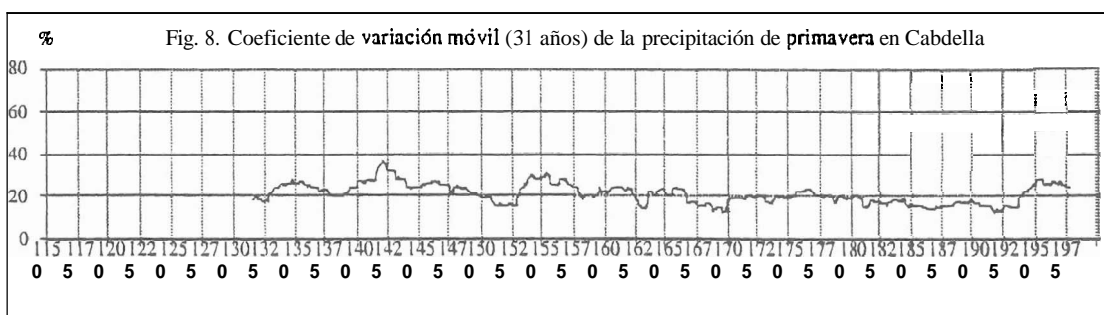
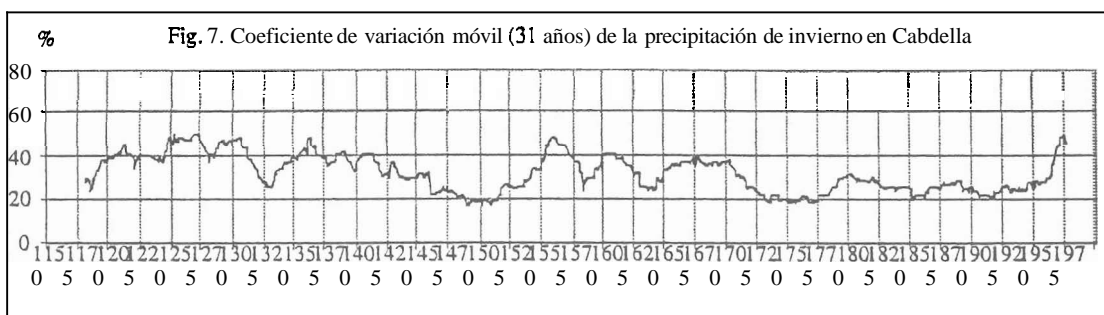
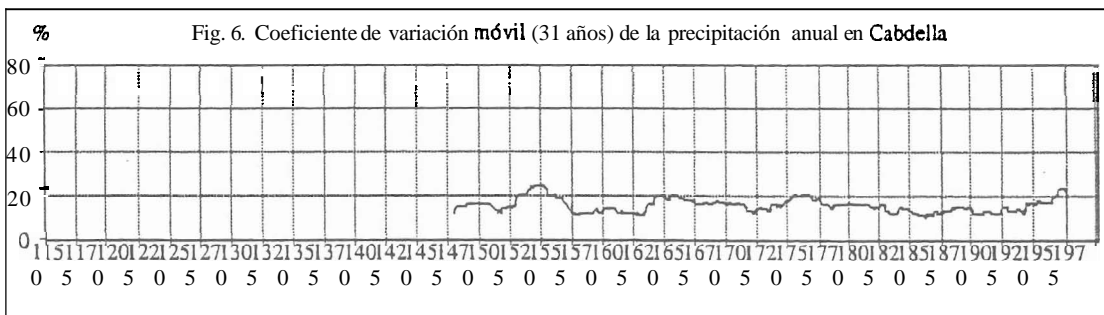
Actualmente, también es la época fría la que muestra mayor incremento de la variación: de hasta 16 puntos en Cabdella desde principios de siglo y de 6 puntos en Vimbodí. Durante el otoño es algo menor, reduciéndose a 9 y 6 puntos, respectivamente.

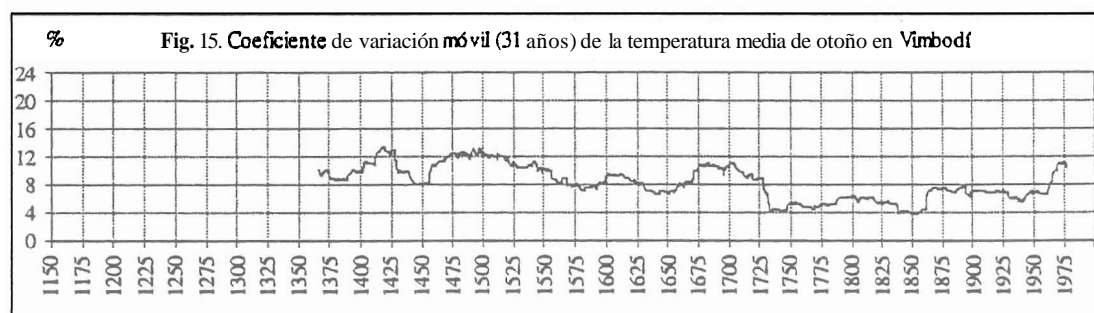
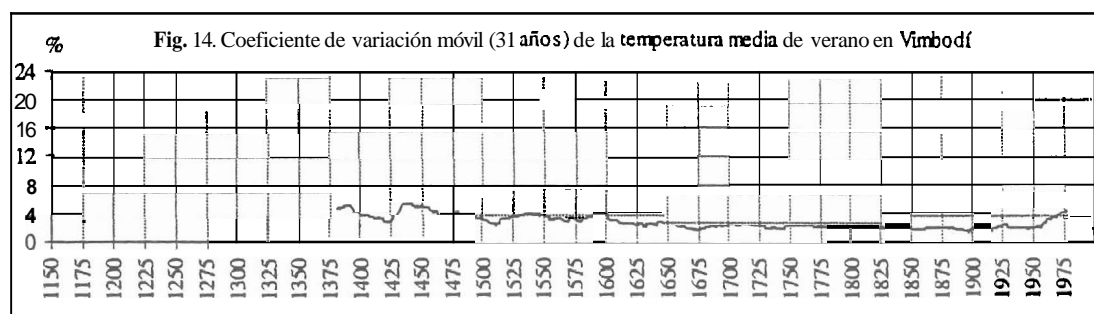
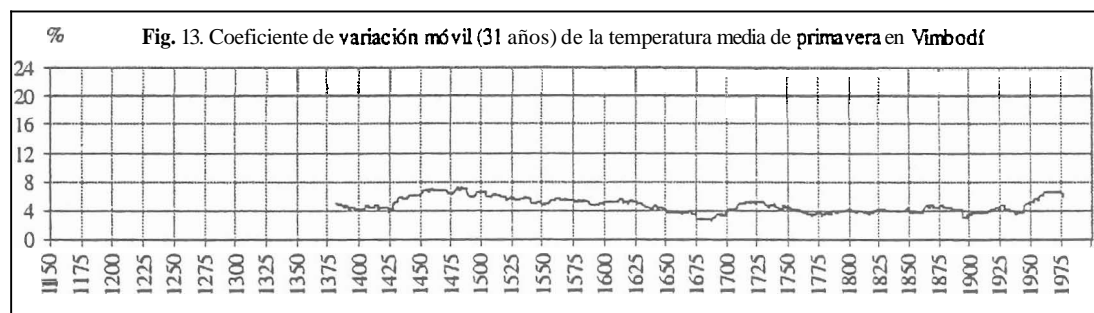
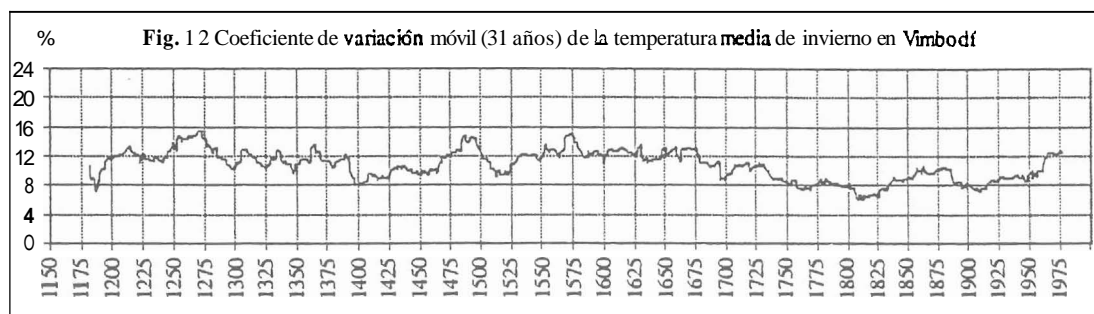
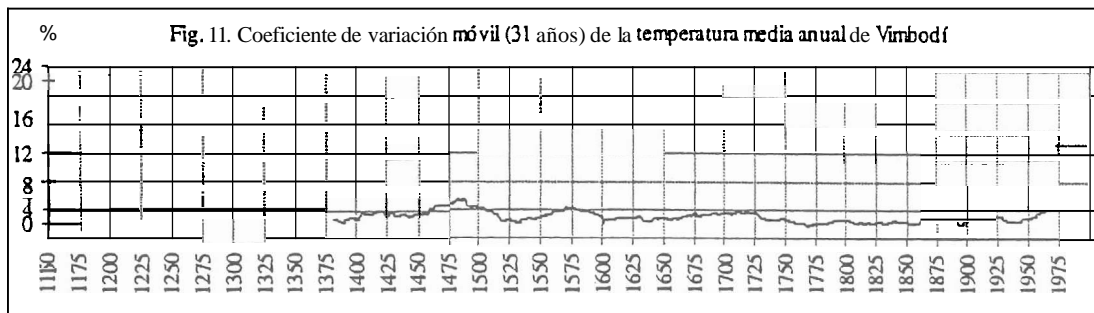
El periodo de mayor estabilidad climática corresponde a las temperaturas de la época cálida durante los siglos XVIII y XIX, muy especialmente las del verano que se estabilizaron en torno al 3-4% de variación en Cabdella y al 2-3% en Vimbodí.

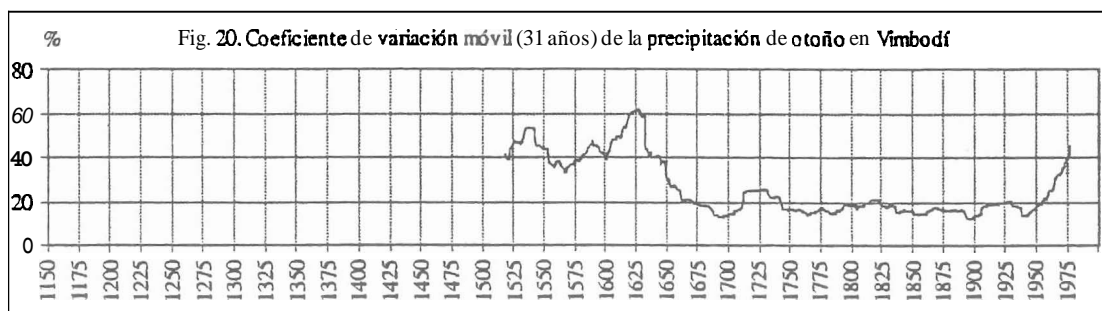
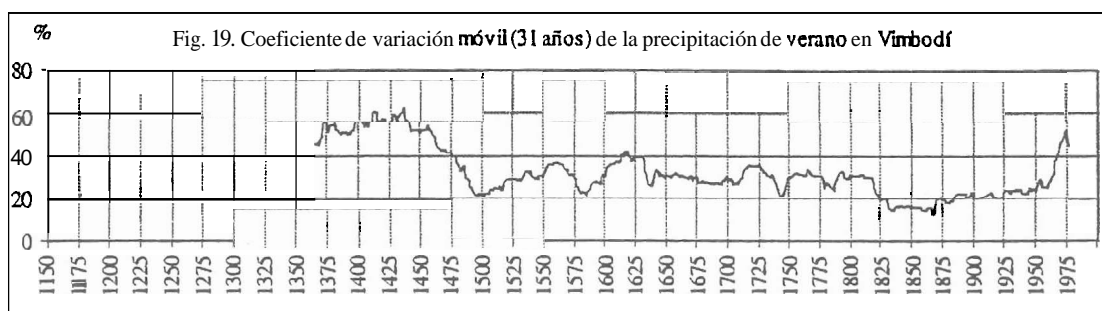
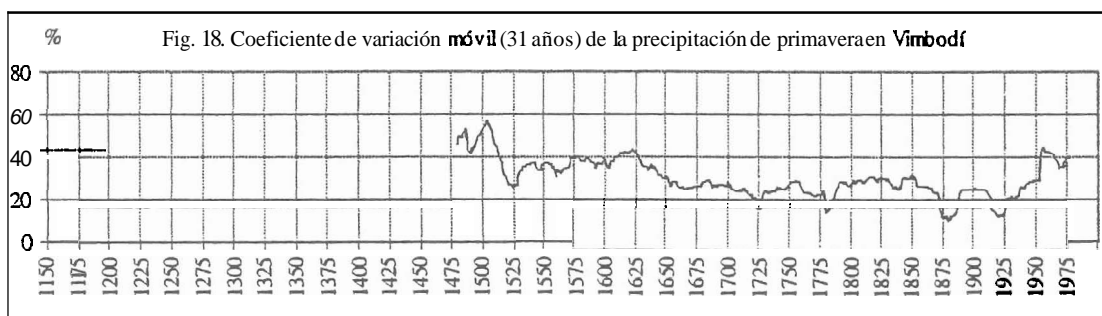
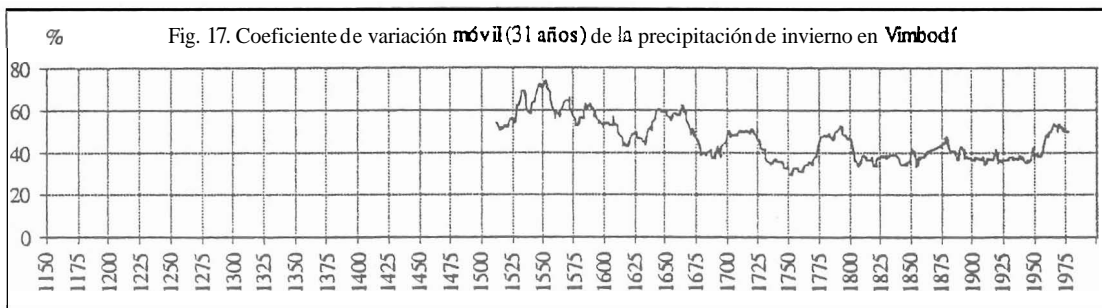
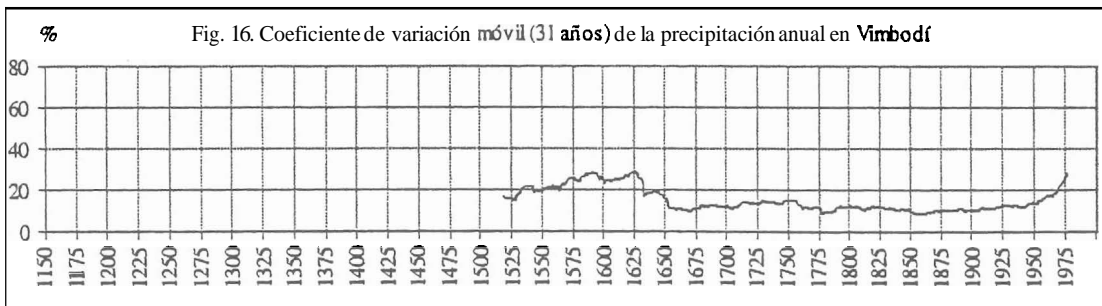
### 4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN MÓVIL DE LAS PRECIPITACIONES

La propia naturaleza de las precipitaciones, capaz de alcanzar valores muy extremos en los climas de filiación mediterránea, explica que su variabilidad sea elevada, con porcentajes muy superiores al de las temperaturas y en modo alguno comparables. Los valores que toma el coeficiente de variación de la precipitación en la montaña (Cabdella) y en el llano (Vimbodí) son bastante similares, especialmente los anuales y de la época fría (Fig. 11 a 20). Sin embargo, en la montaña la variabilidad de la precipitación de la época cálida (20%) es bastante inferior a la de la época fría (en torno al 30%), mientras que en puntos de menor altitud y más al Mediterráneo (Vimbodí) esta diferencia entre época cálida-fría apenas es perceptible debido al incremento del coeficiente durante el periodo cálido en Vimbodí (en torno al 30%). Aspecto que contribuye a reafirmar la idea de la fuerte variabilidad que caracteriza a las lluvias estivales bajo clima mediterráneo, mientras que en la montaña, aunque sea de gran afinidad mediterránea como en Cabdella, tal característica es mucho menos perceptible.











Montaña y valle muestran un claro incremento de la variabilidad de la precipitación a lo largo del siglo XX, con la diferencia de que en la montaña (Cabdella) es menos acusado (sólo la época invernal alcanza incrementos de hasta 30 enteros), mientras que en Vimbodí dicho valor se alcanza en todas las estaciones (salvo en invierno).

Los valores máximos alcanzados durante el siglo XX en ambos puntos (29% en Vimbodí y 26% en Cabdella) quedan por debajo de los registrados en el sureste español (47% en Almería), pero superan los 24 enteros calculados para Bilbao en este mismo periodo (ALMARZA et al., 1996). Según los valores calculados por dichos autores, Cabdella y Vimbodí quedarían dentro del conjunto del valle del Ebro, cuya indiferenciación marcaría una transición entre el clima mediterráneo que distingue un mínimo a principios de siglo, y la zona cantábrica en la que el mínimo pasa a ser un máximo. Sí hay coincidencia en que, analizando valores anuales, el máximo de finales de este siglo es el mayor de los últimos cuatro siglos, pero no a nivel trimestral cuyas fases de mayor coeficiente de variación correspondieron a los siglos anteriores al XVII.

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación del coeficiente de variación móvil a las series de valores estacionales, además del anual, permite obtener una valiosa información que escapa al simple análisis de los valores anuales. Se puede concluir que la temperatura muestra una mayor variación durante la época fría, a la vez que se incrementa con la altitud. La mayor estabilidad se alcanza durante los meses cálidos. A lo largo de los últimos 700 años, destaca el elevado valor del coeficiente durante los siglos XIV, XV y XVII y una gran estabilidad durante los siglos XVIII y XIX.

Las precipitaciones muestran menores diferencias entre los coeficientes de variación obtenidos para la montaña y el llano, siendo en esta última zona donde se incrementa de forma más significativa durante los meses cálidos. En la actualidad dicho coeficiente presenta un incremento general en ambas zonas, con la peculiaridad de que en la zona de clima mediterráneo alcanza valores muy superiores a los de la montaña.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMARZA, C., LÓPEZ, J.A. y FLORES, C. (1996): Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación en España. Monografía A-143 del Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 318 p.
- CREUS, J. (1991-92): "Tendencia secular de la temperatura de mayo en el Pirineo oriental". Notes de *Geografía Física*, 20-21, 41-49.
- CREUS, J., GÉNOVA, M., FERNÁNDEZ, A. y PÉREZ, A. (1992): New dendrochronologies for Spanish Mediterranean zone. *In*: Bartholin Edts. *Lunqua*, **34**, 76-78.
- CREUS, J., FERNÁNDEZ, A. y MANRIQUE, E. (1997): Dendrocronología y clima del último milenio en España. Aspectos metodológicos y avance de resultados. *In* Ibañez, J. (Edt): El paisaje mediterráneo a través del espacio y del tiempo, *Geoforma*, pp. 311-330.

FERNÁNDEZ, A. GÉNOVA, M. CREUS, J. y GUTIÉRREZ, E. (1996): Dendroclimatological investigation covering the last 300 years in Central Spain. Radiocarbon, 181-190

GÉNOVA, M, FERNÁNDEZ, A. y CREUS, J. (1993): Diez series de anillos de crecimiento en los sistemas Carpetano e Ibérico. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales, vol 2(2), 151-172.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto CLI96-1862, financiado por la CICYT.