

UNA ADAPTACION DEL MODELO DE SHARPE A LA EVALUACION DEL RIESGO DE LOS CULTIVOS

APLICACION A CULTIVOS DE SECANO DE LA ZONA DEL DUERO

Por

RAMON ALONSO-SEBASTIAN y JOSE ENRIQUE RODRIGUEZ BARRIO (*)

S U M A R I O

I. INTRODUCCION.— II. ADAPTACION DEL MODELO DE SHARPE AL CALCULO DEL RIESGO DE LOS CULTIVOS.— III. APLICACION DEL MODELO A LOS CULTIVOS HERBACEOS DE SECANO DE LA ZONA DEL DUERO: III.1. DATOS BASICOS. III.2. PLANTEAMIENTO DEL MODELO Y RESULTADOS. III.3. CONCLUSIONES.

I. INTRODUCCION

Los rendimientos de los cultivos varían normalmente en cada campaña, y suelen hacerlo en función de la presencia, ausencia y mayor o menor utilización de ciertos factores, ya controlables (abonos, semillas, riegos...), ya incontrolables (fenómenos meteorológicos, plagas, enfermedades...). En definitiva, los rendimientos de los cultivos no son constantes, son variables, y más exactamente variables aleatorias. Es decir, variables que asumen unos valores con ciertas probabilidades y quedan definidas estadísticamente cuando se conoce su función de densidad. Las fluctuaciones de los

(*) Del Departamento de Economía de la Empresa Agraria (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid)

rendimientos pueden medirse a través de distintos estadísticos como el recorrido, la desviación media, o la cuadrática, o la varianza. De todos modos, es, sin duda la varianza el índice más utilizado como medida de la dispersión de los rendimientos respecto del valor medio obtenido durante un período de tiempo. La varianza puede calcularse sobre cualquiera de los siguientes valores: rendimiento de cada cultivo (R_{jt}), desviaciones de los rendimientos respecto a su tendencia ($R_{jt} - R_j$) desviaciones sucesivas ($R_{jt} - R_{j,t-1}$), o desviaciones sucesivas relativas ($R_{jt} - R_{j,t-1} / R_{j,t-1}$). Y se utiliza como un indicador del riesgo de los rendimientos de los cultivos. Así, si la varianza del rendimiento de un cultivo es pequeña, indica que tal cultivo es poco arriesgado, lo que estadísticamente significa que las oscilaciones del rendimiento del cultivo en torno a su rendimiento medio van a ser pequeñas. En caso contrario, es decir, si las oscilaciones son grandes, el cultivo será más arriesgado y por consiguiente la varianza del rendimiento será mayor.

Hasta ahora nos hemos referido al rendimiento físico de los cultivos que da lugar al riesgo físico o técnico. Pero el empresario agrario, asume también otro tipo de riesgo, el riesgo económico debido a las fluctuaciones del precio de los productos, variable también aleatoria en razón de la situación de los mercados, variedad de que se trate, calidad...

Cuando el empresario trate de armonizar los objetivos del binomio rentabilidad-riesgo (1) buscando las alternativas de cultivos óptimas, puede recurrir directamente a los modelos de programación bajo condiciones de riesgo (2). Pero en tal caso se pasa por alto el explicar con detalle la naturaleza del riesgo de cada cultivo. Nosotros pensamos que dada la persistente sequía en nuestro país en los últimos años, sería de interés analizar el riesgo de los rendimientos de los cultivos de secano en base a un índice pluviométrico que nos permitiese conocer la elasticidad del rendimiento de cada cultivo con respecto a las precipitaciones.

De otra parte, podríamos profundizar en el análisis del riesgo de cada cultivo, caracterizando la parte de riesgo derivada de las precipitaciones y aquella otra debida a otros

(1) Sobre el particular puede verse el trabajo de J. E. RODRIGUEZ BARRIO relativo al análisis del riesgo en las empresas multifuncionales (11).

(2) Su planteamiento y aplicación a cultivos herbáceos puede verse en R. ALONSO (1). Otro planteamiento a plantaciones frutales se encuentra en C. ROMERO (12).

factores, cuestión que, como ya apuntamos, se pasa por alto en los modelos de programación de cultivos en situación de riesgo.

El analizar el riesgo de los rendimientos de los cultivos vinculándose al nivel de precipitaciones, es un problema que está sobre el tapete, y creemos que su conocimiento será de gran interés como base informativa adicional para la fijación de precios agrarios. De otra parte, además de estudiar el período crítico de necesidades hídricas de cada cultivo, el análisis del riesgo apuntado también sirve de base para establecer con rigor las primas de los seguros en cada cultivo.

El problema planteado, pensamos que podría abordarse adaptando el modelo diagonal de SHARPE (15) a nuestra problemática concreta. En esta línea se orienta el presente trabajo, y se aplica a los principales cultivos de secano de la zona Duero en España, utilizando un índice pluviométrico cuya elaboración por cultivo se detalla en las próximas páginas. De esta forma, se llega a una clasificación de cultivos en la zona de acuerdo con su sensibilidad a las variaciones del índice pluviométrico, al propio tiempo se determina el riesgo total de cada cultivo cuantificando la parte de riesgo sistemático y la correspondiente al riesgo específico.

II. ADAPTACION DEL MODELO DE SHARPE AL CALCULO DEL RIESGO DE LOS CULTIVOS

La idea del modelo de mercado que SHARPE aplicó al mundo de la Bolsa es adaptable al campo de la producción agraria con ligeras matizaciones. Con este modelo se intenta explicar las variaciones del rendimiento (físico o económico) de los cultivos por medio de las variaciones experimentadas por un índice o grupo de índices directamente relacionados con ellos.

Frente al índice general de la Bolsa, utilizado por Sharpe para las acciones bursátiles, nosotros proponemos un índice climático como el más adecuado para explicar las variaciones en el rendimiento de los cultivos. En el caso de los cultivos de secano, el índice propuesto es un índice pluviométrico y en base a esta hipótesis desarrollaremos el modelo.

Las variables utilizadas en el planteamiento del modelo adaptado de Sharpe son:

$R_{j,t}$ = tasa de variación del rendimiento del cultivo j en el período t .

$I_{p,t}$ = tasa de variación del índice p elegido durante el período t .

$e_{j,t}$ = error o perturbación aleatoria que expresa lo que falta de explicar de $R_{j,t}$, mediante el modelo elegido. Esta variable representa la variación de $R_{j,t}$ que no es imputable a las variaciones de $I_{p,t}$, sino a características específicas de los propios cultivos, o a factores distintos del índice $I_{p,t}$.

En principio desarrollando el planteamiento, con la hipótesis de linealidad entre las variaciones de $R_{j,t}$ y el índice seleccionado, se puede formular el modelo del siguiente modo (3):

$$R_{j,t} = a_j + b_j I_{p,t} + e_{j,t} \quad [1]$$

En donde, la interpretación de los parámetros del modelo es la que sigue:

a_j = Ordenada en el origen de la ecuación lineal. Es una medida de la tasa del rendimiento del cultivo j ésimo que es independiente de las variaciones del índice $I_{p,t}$.

b_j = Es la elasticidad del rendimiento del cultivo j respecto al índice $I_{p,t}$. Representa el cociente entre las variaciones porcentuales de los rendimientos de los cultivos y las variaciones porcentuales del índice pluviométrico elegido. Mide la sensibilidad del cultivo a las variaciones del índice pluviométrico elegido. Cuanto mayor sea b_j más sensible es el rendimiento del cultivo j a las variaciones del índice $I_{p,t}$ (4).

A partir de [1] podemos calcular la varianza de la tasa de variación de los rendimientos. Para ello, utilizaremos la siguiente notación:

$\sigma_{R_{j,t}}^2$ = varianza de la tasa de variación de los rendimientos de los cultivos.

$\sigma_{I_{p,t}}^2$ = varianza de la tasa de variación del índice elegido.

$\sigma_{e_{j,t}}^2$ = varianza de la perturbación aleatoria $e_{j,t}$.

Con relación a $e_{j,t}$, es necesario hacer las siguientes hipótesis:

(3) Una explicación desarrollada de este planteamiento puede verse en ROJAS (1987) (13).

(4) En el mercado bursátil este coeficiente se conoce con el nombre de volatilidad del título

a) La esperanza matemática de $e_{j,t}$ es nula, al existir factores que actúan de forma positiva unos y de forma negativa otros. Ello lleva a considerar

$$E [e_{j,t}] = 0$$

b) La varianza de $e_{j,t}$, que cuantifica el riesgo específico de cada cultivo, debe ser, en principio, diferentes para cada uno de ellos

$$\sigma_{e_{i,t}}^2 = \sigma_{e_{j,t}}^2$$

c) No existe correlación entre las perturbaciones aleatorias de los cultivos, es decir:

$$\text{cov} (e_{i,t} , e_{j,t}) = 0$$

d) La correlación entre las perturbaciones aleatorias, y el índice I_{pt} son:

$$\text{cov} (e_{jt} , I_{pt}) = 0$$

e) Las perturbaciones aleatorias siguen una distribución normal (de acuerdo con el teorema central del límite), es decir:

$$e_{jt} \sim N (0, \sigma_{e_{jt}}^2)$$

En base a ellas calculamos la varianza de [1] que será:

$$\sigma_{R_{jt}}^2 = b^2 \sigma_{I_{pt}}^2 + \sigma_{e_{jt}}^2$$

La interpretación [2] es la siguiente: la varianza de las variaciones de los rendimientos de los cultivos (*riesgo total del cultivo j*, $\sigma_{R_{jt}}^2$) es igual a la suma de la varianza del índice de comparación ($I_{jt pt}$) multiplicado por b^2 (*riesgo sistemático del cultivo j* y que expresa el riesgo atribuible a las variaciones del índice) más la varianza de la perturbación aleatoria (*riesgo específico* que es el explicado por las variaciones del índice, y que depende por tanto, de las características del cultivo correspondiente). En resumen:

$$\text{RIESGO TOTAL} = \text{RIESGO SISTEMATICO} + \text{RIESGO ESPECIFICO} \quad [3]$$

A veces, las variaciones de los rendimientos de los cultivos no pueden explicarse mediante las variaciones de un solo índice, o los valores de los coeficientes de correlación no son significativos. Por ello, se puede generalizar el modelo anterior utilizando varios índices. El planteamiento para el caso de dos índices sería el siguiente:

$$R_{jt} = a_j + b_j I_{p1t} + c_j I_{p2t} + e_{jt} \quad [4]$$

La interpretación y significado de los parámetros del modelo es idéntica a la expuesta para el caso de un solo índice. La varianza total viene dada por:

$$\sigma_{R_{jt}}^2 = b_j^2 \sigma_{I_{p1t}}^2 + c_j^2 \sigma_{I_{p2t}}^2 + \sigma_{e_{jt}}^2 \quad [5]$$

cuando se cumpla que $\beta_{11} \beta_{21} = 0$

Con ello se puede descomponer el riesgo sistemático en tantas componentes como índices intervienen en su cálculo.

III. APLICACION DEL MODELO A LOS CULTIVOS HERBACEOS DE SECANO DE LA ZONA DEL DUERO

III.1. DATOS BASICOS

Para aplicar el modelo de SHARPE al campo agrario hemos elegido a la zona Duero como marco de contrastación, a los cultivos de secano como elementos de la misma y a la década 1971-1980 como horizonte temporal.

Dentro de los cultivos comunes de la zona hemos seleccionado los más significativos, utilizando como medida de su importancia la superficie sembrada de los mismos durante el período de tiempo considerado. Al final, hemos seleccionado 14 cultivos, que agrupados por sus características agronómicas son:

- a) Cereales:
 - *Trigo*
 - *Cebada*
 - *Avena*
 - *Centeno*
- b) Leguminosas:
 - *Algarrobas*
 - *Garbanzos*
 - *Lentejas*
 - *Veza*
 - *Yeros*
- c) Tubérculos:
 - *Patata*
- d) Cultivos industriales:
 - *Remolacha azucarera*
 - *Girasol*
- e) Cultivos forrajeros:
 - *Alfalfa*
 - *Veza forrajera*

La superficie ocupada por estos cultivos supera al 90 por ciento de la superficie total destinada a cultivos herbáceos de secano en la zona seleccionada durante el período 1971/80. (Véase *cuadro n.º 1*).

Cuadro 1
SUPERFICIE OCUPADA POR LOS CULTIVOS SELECCIONADOS Y POR LOS CULTIVOS HERBACEOS DE LA ZONA DUERO
(En 000 de Has)

Cultivos	Años									
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
TRIGO	1022,63	999,07	901,18	884,93	771,93	786,28	778,29	747,84	636,26	779,26
CEBADA	668,43	669,78	777,56	867,17	964,41	1018,71	1026,50	1084,94	1094,18	1157,67
AVENA	110,03	115,20	120,43	121,92	119,22	120,78	106,66	107,29	89,18	105,87
CENTENO	116,25	109,00	112,00	111,16	110,39	109,83	122,21	117,71	115,30	114,26
ALGARROBAS	58,57	49,14	44,00	39,84	33,04	24,84	20,46	18,80	16,19	15,00
GARBANZOS	17,87	22,31	23,25	19,01	14,64	11,31	11,64	12,76	10,93	9,57
LENTEJAS	15,29	17,39	17,88	19,71	21,52	24,67	22,07	19,74	21,31	18,11
VEZA	26,85	25,12	18,32	21,13	19,82	16,31	11,62	9,96	8,72	8,16
YEROS	44,49	42,86	39,64	36,72	31,23	22,71	13,76	11,91	9,43	9,47
PATATA	36,01	35,54	31,61	31,24	31,14	30,60	30,50	25,42	22,92	22,75
REHOLACHA AZUCARERA	7,20	6,62	5,20	2,56	3,39	8,19	8,80	8,02	4,93	5,15
GIRASOL	3,66	8,45	16,35	37,31	134,50	48,88	67,78	69,64	79,98	67,21
ALFALFA	29,63	32,11	32,64	31,06	31,83	32,70	33,95	34,47	32,06	33,24
VEZA FORRAJERA	9,78	10,05	11,93	12,03	12,40	12,03	11,66	10,17	9,07	10,29
(1) TOTAL CULTIVOS SELEC.	2166,69	2172,62	2151,99	2235,79	2289,46	2267,84	2265,90	2298,43	2150,51	2357,01
(2) TOTAL CULTIVOS HERBACEOS DE LA ZONA	2310,9	2329,7	2340,7	2363,7	2348,2	2380,9	2322,2	2353,6	2206,7	2417,6
(1)/(2) x 100	93,77	93,26	91,94	94,39	97,92	95,25	97,58	97,66	97,45	97,49

Para el período base hemos calculado los rendimientos medios de los cultivos seleccionados (*cuadro n.º 2*). A continuación, probamos un conjunto de índices (uno o varios conjuntamente) y que por tratarse de cultivos de secano son índices pluviométricos particularizados para el período o períodos de tiempos en los que es crítica la falta de agua. Al tener los cultivos seleccionados necesidades hídricas diferentes y tiempo, y ser su permanencia en el terreno distinta, se hizo necesario probar índices diferentes para cada grupo de cultivos. Para la aplicación de los índices recopilamos en el cuadro n.º 3 la pluviometría media mensual de la zona Duero en la década 1971-1980.

III.2. PLANTEAMIENTO DEL MODELO Y RESULTADOS

En principio, diferenciamos dentro de los cultivos, cereales y leguminosas, por un lado, y el resto por otro.

Para aplicar el modelo formulado en el S2, calculamos las tasas de variación de los rendimientos y del índice pluviométrico mediante las siguientes expresiones:

$$\frac{R_{j,t} - R_{j,t-1}}{R_{j,t-1}} \times 100 ; \frac{I_{p,t} - I_{p,t-1}}{I_{p,t-1}} \times 100$$

que aparecen en los cuadros n.º 5 y n.º 6. Las variantes del índice pluviométrico utilizado se reseñan en el cuadro n.º 4.

A continuación se procedió a la realización de los ajustes mínimo-cuadráticos del modelo:

$$R_{j,t} = a + b \cdot I_{p,t} + e_{j,t} \quad [6]$$

en donde $I_{p,t}$ representa los índices seleccionados. Para cereales y leguminosas los índices ensayados fueron el 2, 4, 5, 6, 7, junto con el 17 del cuadro n.º 4. Los resultados de los ajustes se recogen en el cuadro n.º 7.

Cuadro 2
RENDIMIENTO MEDIO DE LOS CULTIVOS EN LA ZONA DUERO
 (Qms./Ha.)

CULTIVOS	AÑOS	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
TRIGO		13,34	11,82	12,99	13,59	14,81	12,12	15,26	15,75	12,80	21,82
		22,91	19,48	20,46	18,11	22,32	12,95	26,17	23,37	16,90	27,81
		12,01	9,96	11,54	10,59	12,72	7,07	14,45	14,64	11,30	18,49
		8,11	7,77	8,50	8,94	9,40	9,24	9,73	10,96	10,00	14,38
ALGARROBAS		6,83	6,45	7,10	6,11	7,30	4,78	5,85	6,53	6,72	8,84
		5,20	6,88	6,80	7,09	6,17	5,52	6,42	7,18	7,69	8,26
		8,32	8,17	7,90	7,84	9,52	5,52	12,10	11,94	6,26	9,40
		6,64	7,37	7,30	7,17	8,74	5,04	11,44	13,39	12,29	11,72
		7,75	7,99	8,40	6,93	8,22	4,03	10,32	11,63	11,00	11,31
PATATA		93,59	106,40	100,30	113,74	103,98	115,35	111,08	86,67	107,48	87,15
		204,38	175,85	121,20	139,27	188,40	150,37	145,39	144,55	145,93	141,45
REMOLACHA AZUCARERA		5,55	6,40	7,30	7,04	4,32	6,92	8,58	6,54	6,32	5,82
		129,34	163,25	161,5	159,61	159,93	137,39	143,26	140,91	149,10	139,72
VEZA FORRAJERA		116,65	159,53	153,8	133,50	133,11	104,55	135,59	141,85	130,30	142,52

Fuente: "Anuarios de la Producción Agraria". Ministerio de Agricultura. Varios Años

Cuadro 3
PLUVIOMETRIA MEDIA MENSUAL DE LA ZONA DUERO
 (litros/m²)

	1.971	1.972	1.973	1.974	1.975	1.976	1.977	1.978	1.979	1.980
ENERO	60,17	46,44	27,56	55,00	36,89	8,00	76,00	52,56	63,22	22,33
FEBRERO	3,99	80,00	8,22	34,89	27,89	28,56	54,11	54,44	91,22	35,22
MARZO	29,76	41,56	21,78	42,33	34,22	21,33	15,00	22,33	61,89	43,22
ABRIL	107,52	14,44	8,78	38,22	46,89	53,67	29,11	59,89	29,22	56,67
MAYO	100,38	64,33	71,56	23,67	56,11	28,67	52,22	56,00	28,44	67,22
JUNIO	55,19	42,11	43,33	64,67	40,11	27,89	69,56	48,56	29,56	27,33
JULIO	49,28	14,44	19,00	19,33	0,56	47,44	34,89	0,11	40,56	7,00
AGOSTO	7,97	22,44	17,78	9,44	22,56	37,22	29,56	10,00	8,89	29,78
SEPTIEMBRE	11,03	58,67	5,11	4,11	45,89	59,22	9,33	15,00	29,67	16,11
OCTUBRE	22,64	74,67	35,67	10,78	13,78	52,00	68,78	16,89	92,11	36,44
NOVIEMBRE	18,73	29,89	39,44	52,56	32,56	47,22	18,56	31,44	25,78	43,22
DICIEMBRE	15,97	46,78	37,78	5,56	31,00	50,89	80,67	114,22	29,22	8,78

Fuente: Elaboración propia a partir de los Resúmenes Anuales del Boletín Meteorológico Diario.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Varios años.

Cuadro 4

INDICES PLUVIOMETRICOS UTILIZADOS

Indice	Significado
1	Tasa de variación de la pluviometría de abril
2	Tasa de variación de la pluviometría de mayo
3	Tasa de variación de la pluviometría de junio
4	Tasa de variación de la pluviometría de abril y mayo
5	Tasa de variación de la pluviometría de abril+mayo+ +junio
6	Tasa de variación de la pluviometría de mayo y junio
7	Tasa de variación de la pluviometría de abril, mayo y noviembre del año anterior.
8	Tasa de variación de la pluviometría de julio
9	Tasa de variación de la pluviometría de agosto
10	Tasa de variación de la pluviometría de septiembre
11	Tasa de variación de la pluviometría de mayo a agosto
12	Tasa de variación de la pluviometría de mayo a septiembre
13	Tasa de variación de la pluviometría de mayo a octubre
14	Tasa de variación de la pluviometría de junio a agos to
15	Tasa de variación de la pluviometría de julio y agosto
16	Tasa de variación de la pluviometría de agosto y septiembre
17	Tasa de variación de la pluviometría media del año

Cuadro 5
VARIACIONES PORCENTUALES DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS

CULTIVOS	72/71	73/72	74/73	75/74	76/75	77/76	78/77	79/78	80/79
TRIGO	-11,39	9,90	4,62	8,98	-18,16	25,91	3,21	-18,73	70,47
CEBADA	-14,97	5,03	-11,49	23,25	-41,98	102,08	-10,70	-27,69	64,56
AVENA	-17,07	1,59	- 8,23	20,11	-44,42	104,38	1,31	-22,81	63,63
CENTENO	- 4,19	9,40	5,18	5,15	- 1,70	5,30	12,64	- 8,76	43,80
ALGARROBAS	- 5,56	10,08	-13,94	19,48	-34,52	22,38	11,62	2,91	31,55
GARBANZOS	32,31	-1,16	4,26	-12,98	-10,53	16,30	11,84	7,10	7,41
LENTEJAS	-1,80	-3,30	-0,76	21,43	47,48	125,00	1,32	-47,57	50,16
VEZA	10,99	-0,95	-1,78	21,90	-42,33	126,98	17,05	- 8,22	-4,64
YEROS	3,10	5,13	-17,50	18,60	-50,97	156,08	12,69	- 5,42	2,82
PATATA	13,26	-5,73	13,40	-9,39	10,93	-3,70	-21,98	18,31	2,27
REMOLACHA AZUC.	-13,96	-31,08	14,91	35,28	-20,19	-3,31	- 0,58	0,97	-3,07
GIRASOL	15,32	14,06	-3,56	-38,64	60,19	23,99	-24,13	-2,92	-7,91
ALFALFA	26,22	-1,07	-1,18	0,20	-14,09	4,27	-1,64	-5,81	-6,29
VEZA FORRAJERA	36,76	-3,59	-13,20	-0,29	-21,46	29,69	4,62	-8,14	9,33

Cuadro 6
VARIACIONES PORCENTUALES DE LOS INDICES PLUVIOMETRICOS

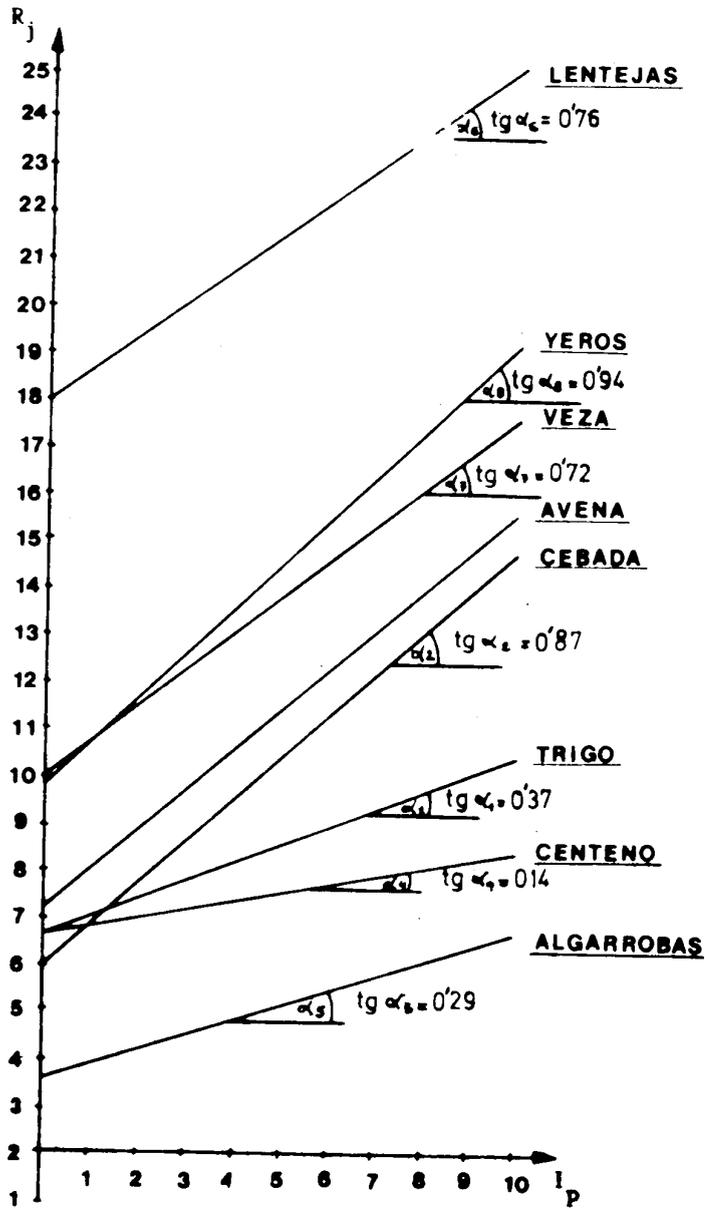
Indice	Significado	72/71	73/72	74/73	75/74	76/75	77/76	78/77	79/78	80/79
1	Tasa de variación de la pluviometría de abril	-86,57	-39,20	335,31	22,68	14,46	-45,76	105,74	-51,21	93,94
2	Tasa de variación de la pluviometría de mayo	-35,91	11,22	-66,93	137,09	-48,91	82,17	7,34	-49,21	136,33
3	Tasa de variación de la pluviometría de junio	-23,70	2,82	49,25	-37,98	-30,47	149,41	-30,19	-39,13	-7,54
4	Tasa de variación de la pluviometría de abril y mayo a junio	-62,11	1,97	-22,96	66,43	-20,06	-1,21	42,49	-50,24	114,34
5	Tasa de variación de la pluviometría de mayo y junio	-54,05	2,90	-6,65	23,97	-22,98	36,90	8,98	-45,96	73,32
6	Tasa de variación de la pluviometría de abril, mayo y noviembre del año anterior	-31,58	7,93	-32,79	24,60	-41,22	115,32	-14,14	-40,23	51,42
7	Tasa de variación de la pluviometría de julio	-60,36	13,04	-8,06	53,51	-26,14	11,90	4,58	-33,72	67,96
8	Tasa de variación de la pluviometría de agosto	-70,69	31,54	1,76	-97,13	84,40	-26,46	100	36,49	-82,74
9	Tasa de variación de la pluviometría de septiembre	181,73	20,79	46,88	138,82	65,02	-20,60	-77,44	-11,11	235,00
10	Tasa de variación de la pluviometría de mayo a agosto	431,72	-91,29	-19,57	1016,22	29,06	-84,24	60,71	97,78	-45,69
11	Tasa de variación de la pluviometría de mayo a septiembre	-32,65	5,81	-22,78	1,90	18,34	31,86	-38,42	6,30	22,23
12	Tasa de variación de la pluviometría de mayo a octubre	-9,76	-22,39	-22,68	36,30	21,32	-2,44	-33,69	5,74	7,54
13	Tasa de variación de la pluviometría de junio a agosto	11,98	-30,44	-31,41	35,61	41,03	4,71	-44,56	56,41	-19,78
14	Tasa de variación de la pluviometría de julio y agosto	29,74	1,41	16,64	-32,34	78,03	19,05	-56,22	34,66	-23,22
15	Tasa de variación de la pluviometría de agosto y septiembre	-35,56	0	-21,76	-19,69	266,35	-23,88	84,31	389,01	-25,62
16	Tasa de variación de la pluviometría media del año	326,90	-71,78	-40,78	80,19	40,91	-59,68	-32,86	47,66	19,02
17		15,68	-37,67	4,05	9,55	21,83	15,86	-3,55	1,61	-26,59

Del análisis de los mismos y tomando como media de la bondad del ajuste R^2 , vemos que la mayor explicación de las variaciones de los rendimientos viene dada en cada cultivo por los siguientes índices, que fijan sus períodos críticos:

CULTIVO	INDICE	PERIODO CRITICO QUE REPRESENTA
Trigo	5	abril, mayo y junio
Cebada	6	mayo + junio
Avena	6	mayo + junio
Centeno	4	abril + mayo
Algarrobas	2	mayo
Garbanzos	4 (*)	abril + mayo
Lentejas	6	mayo + junio
Veza	6	mayo + junio
Yeros	6	mayo + junio

(*) Muy poco significativo

De la misma manera, del análisis del *cuadro n.º 7* se deduce que el mejor índice común de comparación para cereales y leguminosas es el correspondiente a la pluviometría conjunta de mayo y junio (*cuadro n.º 6*). Con estos resultados podemos clasificar los cultivos de acuerdo con su sensibilidad a la dependencia de H_2O en el período crítico. A partir del *cuadro n.º 8* (resultados para el índice 6), construimos la *figura 1* donde la ordenada en el origen mide la tasa de variación del rendimiento, de los cereales y leguminosas de la zona, independientemente de las variaciones pluviométricas en el período crítico mayo + junio. Las restantes ordenadas de los puntos sobre las rectas de la *figura 1*, representan la tasa de variación del rendimiento en el cultivo correspondiente, pero ya en función de las variaciones del índice de precipitaciones (I_6) correspondiente al período bimensual mayo y junio. La pendiente de las rectas representadas en la *figura 1* (b) es, como ya se dijo, la elasticidad del rendimiento de cada cultivo con respecto a I_6 . Nótese que, como era de esperar, todas son positivas, lo que significa que al aumentar (disminuir) las precipitaciones aumentan (disminuyen) los rendimientos de los cultivos. Y en todos los casos la elasticidad es inferior a la unidad, lo que significa que la respuesta en las varianzas del rendimiento es menos que proporcional a las variaciones en las precipitaciones.



En el caso de los cereales, son la cebada y la avena los cultivos más sensibles a las precipitaciones; si éstas aumentasen, por ejemplo, un 10 por ciento, según el modelo los rendimientos de la cebada se incrementarían un 8,7 por ciento, y en el caso de la avena, casi lo mismo un 8,6 por ciento. Para el trigo, el mismo aumento en las precipitaciones del período mayo + junio daría lugar a un aumento del 3,7 por ciento en el rendimiento, aumento que en el mismo supuesto sería únicamente del 1,4 por ciento para el centeno. Veamos, ahora, la sensibilidad en las leguminosas. Las más sensibles son los yeros y las menos las algarrobas. Si, por ejemplo —ahora cambiando nos referiremos a una disminución en las precipitaciones— las precipitaciones conjuntas de mayo y junio disminuyesen un 10 por ciento, el rendimiento de los yeros descendería un 9,4 por ciento y en el caso de las algarrobas, según el modelo, la baja sería del 2,9 por ciento. En el mismo supuesto el rendimiento de las lentejas disminuiría un 7,6 por ciento, disminución que sería del 7,2 por ciento para la veza.

Así pues, en base al modelo la ordenación de los cereales en la zona Duero según su mayor o menor sensibilidad a las precipitaciones durante el período mayo + junio, será:

Cebada > Avena > Trigo > Centeno

Tal ordenación para las leguminosas, es la siguiente:

Yeros > Lentejas > Veza > Algarrobas

La ordenación conjunta para todos los cultivos herbáceos en seco de la zona Duero es la que se indica a continuación:

Yeros > Cebada > Avena > Lentejas > Veza > Trigo > Algarrobas > Centeno

Empieza con los yeros, los más sensibles, y termina con el centeno, el menos sensible a la varianza en las precipitaciones de mayo y junio.

En una etapa posterior descompusimos el índice 6, haciendo intervenir el escalonamiento de la pluviometría o lo que es lo mismo, considerando por separado la pluviometría de mayo y junio. De igual forma hicimos con los índices 4 y 5, introduciendo los escalonamientos correspondientes.

Los resultados obtenidos en estos casos aparecen en el cuadro n.º 9. De su análisis se desprende la consecución de

Cuadro 7
RESULTADOS OBTENIDOS EN CEREALES Y LEGUMINOSAS

INDICES CULTIVOS	2		4		5		6		7		17	
	R ²	F	R ²	F	R ²	F						
TRIGO	0'59	10'15	0'65	13'06	0'83	37'21	0'51	7'33	0'66	13'75	-0'28	2'79
CERADA	0'61	11'10	0'27	2'64	0'63	12'16	0'96	188'07	0'41	4'80	0'03	0'21
AVENA	0'58	9'60	0'28	2'65	0'63	12'16	0'95	130'94	0'39	4'52	-0'03	0'20
CENIZO	0'42	5'11	0'75	20'90	0'73	18'86	0'22	1'95	0'61	11'05	0'39	4'55
ALGARROBAS	0'69	15'29	0'45	5'79	0'51	7'31	0'55	8'55	0'52	0'75	-0'24	2'25
GARBANZOS	-0'04	0'26	0'12	0'97	0'05	0'38	0'01	0'56	-0'21	1'82	0'09	0'01
LENTIJAS	0'28	2'67	0'10	0'81	0'38	4'30	0'66	13'78	0'14	1'16	0'06	0'43
VEZA	0'18	1'58	0'01	0'02	0'14	1'12	0'67	14'05	0'04	0'26	0'04	0'31
YEROS	0'22	2'01	0'01	0'06	0'17	1'47	0'75	20'50	0'05	0'40	0'02	0'12

Cuadro 8

RESULTADOS DE LOS AJUSTES DEL TIPO: $R_j = a_j + b_j I_6 + e_{jt}$

j	CULTIVO	a_j	b_j	F	R
1	TRIGO	6,68	0,37	7,33 ^u	0,72 ^v
2	CEBADA	5,99	0,87	188,07 ^w	0,98 ^w
3	AVENA	7,20	0,86	130,94 ^w	0,97 ^w
4	CENTENO	6,83	0,14	1,95 ^u	0,47 ^u
5	ALGARROBAS	3,63	0,29	8,55 ^u	0,74 ^v
6	LENTEJAS	18,03	0,76	13,78 ^v	0,81 ^v
7	VEZA	10,06	0,72	14,05 ^v	0,82 ^v
8	YEROS	9,73	0,94	20,51 ^v	0,86 ^w

u = nivel de significatividad inferior al 0,1

v = nivel de significatividad superior al 0,01

w = nivel de significatividad superior al 0,001

Cuadro 9

RESULTADOS OBTENIDOS EN CEREALES Y LEGUMINOSAS EN EL CASO DE VARIOS INDICES

INDICES CULTIVOS	2 y 3		1, 2, 3		1 y 2	
	R ²	F	R ²	F	R ²	F
TRIGO	0'63	5'20	0'72	4'30	-	-
CEBADA	0'96	68'82	-	-	-	-
AVENA	0'94	46'77	-	-	-	-
CENTENO	0'42	2'19	-	-	0'585	4'23
ALGARROBAS	0'70	6'81	-	-	-	-
GARBANZOS	0'13	0'44	-	-	-	-
LENTEJAS	0'69	6'64	-	-	-	-
VEZA	0'75	8'99	-	-	-	-
YEROS	0'77	10'20	-	-	-	-

un notable incremento del valor de R^2 , por la introducción del escalonamiento.

Para los otros cultivos (tubérculos, cultivos industriales, y forrajeros) el planteamiento es, en principio, más complejo, ya que debe pensarse que existen otras causas de variación de los rendimientos distintas de las del índice pluviométrico, o bien, una mayor dificultad para definir los períodos hídricos críticos. Para intentar lograr resultados más satisfactorios se han seguido las siguientes fases:

- 1.º) Utilización de los mismos índices que los empleados en el caso de cereales y leguminosas (2, 4, 5, 6, 7, 17, 2 y 3).
- 2.º) Utilización de otros índices distintos (11 a 16).
- 3.º) Utilización de varios índices, para cuantificar la influencia del escalonamiento. Este se lleva a cabo para varios períodos mensuales que puedan dar una mayor explicación que uno solo.

Los resultados obtenidos para las dos primeras fases figuran en el *cuadro n.º 10* y los relativos a la tercera en el *cuadro n.º 11*.

A la vista de ello, los períodos críticos de los cultivos son:

CULTIVO	INDICE	PERIODO CRITICO QUE REPRESENTA
Patata	14	junio + julio + agosto
Remolacha azucarera ..	8, 9, 10	julio, agosto y septiembre
Girasol	14	junio + julio + agosto
Alfalfa	16	agosto + septiembre
Veza forrajera	3, 8, 9	junio, julio y agosto

no existiendo ningún índice para la explicación conjunta de las variaciones de los cultivos forrajeros, industriales y tubérculos.

III.3. CONCLUSIONES

Los mejores ajustes obtenidos, para todos los cultivos se resumen en el *cuadro n.º 12*, figurando los coeficientes de dichos ajustes y su R^2 . De estos datos se han excluido los ajustes correspondientes a los garbanzos que tienen una significatividad escasa frente al resto de los demás cultivos. Los valores, tanto a nivel cuantitativo como a nivel porcentual, de los riesgos relativos a las variaciones de los rendimientos

Cuadro 10

RESULTADOS CORRESPONDIENTES A TUBERCULOS, CULTIVOS INDUSTRIALES Y FORRAJEROS CUANDO SE UTILIZA UN UNICO INDICE

a) Indices iguales a los utilizados para los cereales y leguminosas:

Cultivos	2		4		5		6		7		17		2 y 3	
	R ²	F												
PATATA	+0,30	2,99	+0,38	4,26	0,30	3,03	0,19	1,60	+0,31	3,23	0,09	0,64	0,30	1,29
REMOLACHA AZUCARERA GIRASOL	0,14 0,20	1,13 1,73	0,11 0,26	0,88 2,45	0,06 0,76	0,44 1,10	0,01 0,00	0,01 0,05	0,16 0,25	1,30 2,34	0,09 0,08	0,71 0,61	0,15 0,30	0,52 1,30
ALFALFA VEZA FORRAJERA	+0,01 0,11	0,02 0,85	-0,11 0,00	1,03 0,01	0,10 0,01	0,77 0,01	0,00 0,27	0,02 2,53	0,15 0,01	1,23 0,03	0,04 0,02	0,32 0,11	0,03 0,22	0,07 0,83

b) Indices diferentes a los utilizados en cereales y leguminosas:

Cultivos	16		14		15		11		12		13	
	R ²	F	R ²	F	R ²	F	R ²	F	R ²	F	R ²	F
PATATA	0,04	0,33	0,63*	11,73	0,37	4,15	0,00	0,01	0,04	0,32	0,25	2,37
REMOLACHA AZUCARERA GIRASOL	0,00 0,00	0,00 0,02	0,19 *0,74	1,59 19,45	0,03 0,16	0,21 1,35	0,02 0,16	0,15 1,36	0,14 0,00	1,14 0,02	0,03 0,06	0,19 0,45
ALFALFA VEZA FORRAJERA	0,49* 0,21	6,60 1,90	0,01 +0,04	0,03 0,30	0,22 *0,27	1,98 2,59	+0,20 0,01	1,80 0,02	0,07 +0,03	0,54 0,20	0,01 *0,02	0,06 0,12

Cuadro 11
**RESULTADOS CORRESPONDIENTES A TUBERCULOS, CULTIVOS INDUSTRIALES Y FORRAJEROS
 CUANDO SE UTILIZAN VARIOS INDICES**

Indice Cultivos	8-9		9-10		3-8-9		8-9-10	
	R ²	F						
Patata	0'32	1'41	0'18	0'62	0'37	0'96	0'37	0'97
Kemolacha azuc.	0'10	0'35	0'43	2'22	0'11	0'21	0'50*	1'65
Girasol	0'44	2'39	0'27	1'10	0'70	3'91	0'63	2'90
Alfalfa	0'34	1'53	0'13	0'44	0'37	0'98	0'36	0'94
Veza forrajera	0'36	1'69	0'04	0'16	0'44*	1'30	0'36	0'95

de los cultivos y de los índices pluviométricos aparecen recogidos en el *cuadro n.º 13*.

Como se ve en el *cuadro n.º 12*, la elasticidad del rendimiento del trigo con respecto al índice pluviométrico del período conjunto abril + mayo + junio es 0,62, lo cual significa que si la pluviometría de tal período aumentase (disminuyese), por ejemplo, un 10 por ciento el rendimiento del trigo se incrementaría (disminuiría) un 6,2 por ciento. En el caso de la cebada, la elasticidad es de 0,87 para el período mayo-junio, como ya comentamos en líneas anteriores. Al trabajar con dos índices, uno relativo a la pluviometría de mayo y el otro a la de junio, tenemos dos elasticidades del rendimiento para la cebada, 0,45 y 0,40, cuyo significado es el siguiente: si, por ejemplo, las precipitaciones en mayo aumentan un 10 por ciento, el rendimiento de la cebada se elevaría un 4,5 por ciento; en cambio el mismo aumento de las precipitaciones (un 10 por ciento) pero en el mes de junio aumentaría, según el modelo, el rendimiento de la cebada un poco menos, el 4 por ciento. En la avena, la elasticidad, con respecto a la pluviometría de mayo + junio es 0,86 y de 0,46 con respecto al índice pluviométrico de mayo, algo menos de 0,38, con respecto al índice aislado de junio. La elasticidad del rendimiento del centeno, es de las más bajas al trabajar con el modelo monoíndice, de 0,14 con respecto al índice pluviométrico conjunto de abril + mayo.

Dentro ya del grupo de las leguminosas grano, los mejores resultados (parte derecha del *cuadro n.º 12*) se han logrado con el modelo biíndice, que escalona las precipitaciones mensuales de mayo y junio. Las elasticidades de sus rendimientos con respecto a las precipitaciones en el mes de mayo son de mayor a menor: yeros 0,70, veza 0,58, lentejas 0,52 y algarrobas 0,03. Con respecto a la pluviometría de junio, se altera la ordenación anterior que resulta ser: lentejas 0,26, yeros 0,25, algarrobas 0,21 y veza 0,18.

En el grupo de los otros cultivos, el modelo inicial resultó aplicable a la patata, girasol y alfalfa. En la patata y girasol se utilizó el mismo índice pluviométrico, el conjunto de junio + julio + agosto; mientras la elasticidad del rendimiento resultó ser 0,61 para el girasol, en la patata el modelo únicamente proporcionó una elasticidad de 0,26. Para la alfalfa, la elasticidad fue la más baja dentro del planteamiento monoíndice, tan solo 0,06 con respecto a la precipitación agregada de agosto y septiembre. En la veza forrajera y la remolacha

Cuadro 12

RESULTADOS DE LOS MEJORES AJUSTES OBTENIDOS

CULTIVO	UN SOLO INDICE			VARIOS INDICES						
	INDICE	R ²	a	b	INDICES	R ²	a	b	c	d
CEREALES	TRIGO	Pluviometría de abril+mayor+junio	0'83 ^z	7'28	0'62					
	CEBADA	Pluviometría de mayo+ junio	0'96 ^v	5'99	0'87	Pluviometría de mayo	0'96 ^z	0'45	0'45	0'40
	AVEÑA	Pluviometría de mayo+ junio	0'95 ^z	7'20	0'86	Pluviometría de mayo	0'94 ^z	1'89	0'46	0'38
	CENTENO	Pluviometría de abril+ mayo	0'75 ^z	6'83	0'14	Pluviometría de junio				
LEGUMINOSAS	ALGAPRODAS					Pluviometría de mayo	0'70 ^w	0'79	0'03	0'21
	LENTIJAS					Pluviometría de junio				
	VEZA					Pluviometría de mayo	0'69 ^w	14'50	0'52	0'26
	VEZAS					Pluviometría de junio	0'75 ^z	7'67	0'58	0'18
	FABA	Pluviometría de junio+ julio+agosto	0'63 ^w	-0'02	0'26	Pluviometría de mayo	0'77 ^z	6'44	0'70	0'25
OTROS CULTIVOS	REMOLACHA					Pluviometría de julio				
	AZUCARERA					Pluviometría de agosto				
	CIRASOL	Pluviometría de junio+ julio+agosto	0'74 ^z	-0'56	0'61	Pluviometría de sepbre	0'50 ^v	-4'05	0'00	0'04
	ALFALFA	Pluviometría de agosto	0'49 ^v	-2'12	0'06					
	VEZA FORRAJERA					Pluviometría de junio				
					Pluviometría de julio	0'44 ^u	4'15	0'10	-0'003	0'05

u = nivel de significatividad superior al 0,05
 v = nivel de significatividad superior al 0,02
 w = nivel de significatividad superior al 0,01
 z = n. vel de significatividad superior al 0,001

azucarera se trabajó con el modelo triíndice que utilizaba independientemente las pluviometrías de los meses de verano, julio, agosto y septiembre; para la remolacha, el modelo proporcionó la misma elasticidad en agosto y septiembre (0,04), y nula para el mes de julio, en este caso el rendimiento resulta ser independiente de las precipitaciones en tal mes. Con la veza forrajera las elasticidades resultaron ser: 0,1, -0,003 y 0,05 correspondientes correlativamente a los índices pluviométricos de junio, julio y agosto.

Y ya en lo referente al riesgo debido a las oscilaciones de la tasa de rendimiento de los cultivos, es importante señalar que en líneas generales son más arriesgadas las leguminosas que los cereales, salvo el caso de las algarrobas cuyo riesgo total (varianza) es de 369 (*cuadro n.º 13*). El grupo de otros cultivos, donde incluíamos los industriales (remolacha azucarera y girasol), algunos forrajeros (alfalfa y veza) y la patata, es en general, el de menor riesgo en los rendimientos. En este grupo, fitotécnicamente heterogéneo, el mayor riesgo lo presenta el girasol (738) y el menor la alfalfa (109). Curiosamente, en los tres grupos de cultivos con los que se ha trabajado, su ordenación por la importancia del riesgo sistemático no es coincidente con la anteriormente apuntada y referida al riesgo total. El riesgo sistemático —aquí el provocado por las precipitaciones— es más importante en los cereales, oscilando entre el 73 por ciento (centeno) y el 84 por ciento (trigo) del riesgo total. Siguen luego las leguminosas, en las que tal riesgo fluctua grosso modo entre el 69 por ciento (lentejas) y el 77 por ciento (en los yeros) del riesgo total. Para los otros cultivos, el riesgo sistemático fluctua entre el mínimo de la patata (37 por ciento) y el máximo del girasol que supone el 73,5 por ciento del riesgo total. La parte del riesgo no atribuible a las precipitaciones, o riesgo específico, aparece también detallada, en términos absolutos y relativos en el *cuadro n.º 13*.

Cuadro 13
DISTRIBUCION DEL RIESGO TOTAL ENTRE RIESGO SISTEMATICO Y ESPECIFICO

CULTIVOS	RIESGOS			RIESGOS (%)		
	TOTAL	SISTEMATICO	ESPECIFICO	SISTEMATICO (%)	ESPECIFICO (%)	TOTAL (%)
TRIGO	670,68	564,48	106,20	84,16	15,84	100
CEBADA	1.921,29	1.841,04	80,25	95,82	4,18	100
AVENA	1.903,04	1.788,34	114,70	93,97	6,03	100
CENTENO	205,46	149,84	55,61	72,93	27,07	100
ALGARROBOS	369,18	256,28	112,90	69,42	30,58	100
LENTEJAS	2.115,21	1.456,32	658,90	68,85	31,15	100
VEZA	1.925,18	1.443,33	481,84	74,97	25,03	100
YEIROS	2.902,48	2.242,85	659,63	77,27	22,73	100
PATATA	155,51	58,12	97,39	37,37	62,63	100
REMOLACHA AZUCARERA	334,22	158,86	175,36	47,53	52,47	100
GIFASOL	738,07	542,72	195,35	73,53	26,47	100
ALFALFA	109,19	53,03	56,16	48,57	51,43	100
VEZA FORRAJERA	325,49	142,69	182,80	43,84	56,16	100

BIBLIOGRAFIA

- (1) ALONSO SEBASTIAN, R.: "Programación de Cultivos en Situaciones de riesgo y de Incertidumbre en Castilla la Vieja". *Revista de Estudios Agrosociales*, n.º 99, 1977.
- (2) BALLESTERO, E.: "Principios de Economía de la Empresa". Alianza Textos, 5.ª edición, 1980.
- (3) BANCO URQUIJO: "La Inversión Bursátil". Ed. Moneda y Crédito, 1974.
- (4) CABALLER, V.: "Calendarios eficientes". *Revista de Economía y Empresa*, n.º 3 y 4, 1979.
- (5) FRANCIS, J.C., ARCHER, S.J.
- (5) FRANCIS, J.C., ARCHER, S.H.: "Análisis y Gestión de Carteras de Valores". Ed. ICE, 1977.
- (6) GOULA, J.: "Análisis y Cálculo del Riesgo en el Mercado de Valores". Servicio de Estudios de la Banca Más Sardá, 1971.
- (7) MARKOWITZ, H.: "Teoría de la Financiación de la Empresa". Ed. Ariel, 1974.
- (8) MINISTERIO DE AGRICULTURA: "Anuarios de la Producción Agraria". Varios años.
- (9) MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: "Resumen Anual del Boletín Meteorológico Diario". Varios años.
- (10) OLMEDA, M.: "Dimensión Óptima del Almacenamiento de Frutas". *Revista de Economía y Empresa*, n.º 7, 1979.
- (11) RODRIGUEZ BARRIO, J.E.: "Una Reflexión en torno a la Actividad de la Empresa Multifuncional". *Boletín de Estudios Económicos*, n.º 104, 1978.
- (12) ROMERO, C.: "Una Aplicación del Modelo de Markowitz a la selección de Planes Óptimos de variedades de Manzanas en la Provincia de Lérida". *Revista de Estudios Agrosociales*, n.º 97, 1976.
- (13) ROMERO, C.: "Introducción a la Financiación Empresarial y al Análisis Bursátil". Alianza Universidad (en prensa).
- (14) ROSENFELD, F.: "L'évaluation des Actions". Ed. Dunod, 1975.
- (15) SHARPE, W.F.: "Teoría de Cartera y del Mercado de Capitales". Ed. Deusto, 1974.
- (16) SUAREZ, A.S.: "Decisiones Óptimas de Inversión y Financiación de la Empresa". Ed. Pirámide, 1980.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo ha sido la adaptación del modelo de Sharpe al campo de la producción agraria, y más concretamente al análisis del riesgo de cultivos de secano. El modelo se ha aplicado a los 14 cultivos herbáceos más importantes en la zona Duero (España) determinándose, los períodos críticos de cada cultivo en relación con el índice pluviométrico seleccionado en cada caso. Al mismo tiempo se han clasificado los cultivos de acuerdo con su sensibilidad a las variaciones del índice pluviométrico, cuantificando la elasticidad del rendimiento-precipitaciones en cada cultivo. También se clasifican los cultivos según la importancia del riesgo de los rendimientos; y se finaliza analizando el riesgo total de cada uno de ellos entre sus componentes de riesgo sistemático y riesgo específico.

RESUME

Ce travail a pour objectif l'adaptation du modèle de Sharpe au domaine de la production agricole et, plus précisément, l'analyse du risque de cultures non irriguées. On a appliqué le modèle aux 14 cultures herbacées les plus importantes dans la zone du Douro (Espagne) et on détermine les périodes critiques de chaque culture en relation avec l'indice pluviométrique choisi dans chaque cas. En même temps, on a classé les cultures suivant leur sensibilité aux variations de l'indice pluviométrique, en établissant l'élasticité du rendement suivant les précipitations dans chaque culture. On classe aussi les cultures selon l'importance du risque des rendements. On finit en analysant le risque total de chacune d'elles selon ses composants de risque systématique et de risque spécifique.

SUMMARY

The object of this work is the adaptation of the Sharpe model to the field of agrarian production, and more particularly to the analysis of the irrigation of unwatered land. The model has been applied to the 14 most important herbaceous crops in the Douro zone (Spain) by determining the critical periods for each crop in relation to the rainfall index selected in each case. At the same time the crops have been classified according to their sensibility to variations in the rainfall index, calculating the yield/rainfall elasticity for each crop.

The crops have also been classified according to the importance of risk in the yields; and finally the total risk of each of them is analysed between its components of systematic risk and specific risk.