



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO NACIONAL
DE METEOROLOGÍA

Nota Técnica número 5
del Servicio de Variabilidad y Predicción
del Clima (INM)

**CAPACIDAD PREDICTIVA
DE LAS RELACIONES ESTADÍSTICAS
ENTRE LOS VOLÚMENES
DE PRECIPITACIÓN
DE LAS CUENCAS DE LA PENÍNSULA
IBÉRICA Y LAS TEMPERATURAS
DE LA SUPERFICIE
DE LOS OCÉANOS ATLÁNTICO
Y PACÍFICO DEL PERÍODO 1946-1994**

Nota técnica n° 5
*del Servicio de Variabilidad
y Predicción del Clima del I.N.M.*

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Medio Ambiente ©

NIPO: 310-01-009-8
I.S.B.N.: 84-8320-141-0
Depósito Legal: M-6245-2001

Imprime: Centro de Publicaciones

Impreso en papel reciclado

**CAPACIDAD PREDICTIVA DE LAS RELACIONES
ESTADÍSTICAS ENTRE LOS VOLÚMENES DE
PRECIPITACIÓN DE LAS CUENCAS DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA Y LAS TEMPERATURAS DE LA
SUPERFICIE DE LOS OCÉANOS ATLÁNTICO Y
PACÍFICO DEL PERÍODO 1946-1994**

Nota Técnica núm. 5

Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima
Instituto Nacional de Meteorología



01 ABR 2001

**ELIA DíEZ MUYO
MARÍA LÓPEZ BARTOLOMÉ**

junio de 2000

INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. DATOS
3. RESULTADOS DEL ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES
 - 3.1- EOF DE LAS SST DEL PACIFICO
 - 3.2- EOF DE LAS SST DEL ATLANTICO
4. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CORRELACION CANONICA
 - 4.1- PACIFICO
 - 4.2- ATLANTICO
5. PREDICCIÓN DE LOS VOLUMENES DE PRECIPITACION A PARTIR DE LAS SST OBSERVADAS
6. VALIDACION DEL MODELO DE PREDICCIÓN
 - 6.1- ANALISIS ROC
7. VALOR ECONOMICO DE LAS PREDICCIÓNES
8. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

FIGURAS

1- INTRODUCCIÓN

La base científica en que se apoya la predicción estacional es que las anomalías de las condiciones de contorno de la atmósfera, que son, la menos en parte, predecibles para escalas de tiempo más largas que las de la predicción a corto plazo, pueden tener un impacto significativo sobre la variabilidad atmosférica.

El efecto de las anomalías de las temperaturas de la superficie del mar (SST) es hacer algunos regímenes de tiempo más probables que otros, por ejemplo, cambiando la probabilidad estadística de ocurrencia de situaciones de bloqueo sobre una región dada de la atmósfera (Palmer and Anderson, 1994).

Utilizando métodos estadísticos, se pueden buscar en los registros históricos, las relaciones entre anomalías atmosféricas regionales y anomalías de SST para la misma estación y con una o más estaciones de retardo. Cuando se encuentran relaciones significativas las anomalías de SST pueden ser usadas para predecir anomalías atmosféricas. Tales predicciones no son deterministas, los métodos estadísticos proporcionan una estimación, basada en la experiencia pasada de las anomalías atmosféricas regionales que probablemente ocurrirán.

El Análisis de Correlación Canónica (ACC), técnica estadística lineal multivariante ampliamente utilizada (Barnett and Preisendorfer, 1987; Barnston and Smith, 1996), se utiliza para explorar las relaciones entre las anomalías de SST de los océanos Atlántico y Pacífico (los campos predictores son cuasi-globales) y las anomalías de los volúmenes de precipitación de cada una de las cuencas de la Península Ibérica en el periodo 1946-1994.

Las correlaciones obtenidas son utilizadas para predecir y se valoran por validación cruzada, prediciendo cada año del registro con la ecuación obtenida del resto. La medida de la pericia que así se alcanza, se obtiene calculando las proporciones ROC y el valor económico para los terciles seco, normal y húmedo.

2- DATOS

Los datos de las SST proceden del GISST2.2 proporcionado por el centro Hadley. Son valores mensuales, con un grid regular latitud-longitud de 1°, del periodo Enero-1946 hasta Diciembre-1994. Las zonas elegidas son las siguientes:

- Pacífico: 60N-60S y 140E-70W
- Atlántico: 60N-50S y 80W-20E

Los datos de los volúmenes de precipitación (VP) de las cuencas en las que se divide la Península Ibérica (Pirineo Oriental (0), Norte (1), Duero (2), Tajo (3), Guadiana (4), Guadalquivir (5), Sur (6), Segura (7), Levante (8) y Ebro (9)) proceden del I.N.M. Son valores mensuales para el periodo Enero-1946 hasta Diciembre-1994.

A partir de las series mensuales se calculan las series de anomalías estacionales tanto para las SST como para los VP. Las estaciones que se consideran son las siguientes:

- Invierno: diciembre-enero-febrero (DEF) y enero-febrero-marzo (EFM)
- Transición del invierno a la primavera: febrero-marzo-abril (FMA)
- Primavera: marzo-abril-mayo (MAM) y abril-mayo-junio (AMJ)
- Transición de la primavera al verano: mayo-junio-julio (MJJ)
- Verano: junio-julio-agosto (JJA) y julio-agosto-septiembre (JAS)
- Transición del verano al otoño: agosto-septiembre-octubre (ASO)
- Otoño: septiembre-octubre-noviembre (SON) y octubre-noviembre-diciembre (OND)
- Transición del otoño al invierno: noviembre-diciembre-enero (NDE)

3- RESULTADOS DEL ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

La finalidad del análisis de componentes principales es la de simplificar la estructura de los datos, para poder explicar, en pocas componentes, la mayor parte de la información que contienen las variables.

Las componentes principales (Y) son una combinación lineal de las variables observables $\{X_i, i=1, \dots, n\}$, que tienen la propiedad de tener la máxima varianza. Se obtienen de la diagonalización de la matriz de covarianza

$$C=TD_\lambda T' \quad (TT'=T'T=1)$$

siendo D_λ la matriz diagonal $D_\lambda=\text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$. Entonces, las componentes principales son las combinaciones lineales de los vectores propios y de las variables observables

$$Y_i=t_{1i}X_1+\dots+t_{ni}X_n \quad i=1, \dots, n$$

cuya representación matricial es

$$Y=XT$$

y se verifica que:

- los vectores $(t_{1i}, \dots, t_{ni})'$ son ortonormales y se les llama funciones ortogonales empíricas (EOF)
- son los vectores propios de la matriz de covarianzas C, si $V_i=(t_{1i}, \dots, t_{ni})'$ entonces $CV_i=\lambda_i V_i$ siendo $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ los valores propios de C
- Las componentes principales Y_1, \dots, Y_n son variables aleatorias no-correlacionadas, cuyas varianzas son máximas

$$\text{var}(Y_1)=\lambda_1 \geq \text{var}(Y_2)=\lambda_2 \geq \dots \geq \text{var}(Y_n)=\lambda_n$$

El número de componentes principales que se retienen es el criterio establecido por Preisendorfer-Barnett.

3.1- EOF DE LAS SST DEL PACIFICO

Se obtienen de 10 a 12 componentes principales dependiendo de la estación que se considere, cuya varianza explicada para las distintas estaciones es la siguiente:

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMI	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CPI	26,6	22,9	20,6	21,1	21,4	23,9	24,4	27,7	33,9	38,5	35,9	31,6
CP2	13,6	14,0	13,7	12,8	11,4	9,2	11,7	12,5	10,9	9,0	11,6	12,5
CP3	8,3	9,6	9,5	7,7	7,6	8,7	8,9	7,3	6,8	6,2	6,6	8,5
CP4	5,7	6,1	6,2	6,2	6,3	6,6	6,6	7,1	6,2	6,0	6,3	5,5
CP5	5,5	5,4	5,7	5,8	5,2	5,1	5,4	5,9	5,3	5,0	4,4	4,5
CP6	3,8	4,5	4,4	4,6	4,5	4,5	3,9	4,2	4,5	4,1	3,5	3,9
CP7	3,6	3,9	4,1	4,2	4,0	4,2	3,8	3,9	3,9	3,1	3,3	3,3
CP8	3,0	3,1	3,6	3,6	3,6	3,4	3,2	3,2	2,8	2,9	2,9	2,8
CP9	2,8	2,9	3,0	3,5	3,2	3,1	2,8	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4
CP10	2,4	2,6	2,8	2,9	3,0	2,7	2,8	2,6	2,4	2,2		
CP11		2,5	2,5		2,7	2,5	2,6	2,2	2,2			
CP12					2,4	2,4						

La configuración espacial de la primera componente principal (EOF1), presenta un máximo en toda la zona del Pacífico ecuatorial en todas las estaciones y en la serie temporal se ven los años de ocurrencia del fenómeno ENSO (fig. 1).

3.2- EOF DE LAS SST DEL ATLANTICO

En el ACP se obtienen de 12 a 13 componentes principales dependiendo de la estación del año, cuya varianza explicada es la siguiente para todas las estaciones:

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMI	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CP1	22,8	21,1	22,2	22,3	22,1	21,0	20,9	19,6	19,1	19,8	21,9	21,5
CP2	12,2	13,1	16,1	17,2	14,5	12,8	12,2	12,3	12,7	12,6	12,1	12,8
CP3	9,4	10,2	9,7	9,6	9,4	9,5	9,9	9,2	9,9	10,1	8,5	9,4
CP4	7,7	7,7	7,0	6,3	6,3	7,2	7,7	8,7	7,9	7,3	6,7	7,7
CP5	5,6	5,2	5,4	5,1	5,1	5,9	6,8	7,6	7,6	6,4	6,0	5,9
CP6	4,6	4,4	4,1	4,2	4,8	5,2	5,1	5,9	6,2	5,1	5,6	5,3
CP7	4,0	4,3	3,7	3,7	4,2	4,3	4,3	4,6	4,7	4,8	3,9	4,4
CP8	3,6	3,6	3,6	3,4	3,6	3,3	3,6	3,5	3,7	3,8	3,6	3,3
CP9	3,2	3,2	3,2	2,8	3,1	3,1	3,2	3,3	3,2	3,5	3,4	2,9
CP10	2,7	2,9	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,1	2,7
CP11	2,6	2,6	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	2,6	2,7	2,6
CP12	2,3	2,2				2,4		2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
CP13	2,17										2,2	

En la componente principal 1 se observan tres configuraciones espaciales (EOF1). Desde el otoño (OND) hasta principios de la primavera (FMA) (fig. 2) se observa una configuración con un máximo en el sur del Golfo de Guinea y un mínimo al este de Terranova. En la primavera (MAM-AMJ-MJJ) y finales del verano-principios del otoño (ASO-SON) (fig. 3) se observa una configuración similar a la anterior pero con un máximo en el sur-sureste de Terranova y los valores negativos son más débiles y están desplazados hacia el NE del Atlántico Norte. En verano (JJA-JAS) (fig. 4) se observan valores negativos en todo el Atlántico.

En la componente principal 2 se observan tres configuraciones espaciales (EOF2). En el otoño (OND-NDE) (fig. 5) se observan valores positivos en el Atlántico Norte con dos máximos uno al este de Terranova y el otro en sur del Golfo de Guinea, y una estructura contraria al principio del otoño (ASO-SON) (fig. 6). Al final de la primavera y verano (MJJ-JJA-JAS) (fig. 7) se observa un máximo en el centro del Atlántico Norte y otro máximo secundario en el Atlántico Norte tropical y un mínimo en el Golfo de Guinea, y una estructura contraria en primavera (FMA-MAM-AMJ) (fig. 8). En invierno (DEF-EFM) (fig. 9) se observa un máximo en el centro del Atlántico Norte y otro en el Cabo Verde, y un mínimo sobre la corriente del Golfo y otro al sur del Golfo de Guinea.

4- RESULTADOS DEL ANALISIS DE CORRELACIÓN CANONICA

El Análisis de correlación canónica (ACC) es una técnica estadística multivariante que consiste en el estudio de las relaciones entre un conjunto de variables predictores (variables independientes, X_1, \dots, X_m) y con otro conjunto de variables predictando (variables dependientes, Y_1, \dots, Y_n). El objetivo principal es encontrar combinaciones lineales de m predictores $U = u_1 X_1 + \dots + u_m X_m$ que tienen la máxima correlación con una combinación lineal de los n predictandos $V = v_1 Y_1 + \dots + v_n Y_n$ siendo $m \geq n$.

Sean C_{xx} y C_{yy} las matrices de covarianzas de las variables X y Y , respectivamente. La matriz C_{xy} es la matriz de varianzas de las variables X con las variables Y , y $C_{xy} = C'_{yx}$. Se intenta relacionar (X_1, \dots, X_m) con (Y_1, \dots, Y_n) , buscando las variables

$$U = u'X = u_1 X_1 + \dots + u_m X_m$$

$$V = v'Y = v_1 Y_1 + \dots + v_n Y_n$$

cuya correlación sea máxima.

La correlación entre U y V es

$$\rho(u, v) = \frac{u' C_{xy} v}{\left[(u' C_{xx} u) (v' C_{yy} v) \right]^{1/2}}$$

por lo tanto, se busca el conjunto de combinaciones lineales que hacen máxima la correlación $\rho(u, v)$. Ya que $\rho(u, v)$ es invariante bajo la escala de u y v . Se requiere que u

y v sean tal que U y V tengan varianza unidad, esto es, $u'C_{xx}u=v'C_{yy}v=1$, y que $E(U)=E(V)=0$. Este problema es equivalente a resolver las ecuaciones

$$\begin{aligned} (C_{xx}^{-1}C_{xy}C_{yy}^{-1}C_{yx} - \lambda I)u &= 0 \\ (C_{yy}^{-1}C_{yx}C_{xx}^{-1}C_{xy} - \lambda I)v &= 0 \end{aligned}$$

donde I es la matriz identidad y λ son los autovalores de las ecuaciones características

$$\begin{aligned} |C_{xx}^{-1}C_{xy}C_{yy}^{-1}C_{yx} - \lambda I| &= 0 \\ |C_{yy}^{-1}C_{yx}C_{xx}^{-1}C_{xy} - \lambda I| &= 0 \end{aligned}$$

El autovalor más grande es el coeficiente de correlación canónica cuadrado máximo, y los autovectores asociados con los autovalores λ_i , serán los vectores de coeficientes u_i y v_i . A los vectores u_i y v_i se les denominan vectores canónicos y no dependen de la escala original de medida; y, U_1 y V_1 son las variables canónicas que forman la primera pareja de variables canónicas (U_1, V_1) . Se pueden extraer n pares de parejas canónicas. El segundo par será la segunda correlación más alta de entre todas las posibles combinaciones lineales que no están correlacionadas con el primer par de variables canónicas; y así, sucesivamente.

Cuando solo hay una variable predictando, el ACC se reduce a un análisis de regresión múltiple.

Se ha realizado el ACC entre las componentes principales de las SST y los volúmenes de precipitación de cada una de las cuencas. Las columnas de las tablas corresponden a las estaciones y las filas a las cuencas.

4.1- PACIFICO

Las correlaciones entre las componentes principales de las anomalías de SST del Pacífico y los volúmenes de precipitación de las distintas cuencas de la Península Ibérica son las siguientes:

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1	48	44	45	32	49	45	44	37	47	43	52	46
2	54	52	52	60	63	59	52	48	50	51	45	41
3	52	56	61	62	57	57	56	56	57	61	48	45
4	52	54	57	63	57	59	52	66	63	60	49	51
5	52	51	57	64	59	61	50	63	61	56	50	58
6	39	45	64	64	59	57	44	45	59	61	37	43
7	47	45	55	62	55	42	44	41	66	77	64	36
8	30	45	58	56	49	45	59	54	71	71	50	42
9	52	50	50	52	51	42	57	61	61	57	53	57
0	26	36	43	40	44	31	48	62	62	66	50	44

Se encuentra una correlación simultanea con las componentes principales del Pacífico en primavera y otoño.

	DEF (MAM)	EFM (AMJ)	FMA (MJJ)	MAM (JJA)	AMJ (JAS)	MJJ (ASO)	JJA (SON)	JAS (OND)	ASO (NDE)	SON (DEF)	OND (EFM)	NDE (FMA)
1	32	48	44	54	49	46	44	47	49	52	50	50
2	45	43	57	60	53	53	50	46	55	38	34	53
3	54	44	54	55	60	54	57	51	55	33	39	59
4	52	38	44	57	64	56	58	51	51	47	43	62
5	58	40	43	43	65	51	53	54	44	58	50	63
6	68	52	28	33	67	43	45	50	41	50	48	65
7	60	49	31	38	62	50	53	50	42	49	60	58
8	62	44	37	52	60	57	57	55	37	42	56	48
9	51	38	43	61	63	61	59	51	23	45	59	46
0	50	33	33	49	53	61	64	62	25	50	64	46

Se encuentra una correlación con una estación de retardo con las componentes principales del Pacífico del invierno a la primavera (NDE-DEF→FMA-MAM) y de la primavera al verano (AMJ→JAS).

	DEF (JJA)	EFM (JAS)	FMA (ASO)	MAM (SON)	AMJ (OND)	MJJ (NDE)	JJA (DEF)	JAS (EFM)	ASO (FMA)	SON (MAM)	OND (AMJ)	NDE (MJJ)
1	51	55	47	34	37	31	57	46	34	48	54	50
2	54	38	47	41	45	27	63	43	31	29	46	46
3	47	42	47	49	47	34	63	48	48	38	50	39
4	41	44	50	53	48	37	60	46	55	46	45	28
5	35	50	43	50	52	41	60	49	59	51	44	27
6	30	67	54	53	52	44	57	56	71	58	48	38
7	48	58	53	60	69	39	56	49	46	46	36	37
8	61	53	54	66	66	40	59	47	40	46	32	37
9	60	53	49	52	53	46	63	40	35	47	38	31
0	49	53	39	59	59	45	48	43	40	58	49	32

Las correlaciones más altas con dos estaciones de retardo con las componentes principales del Pacífico son mas bajas y los puntos con correlaciones más altas (mayores de 60) aparecen aislados.

	DEF (SON)	EFM (OND)	FMA (NDE)	MAM (DEF)	AMJ (EFM)	MJJ (FMA)	JJA (MAM)	JAS (AMJ)	ASO (MJJ)	SON (JJA)	OND (JAS)	NDE (ASO)
1	22	56	48	45	47	44	53	62	32	31	32	32
2	46	68	52	42	44	47	43	51	39	37	28	39
3	52	65	50	43	50	55	40	43	41	28	34	38
4	56	64	56	43	53	53	46	49	48	27	33	37
5	53	58	58	40	53	51	55	53	51	31	30	43
6	57	50	54	50	48	50	56	66	57	28	36	48
7	53	57	60	41	40	46	55	53	52	36	43	51
8	49	50	56	46	36	39	45	38	51	29	29	49
9	37	50	56	38	47	42	49	38	32	32	30	52
0	45	44	53	34	37	33	46	48	50	42	30	54

Se encuentra una correlación con tres estaciones de retardo con las componentes principales del Pacífico en el tercio norte de finales del invierno a finales del otoño.

4.2- ATLANTICO

Las correlaciones entre las componentes principales de las anomalías de SST del Atlántico y los volúmenes de precipitación de las distintas cuencas son las siguientes:

	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1	63	68	60	53	57	61	55	38	47	63	69	57
2	68	71	62	52	45	60	47	56	56	75	72	59
3	65	74	66	50	46	62	39	56	57	72	73	65
4	66	72	64	47	45	56	40	57	59	70	77	71
5	65	69	62	54	45	49	42	51	60	68	76	69
6	56	58	61	61	49	53	32	48	64	63	65	69
7	56	46	61	66	56	46	32	50	46	63	60	73
8	57	44	56	51	37	34	35	57	51	59	66	77
9	63	60	50	39	39	42	39	52	60	65	80	67
0	63	49	40	35	44	46	44	47	48	56	62	58

Se encuentra una correlación simultanea con las componentes principales del Atlántico en la vertiente atlántica en todas las estaciones excepto en verano. Con la cuenca mediterránea las correlaciones mas altas se dan en otoño.

	DEF (MAM)	EFM (AMJ)	FMA (MJJ)	MAM (JJA)	AMJ (JAS)	MJJ (ASO)	JJA (SON)	JAS (OND)	ASO (NDE)	SON (NDE)	OND (DEF)	NDE (FMA)
1	43	58	50	43	43	42	43	59	53	46	47	42
2	58	54	49	31	34	39	42	58	49	49	50	45
3	62	54	43	31	38	36	48	57	52	51	52	44
4	54	44	41	46	45	35	56	60	51	50	48	43
5	57	46	41	48	49	36	53	62	49	51	40	42
6	69	54	39	34	49	35	55	58	52	56	45	52
7	66	62	47	41	58	37	45	55	48	50	48	40
8	61	52	31	40	49	34	50	70	56	59	50	32
9	46	42	29	42	38	49	34	59	50	50	44	48
0	40	42	39	51	44	36	42	61	52	49	43	33

Se encuentra una correlación con una estación de retardo con las componentes principales del Atlántico en las cuencas de la vertiente mediterránea del invierno a la primavera.

	DEF (JJA)	EFM (JAS)	FMA (ASO)	MAM (SON)	AMJ (OND)	MJJ (NDE)	JJA (DEF)	JAS (EFM)	ASO (FMA)	SON (MAM)	OND (AMJ)	NDE (MJJ)
1	57	50	48	35	57	46	57	51	49	52	44	70
2	50	43	51	38	49	23	57	62	45	42	63	63
3	43	50	41	41	50	28	53	60	45	44	65	61
4	54	47	43	47	57	41	57	56	42	47	67	61
5	61	47	38	46	54	44	57	54	37	51	73	59
6	51	53	42	44	41	41	49	47	45	62	73	59
7	61	58	60	42	39	62	48	57	33	53	54	55
8	42	53	36	50	55	56	54	48	35	50	58	50
9	47	36	37	48	57	37	50	45	47	48	58	45
0	55	41	20	43	52	37	49	43	42	48	55	54

Se encuentra una correlación con dos estaciones de retardo con las componentes principales del Atlántico en las cuencas de la vertiente atlántica del otoño a la primavera.

	DEF (SON)	EFM (OND)	FMA (NDE)	MAM (DEF)	AMJ (EFM)	MJJ (FMA)	JJA (MAM)	JAS (AMJ)	ASO (MJJ)	SON (JJA)	OND (JAS)	NDE (ASO)
1	49	61	37	41	51	50	46	52	47	49	50	51
2	57	59	26	53	61	55	51	52	58	63	45	53
3	57	49	31	50	67	57	56	45	61	63	56	60
4	55	47	34	51	66	56	39	49	61	61	56	56
5	51	45	35	53	62	54	43	54	58	53	55	53
6	44	34	33	52	52	46	46	53	48	41	56	45
7	50	54	36	41	27	35	44	40	57	56	58	46
8	47	52	36	46	38	35	45	48	47	64	55	42
9	53	54	55	46	50	55	40	44	31	63	57	48
0	45	43	38	32	34	44	35	53	52	67	54	42

Se encuentra una correlación con tres estaciones de retardo con las componentes principales del Atlántico en el tercio norte de la vertiente atlántica del invierno al otoño.

5- PREDICCIÓN DE LOS VOLUMENES DE PRECIPITACION A PARTIR DE LAS SST OBSERVADAS

Como las variables canónicas U_i , V_i tienen máxima correlación y suponiendo que ambas tienen varianzas 1, la mejor predicción de V_i sobre U_i es

$$\hat{V}_i = r_i(U_i - \bar{U}_i) + \bar{V}_i$$

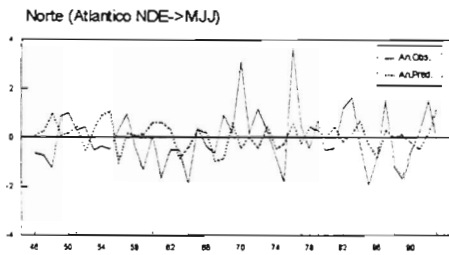
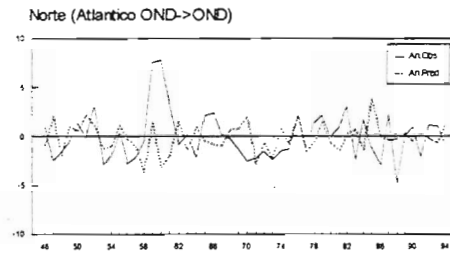
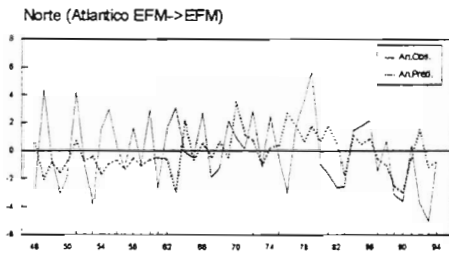
que nos permite predecir la columna i de $Y_v = YV$ en función de la columna i de $X_u = XU$. Si se trabaja con todos los datos a la vez, las ecuaciones de predicción serán:

$$\begin{aligned} (Y - \bar{Y})V &= (X - \bar{X})UD_r \\ (X - \bar{X})U &= (Y - \bar{Y})VD_r \end{aligned}$$

donde D_r es la matriz diagonal de correlaciones.

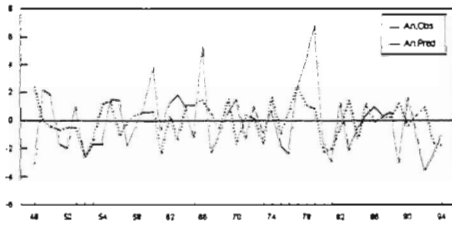
Con el objeto de valorar la posible predecibilidad de la cuenca, se han agrupado para cada una de ellas las correlaciones obtenidas con los dos océanos para las distintas estaciones y retardos. Se realizan predicciones en los casos en que las correlaciones son mayores de 65. Las gráficas que se representan a continuación de las tablas corresponden a estos casos únicamente y muestran las anomalías de los volúmenes de precipitación observados durante todo el período y las anomalías predichas utilizando para predecir cada año la ecuación obtenida con el resto.

Norte	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	48	52	57	45	63	46	57	41
EFM	44	50	46	47	68	47	51	51
FMA	45	50	34	44	60	42	49	50
MAM	32	32	48	53	53	43	52	46
AMJ	49	48	54	62	57	58	44	52
MJJ	45	44	50	32	61	50	70	47
JJA	44	54	51	31	55	43	57	49
JAS	37	49	55	32	38	43	50	50
ASO	47	46	47	32	47	42	48	51
SON	43	44	34	22	63	43	35	49
OND	52	47	37	56	69	59	57	61
NDE	46	49	31	48	57	53	46	37

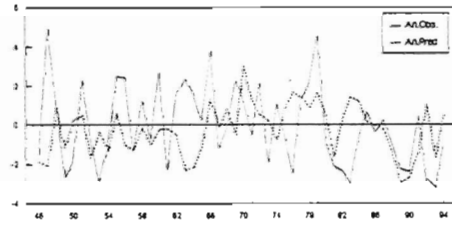


Duero	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	54	38	63	42	68	49	57	53
EFM	52	34	43	44	71	50	62	61
FMA	52	53	31	47	62	45	45	55
MAM	60	45	29	43	52	58	42	51
AMJ	63	43	46	51	45	54	63	52
MJJ	59	57	46	39	60	49	63	58
JJA	52	60	54	37	47	31	50	63
JAS	48	53	38	28	56	34	43	45
ASO	50	53	47	39	56	39	51	53
SON	51	50	41	46	75	42	38	57
OND	45	46	45	68	72	58	49	59
NDE	41	55	27	52	59	49	23	26

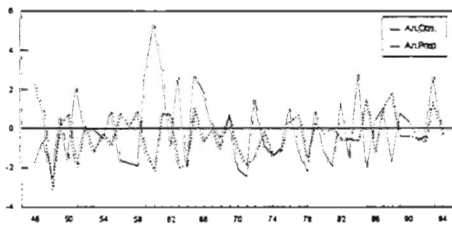
Duero (Atlantico DEF->DEF)



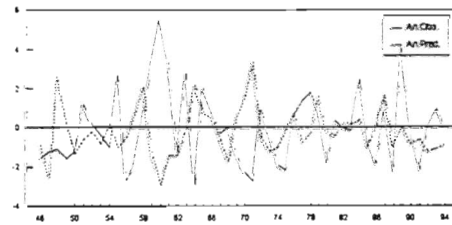
Duero (Atlantico EFM->EFM)



Duero (Atlantico SON->SON)

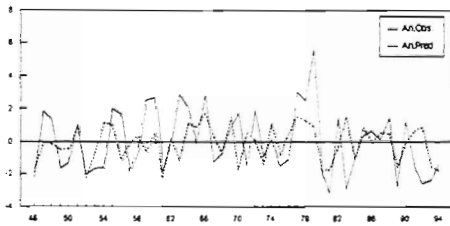


Duero (Atlantico OND->OND)

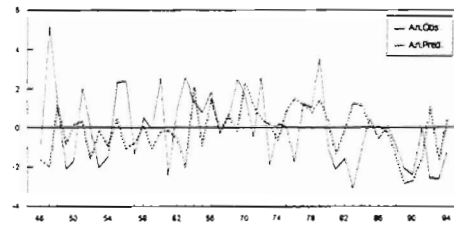


Tajo	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	52	33	63	43	65	51	53	50
EFM	56	39	48	50	74	52	60	67
FMA	61	59	48	55	66	44	45	57
MAM	62	54	38	40	50	62	44	56
AMJ	57	44	50	43	46	54	65	45
MJJ	57	54	39	41	62	43	61	61
JJA	56	55	47	28	39	31	43	63
JAS	56	60	42	34	56	38	50	56
ASO	58	54	47	38	57	36	41	60
SON	61	57	49	52	72	48	41	57
OND	48	51	47	65	73	57	50	49
NDE	45	55	34	50	65	52	28	31

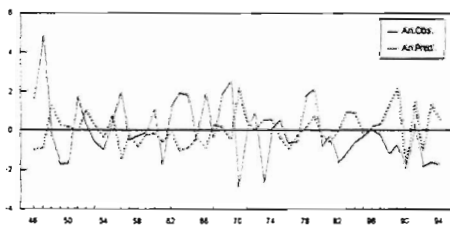
Tajo (Atlántico DEF->DEF)



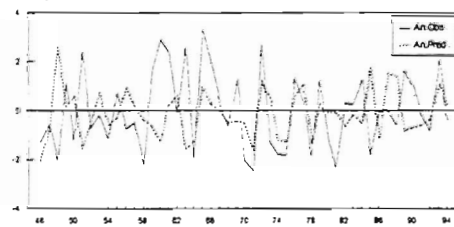
Tajo (Atlántico EFM->EFM)



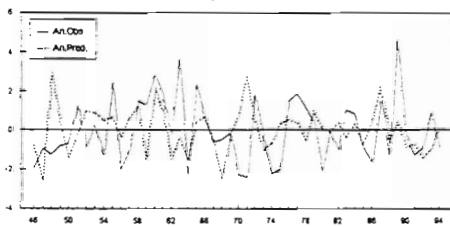
Tajo (Atlántico FMA->FMA)



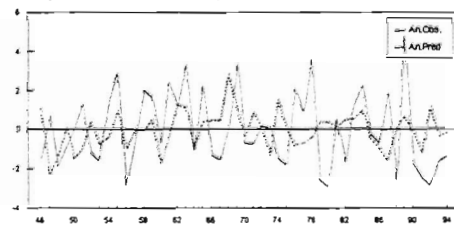
Tajo (Atlántico SON->SON)



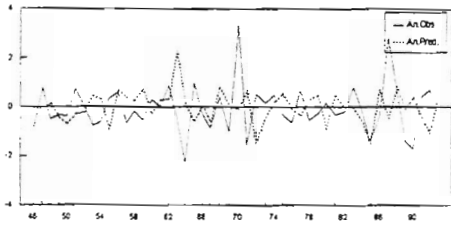
Tajo (Atlántico OND->OND)



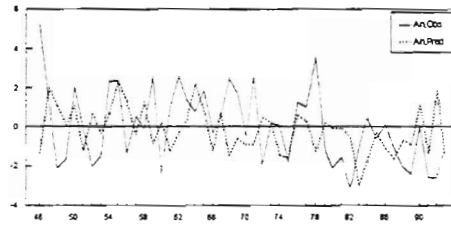
Tajo (Atlántico NDE->NDE)



Tajo (Atlantico OND->AMJ)

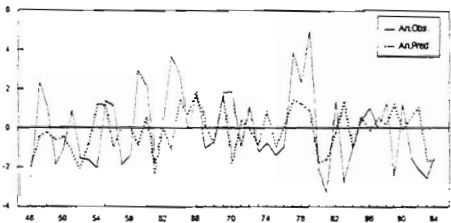


Tajo (Atlantico AMJ->EFM)

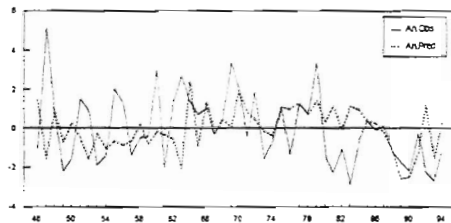


Guadiana	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	52	47	60	43	66	50	57	51
EFM	54	43	46	53	72	48	56	66
FMA	57	62	55	53	64	43	42	56
MAM	63	52	46	46	47	54	47	39
AMJ	57	38	45	49	45	44	67	49
MJJ	59	44	28	48	56	41	61	61
JJA	52	57	41	27	40	46	54	61
JAS	66	64	44	33	57	45	47	56
ASO	63	56	50	37	59	35	43	56
SON	60	58	53	56	70	56	47	55
OND	49	51	48	64	77	60	57	47
NDE	51	51	37	56	71	51	41	34

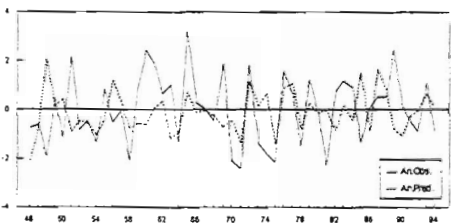
Guadiana (Atlantico DEF->DEF)



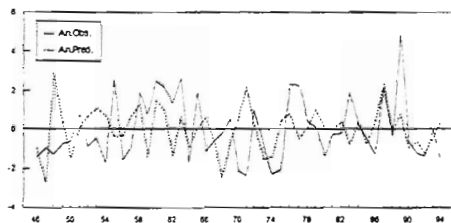
Guadiana (Atlantico EFM->EFM)



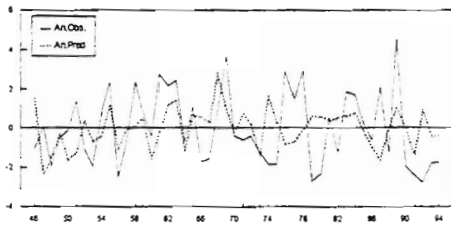
Guadiana (Atlantico SON->SON)



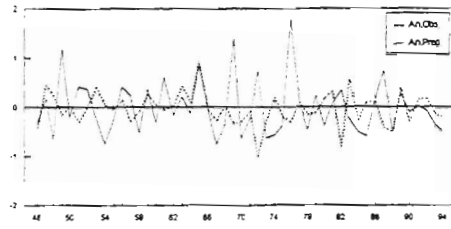
Guadiana (Atlantico OND->OND)



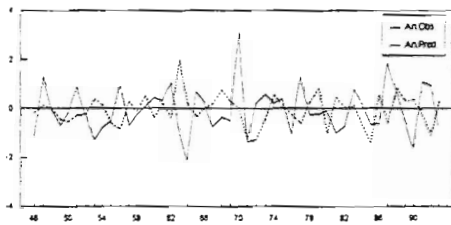
Guadiana (Atlántico NDE->NDE)



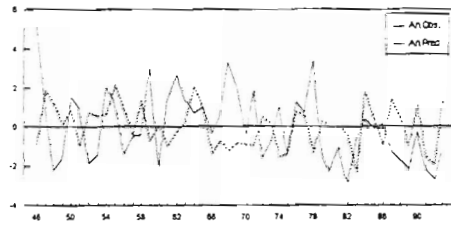
Guadiana (Pacífico JAS->JAS)



Guadiana (Atlántico OND->AMJ)

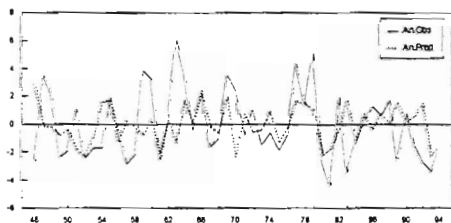


Guadiana (Atlántico AMJ->EFM)

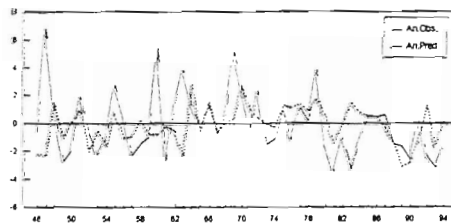


Guadalquivir	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	52	58	60	40	65	51	57	53
EFM	51	50	49	53	69	40	54	62
FMA	57	63	59	51	62	42	37	54
MAM	64	58	51	55	54	57	51	43
AMJ	59	40	44	53	45	46	73	54
MJJ	61	43	27	51	49	41	59	58
JJA	50	43	35	31	42	48	61	53
JAS	63	65	50	30	51	49	47	55
ASO	61	51	43	43	60	36	38	53
SON	56	53	50	53	68	53	46	51
OND	50	54	52	58	76	62	54	45
NDE	58	44	41	58	69	49	44	35

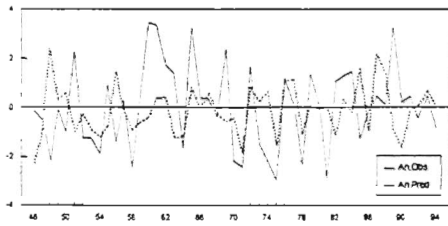
Guadalquivir (Atlántico DEF->DEF)



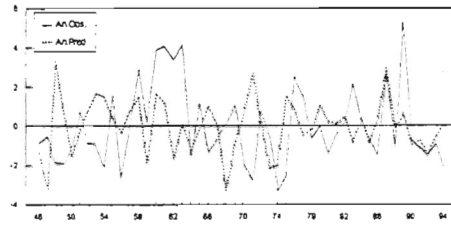
Guadalquivir (Atlántico EFM->EFM)



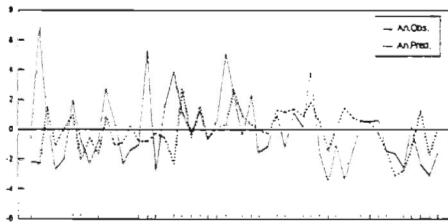
Guadalquivir (Atlántico SON->SON)



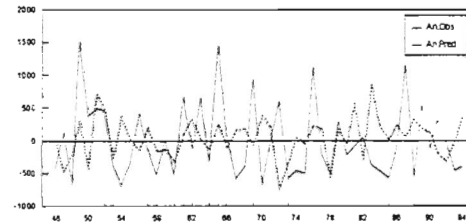
Guadalquivir (Atlántico OND->OND)



Guadalquivir (Atlántico NDE->NDE)

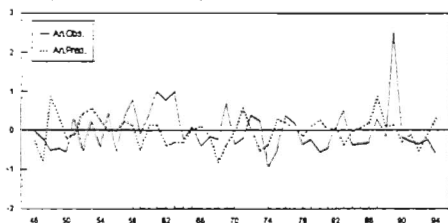


Guadalquivir (Pacífico AMJ->JAS)

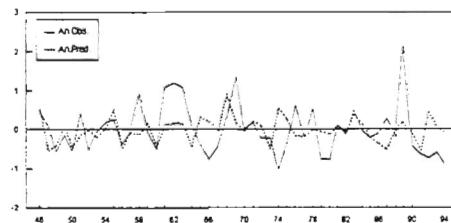


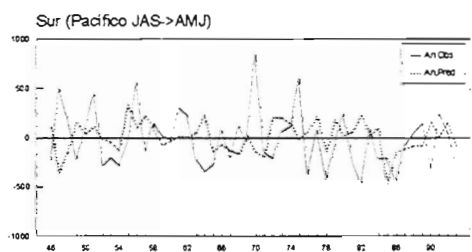
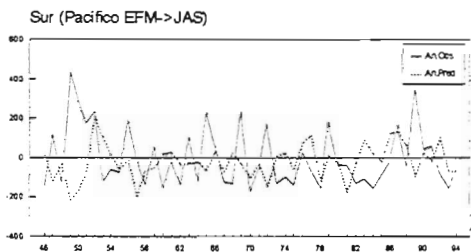
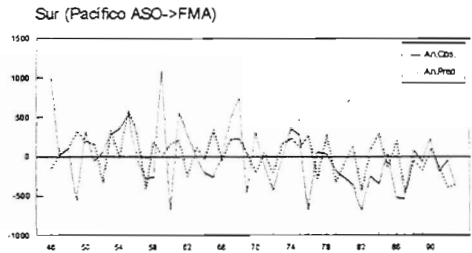
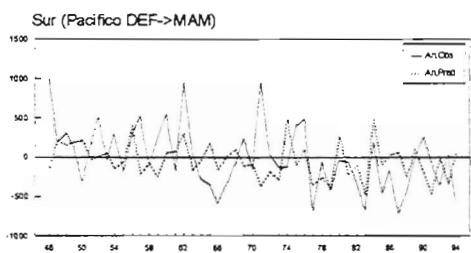
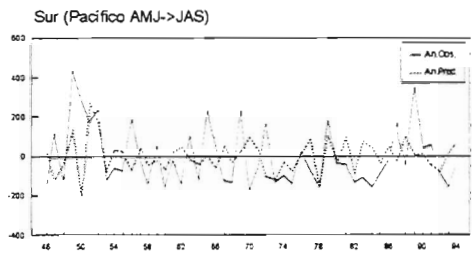
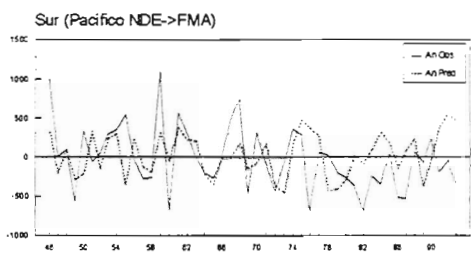
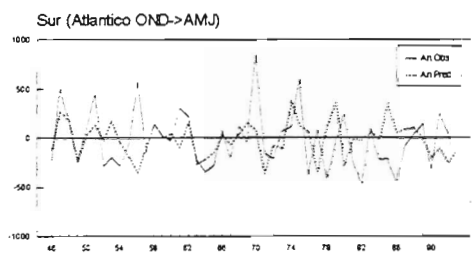
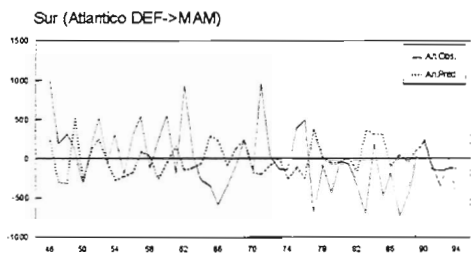
Sur	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	39	50	57	50	56	56	49	52
EFM	45	48	56	48	58	45	47	52
FMA	64	65	71	50	61	52	45	46
MAM	64	68	58	56	61	69	62	46
AMJ	59	52	48	66	49	54	73	53
MJJ	57	28	38	57	53	39	59	48
JJA	44	33	30	28	32	34	51	41
JAS	45	67	67	36	48	49	53	56
ASO	59	43	54	48	64	35	42	45
SON	61	45	53	57	63	55	44	44
OND	37	50	52	50	65	58	41	34
NDE	43	41	44	54	69	52	41	33

Sur (Atlántico OND->OND)

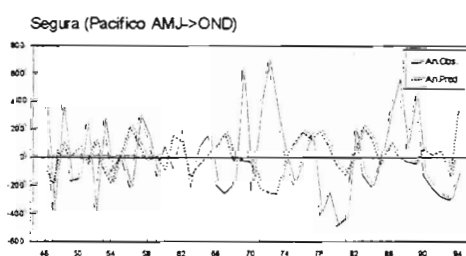
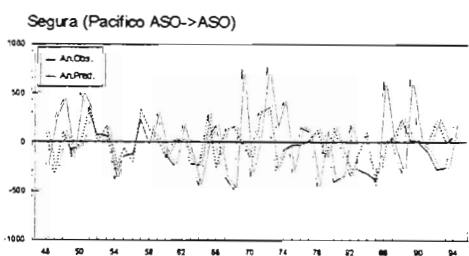
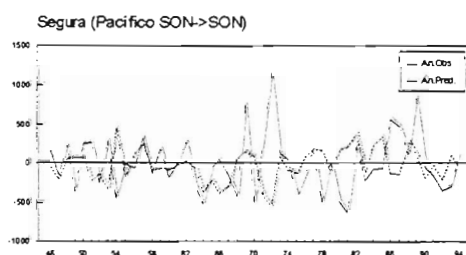
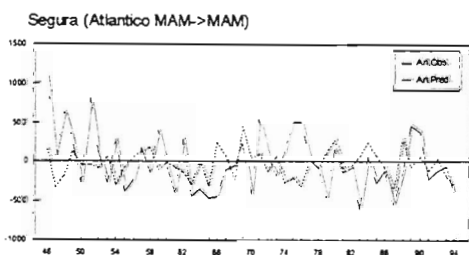
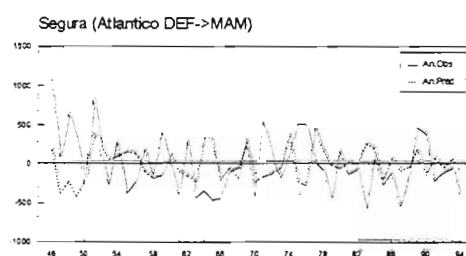
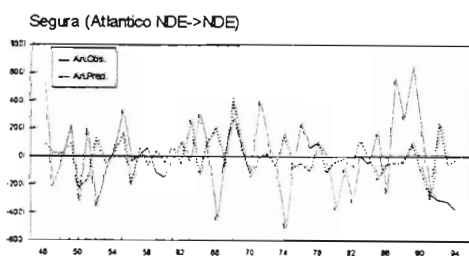


Sur (Atlántico NDE->NDE)



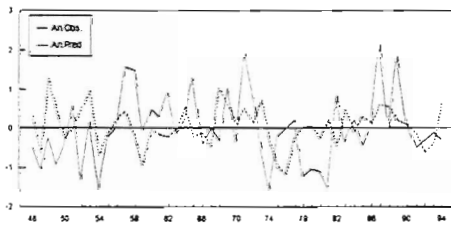


Segura	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	47	49	56	41	56	50	48	41
EFM	45	60	49	40	46	48	57	27
FMA	55	58	46	46	61	40	33	35
MAM	62	60	46	55	66	66	53	44
AMI	55	49	36	53	56	62	54	40
MJJ	42	31	37	52	46	47	55	57
JJA	44	38	48	36	32	41	61	56
JAS	41	62	58	43	50	58	58	58
ASO	66	50	53	51	46	37	60	46
SON	77	53	60	53	63	45	42	50
OND	64	50	69	57	60	55	39	54
NDE	36	42	39	60	73	48	62	36

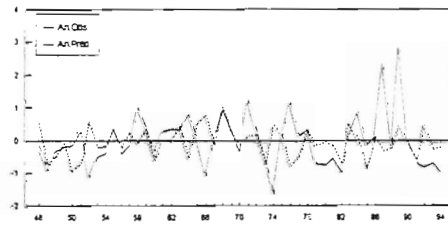


Levante	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	30	42	59	46	57	59	54	46
EFM	45	56	47	36	44	50	48	38
FMA	58	48	40	39	56	32	35	35
MAM	56	62	46	45	51	61	50	45
AMJ	49	44	32	38	37	52	58	48
MJJ	45	37	37	51	34	31	50	47
JJA	59	52	61	29	35	40	42	64
JAS	54	60	53	29	57	49	53	55
ASO	71	57	54	49	51	34	36	42
SON	71	57	66	49	59	50	50	47
OND	50	55	66	50	66	70	55	52
NDE	42	37	40	56	77	56	56	36

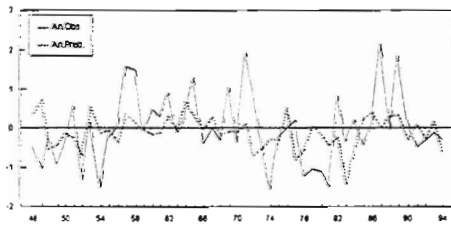
Levante (Atlántico OND->OND)



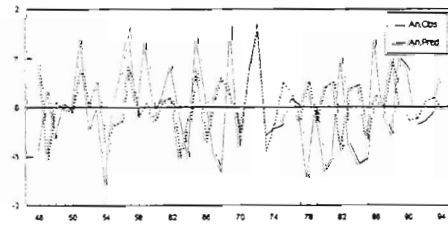
Levante (Atlántico NDE->NDE)



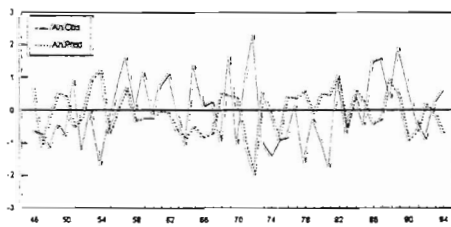
Levante (Atlántico JAS->OND)



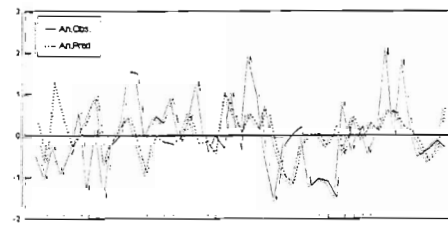
Levante (Pacífico ASO->ASO)



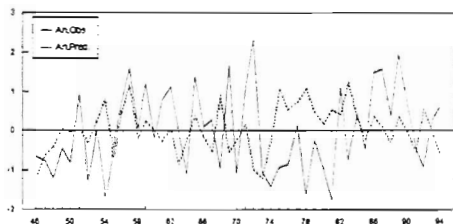
Levante (Pacífico SON->SON)



Levante (Pacífico AMJ->OND)

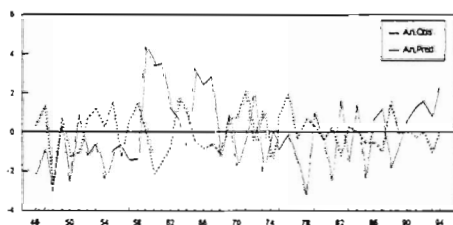


Levante (Pacífico MAM->SON)

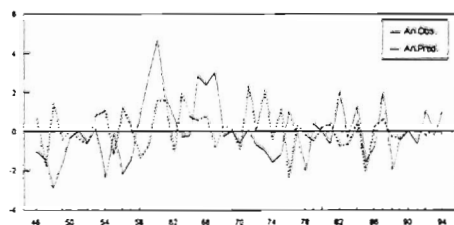


Ebro	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	52	45	63	38	63	50	50	46
EFM	50	59	40	47	60	44	45	50
FMA	50	46	35	42	50	48	47	55
MAM	52	51	47	49	39	46	48	40
AMJ	51	38	38	38	39	42	58	44
MJJ	42	43	31	32	42	29	45	31
JJA	57	61	60	32	39	42	47	63
JAS	61	63	53	30	52	38	36	57
ASO	61	61	49	52	60	49	37	48
SON	57	59	52	37	65	34	48	53
OND	53	51	53	50	80	59	57	54
NDE	57	23	46	56	67	50	37	55

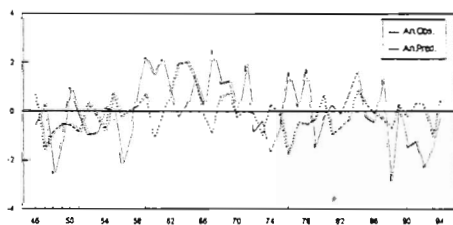
Ebro (Atlántico SON->SON)



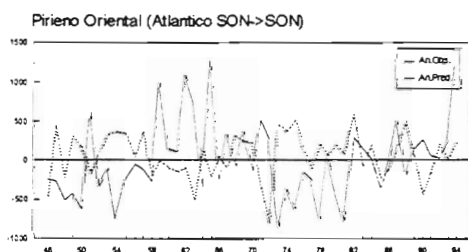
Ebro (Atlántico OND->OND)



Ebro (Atlántico NDE->NDE)



Pirineo Oriental	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF	26	50	48	34	63	49	49	32
EFM	36	64	43	37	49	43	43	34
FMA	43	46	40	33	40	33	42	44
MAM	41	50	58	46	35	40	48	35
AMJ	44	33	49	48	44	42	55	53
MJJ	31	33	32	50	46	39	54	53
JJA	48	49	50	52	44	51	55	67
JAS	62	53	53	30	47	44	41	54
ASO	62	61	39	54	48	36	20	42
SON	66	64	59	45	56	42	43	45
OND	51	62	59	44	61	61	52	43
NDE	44	25	45	53	58	52	37	38



6- VALIDACION DEL MODELO DE PREDICCIÓN

Se utiliza el método de validación cruzada prediciendo cada año con la ecuación obtenida del conjunto de datos después de haber extraído ese año.

Para cada una de las estaciones consideradas se obtiene así un conjunto de predicciones de anomalías de volúmenes de precipitación de 49 años, que se valida respecto al mismo conjunto de 49 años de observaciones reales, dividiendo el conjunto de datos observados en terciles y utilizando la técnica ROC (Relative Operating Characteristic) para medir la fiabilidad de las predicciones para los tres casos: húmedo, normal y seco.

6.1- ANALISIS ROC

Una de las virtudes del análisis ROC es que permite la comparación de sistemas de predicción determinísticos y probabilísticos.

Esta técnica mide las proporciones de éxito y falsa alarma calculadas para una condición simple de predicción meteorológica, el evento E, que ocurre o no (se

considera por tanto una predicción determinista de E). En nuestro caso, será que la anomalía predicha y observada caigan dentro del mismo tercil o no.

Sobre una muestra suficientemente larga de predicciones independientes se puede construir la "matriz de contingencia" del modelo de predicción dando la frecuencia con que las anomalías observadas y predichas están dentro del tercil o no.

		OCURRENCIA del episodio meteorológico	
		NO	SÍ
PREDICCIÓN del episodio meteorológico	NO	a	b
	SÍ	c	d

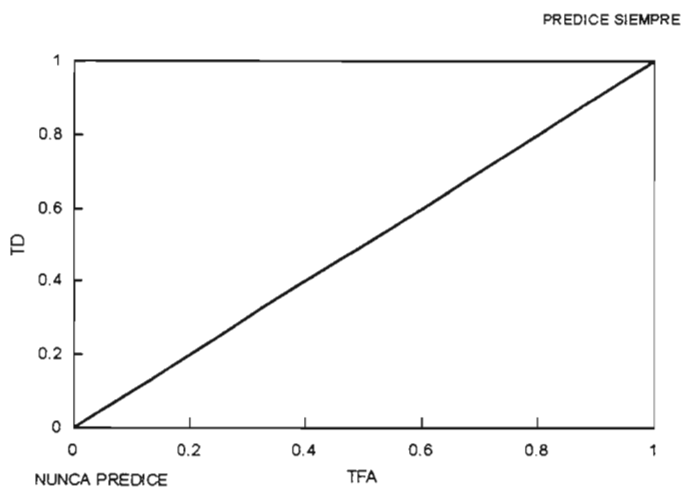
Basándose en estos valores se calcula la tasa de detección TD y la tasa de falsa alarma TFA de la siguiente manera:

$$TD = \frac{d}{b + d}$$

$$TFA = \frac{c}{a + c}$$

donde TD es la frecuencia con que el suceso ocurrió y fue predicho respecto a la frecuencia de ocurrencia del suceso y la TFA es la frecuencia con que el suceso fue predicho y no ocurrió respecto a la frecuencia de no ocurrencia del suceso.

Si se representa TD frente a TFA:



los extremos del diagrama corresponden a las situaciones límite de no predecir nunca el episodio (0,0) o predecirlo siempre (1,1). Un sistema perfecto de predicción con TD = 1 y TFA = 0 daría un punto en la esquina superior izquierda de la gráfica. Y si un sistema no es capaz de discriminar entre ocurrencia o no ocurrencia de un episodio la TD y la TFA serán iguales y los puntos se situaran en la diagonal.

La fiabilidad de las predicciones se mide usando la escala de fiabilidad de Kuipers (KS). Con la notación de la tabla anterior, dicho índice puede escribirse como:

$$KS = \frac{ad - bc}{(a + c)(b + d)}$$

KS tiene la característica de que las predicciones aleatorias o constantes tienen asignado un valor cero en la escala y las predicciones perfectas un valor 1. KS puede reescribirse en términos de las tasas de detección y falsa alarma como $KS = TD - TFA$. Por consiguiente, el valor de la escala de Kuipers es igual al máximo valor que puede obtenerse con el sistema.

Para cada una de las cuencas y en los casos en que se han realizado predicciones (correlaciones mayores de 65), se han calculado las tasa de detección y falsa alarma y con ellas los valores KS que se muestran a continuación.

Norte	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF								
EFM					-0.44 / 0.22 / 0.27			
FMA								
MAM								
AMJ								
MJJ						-0.31 / 0.0 / -0.44		
JJA								
JAS								
ASO								
SON								
OND					0.02 / 0.07 / -0.11			
NDE								

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Duero	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF					-0.08 / 0.13 / -0.08			
EFM					0.14 / 0.23 / 0.17			
FMA								
MAM								
AMJ								
MJJ								
JJA								
JAS								
ASO								
SON					0.01 / 0.19 / 0.42			
OND					0.08 / -0.09 / -0.01			
NDE								

Valores de KS: Húmedo/ Seco/ Normal

Tajo	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF					0.11 / 0.38 / 0.24			
EFM					0.22 / 0.07 / 0.05			0.00 / -0.09 / -0.09
FMA					-0.20 / -0.02 / 0.20			
MAM								
AMI						-0.13 / -0.16 / 0.00		
MJJ								
JJA								
JAS								
ASO								
SON					-0.01 / 0.22 / 0.05			
OND					0.08 / -0.09 / -0.20			
NDE					0.14 / -0.06 / -0.01			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Guadiana	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF					0.26 / 0.41 / 0.52			
EFM					0.22 / 0.10 / 0.39			-0.13 / 0.06 / -0.22
FMA								
MAM								
AMJ						-0.34 / -0.09 / -0.22		
MJJ								
JJA								
JAS	0.05 / -0.06 / -0.01							
ASO								
SON					-0.01 / 0.07 / -0.07			
OND					0.04 / 0.10 / 0.20			
NDE					0.26 / 0.04 / 0.14			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Guadalquivir	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF					0.20 / 0.25 / 0.45			
EFM					0.34 / 0.16 / 0.11			
FMA								
MAM								
AMJ							-0.25 / -0.28 / -0.13	
MJJ								
JJA								
JAS	0.06 / -0.03 / 0.02							
ASO								
SON					0.04 / 0.16 / 0.23			
OND					0.15 / 0.07 / 0.10			
NDE					0.22 / -0.03 / 0.05			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Sur	Pacífico			
	0	1	2	3
DEF				
EFM				
FMA	0.28 / 0.09 / -0.09		0.19 / 0.09 / 0.19	
MAM	0.08 / -0.05 / -0.14			
AMJ				-0.16 / 0.03 / -0.06
MJJ				
JJA				
JAS	-0.11 / 0.03 / -0.13		-0.10 / -0.09 / -0.29	
ASO				
SON				
OND				
NDE				

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Sur	Atlántico			
	0	1	2	3
DEF				
EFM				
FMA				
MAM		0.11 / -0.09 / 0.42		
AMJ			0.22 / 0.03 / -0.06	
MJJ				
JJA				
JAS				
ASO				
SON				
OND	-0.05 / -0.06 / 0.17			
NDE	0.34 / 0.19 / 0.26			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Segura	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF								
EFM								
FMA								
MAM					0.14 / 0.10 / 0.11	0.13 / 0.10 / 0.29		
AMJ								
MJJ								
JJA								
JAS								
ASO	-0.04 / 0.00 / 0.21							
SON	-0.01 / -0.18 / -0.20							
OND			-0.19 / -0.09 / -0.01					
NDE					0.08 / -0.02 / 0.11			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Levante	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF								
EFM								
FMA								
MAM								
AMJ								
MJJ								
JJA								
JAS								
ASO	0.13 / 0.13 / 0.45							
SON	-0.08 / 0.07 / 0.26		-0.14 / -0.03 / 0.05					
OND			-0.10 / 0.16 / -0.17		0.04 / -0.09 / -0.27	0.10 / 0.10 / -0.05		
NDE					0.16 / 0.01 / -0.02			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Ebro	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF								
EFM								
FMA								
MAM								
AMJ								
MJJ								
JJA								
JAS								
ASO								
SON					-0.34 / -0.03 / -0.38			
OND					0.00 / -0.15 / 0.20			
NDE					0.10 / -0.15 / -0.27			

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

Pirineo Oriental	Pacífico				Atlántico			
	0	1	2	3	0	1	2	3
DEF								
EFM								
FMA								
MAM								
AMJ								
MJJ								
JJA								
JAS								
ASO								
SON	-0.36 / -0.15 / -0.08							
OND								
NDE								

Valores de KS: Húmedo / Seco / Normal

7- VALOR ECONOMICO DE LAS PREDICCIONES

Aunque de las estadísticas ROC se puede obtener una medida objetiva de la fiabilidad de la predicción, es imposible saber que constituye un nivel de pericia útil para el usuario.

Los resultados del análisis de características relativas son la entrada a un modelo de decisión simple. Este modelo de decisión ha sido utilizado por Palmer et al. (1998) para definir el valor económico de las integraciones ensemble de PROVOST. El análisis del modelo de decisión es usado para definir una medida objetiva específica para cada usuario del valor económico de la predicción. Los resultados del análisis del modelo de decisión muestran que el valor económico de la predicción estacional depende fuertemente de lo que cueste al usuario tomar precauciones en relación con la pérdida potencial si el episodio E ocurre.

Considérese el caso del responsable de una decisión que solo puede tomarse entre dos alternativas, emprender una acción o no hacer nada, y cuya elección depende exclusivamente de su creencia sobre si un episodio meteorológico dado E va a suceder o no. emprender la acción implica un coste C independientemente de lo que suceda. Si el episodio ocurre realmente y no se ha emprendido acción alguna el interesado sufre una pérdida P.

La "matriz de gasto" muestra las combinaciones posibles:

		OCURRENCIA del episodio meteorológico	
		NO	SÍ
EMPRENDER ACCION	NO	0	P
	SÍ	C	C

El responsable de la decisión debe adoptar una estrategia que minimice a la larga sus pérdidas totales.

Si únicamente dispone de información climatológica solo hay dos opciones, la primera será emprender siempre la acción protectora e incurrir siempre en un coste C y la segunda no emprender nunca la acción protectora y sufrir una pérdida P solo en el porcentaje d (ver matriz de contingencia) de ocasiones en que el episodio ocurre, por lo que la pérdida media es dP. Luego sin otra información más que la climatológica la estrategia óptima de actuación es emprender la acción si $C < dP$ y no emprenderla nunca cuando no sea así. Pero el suministro de información complementaria en forma de predicciones puede permitir al responsable de la decisión reducir el gasto esperado. La proporción en que le gasto se reduce ofrece al usuario una medida del valor económico de las predicciones.

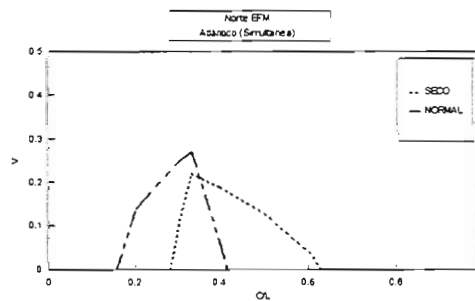
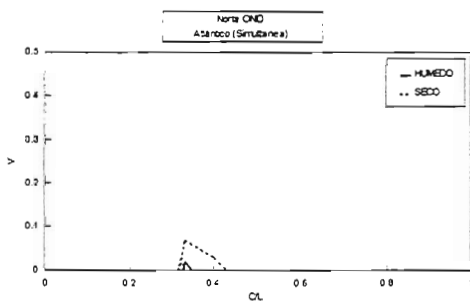
Se define como valor económico V de un sistema de predicción a la proporción obtenida de reducción del gasto medio GM (gasto por unidad de pérdida) sobre la que se obtendría con una predicción perfecta. Así sería el valor máximo $V=1$ para una predicción perfecta y el valor $V=0$ para una predicción climatológica. Con $V > 0$ el sistema es rentable.

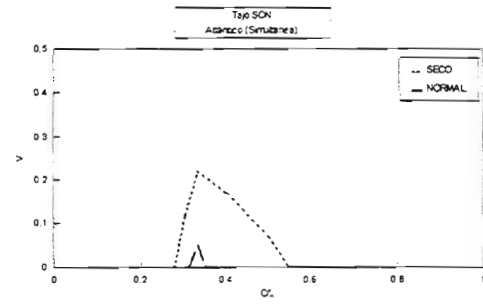
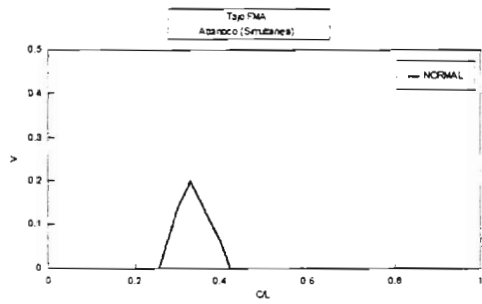
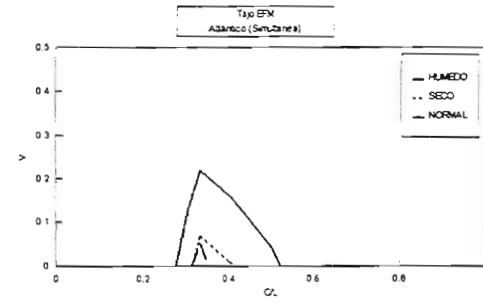
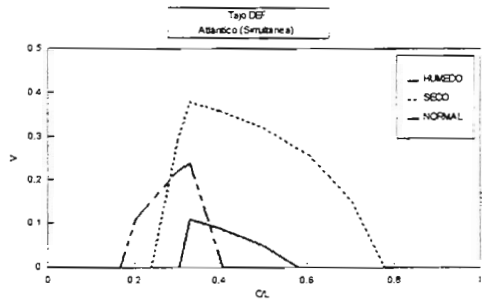
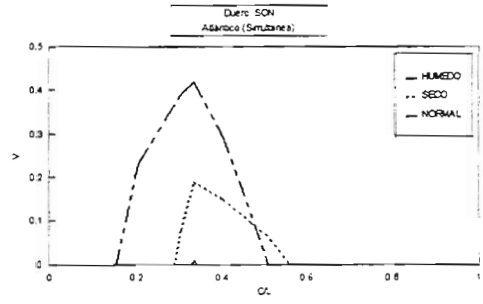
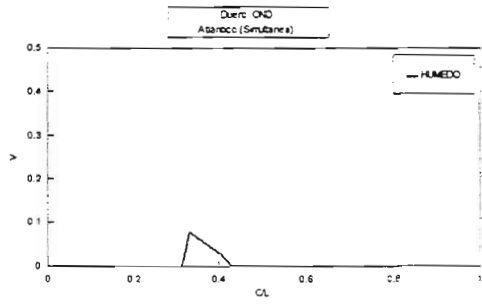
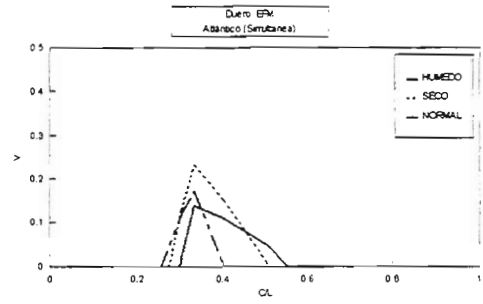
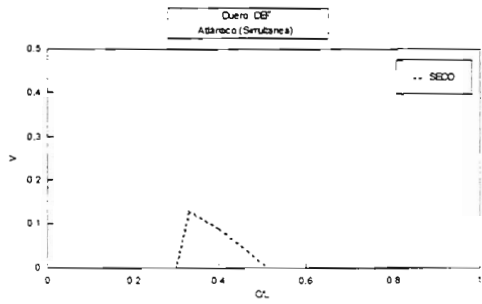
Utilizando los valores de la matriz de contingencia y la matriz de gasto se puede calcular el valor económico de la predicción en función de la razón C/P utilizando la siguiente fórmula:

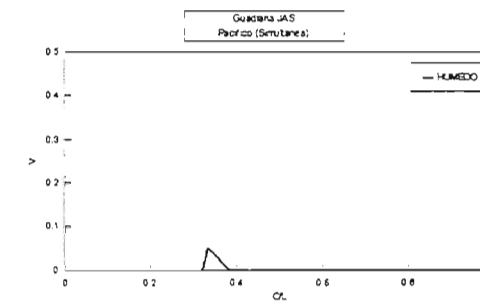
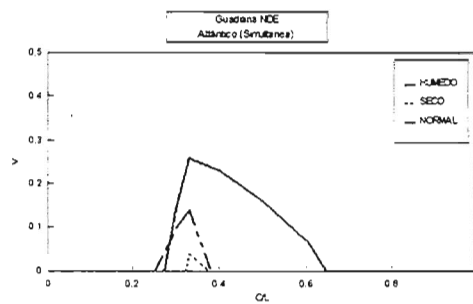
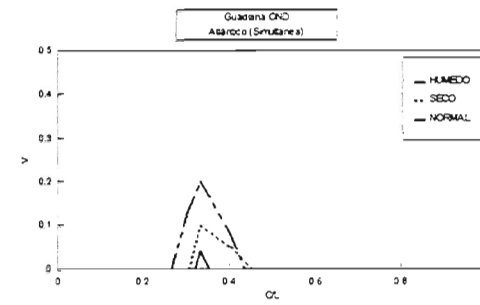
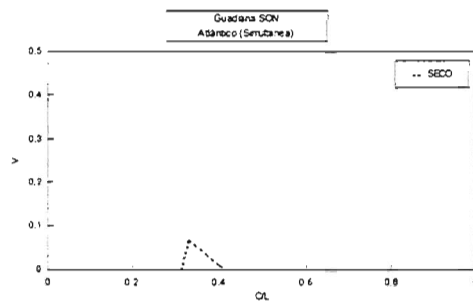
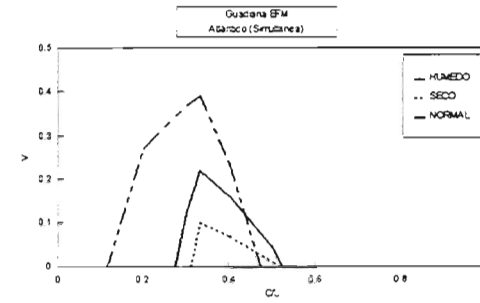
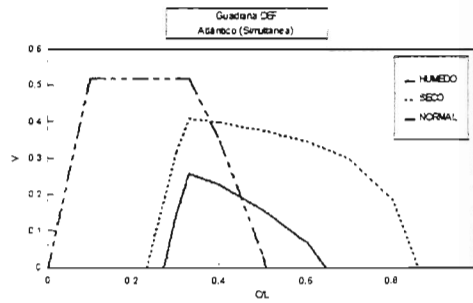
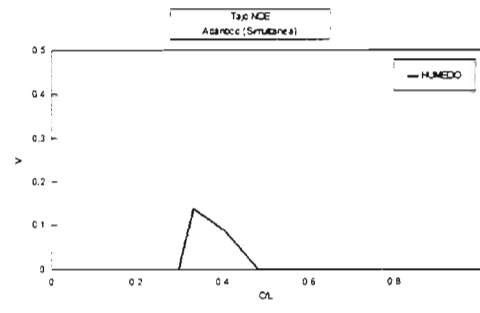
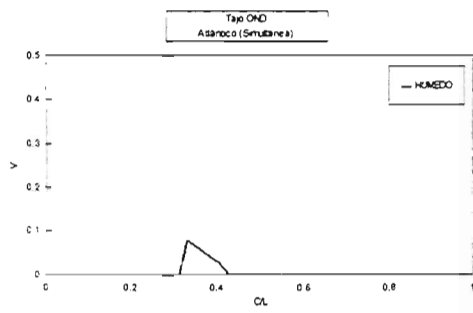
$$V = \frac{\min(C/P, \delta) - TFA(1 - \delta)C/P + TD\delta(1 - C/P) - \delta}{\text{MIN}(C/P, \delta) - \delta C/P}$$

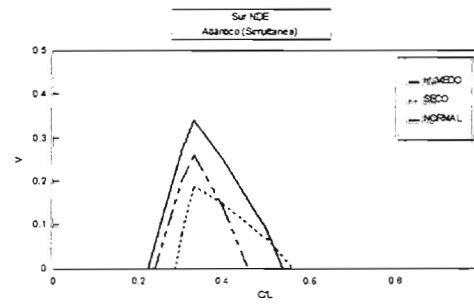
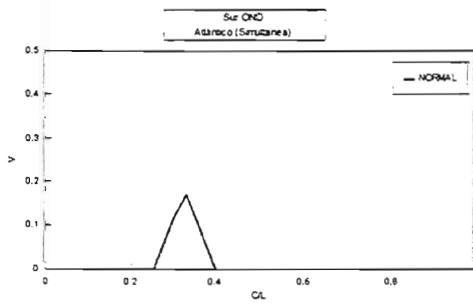
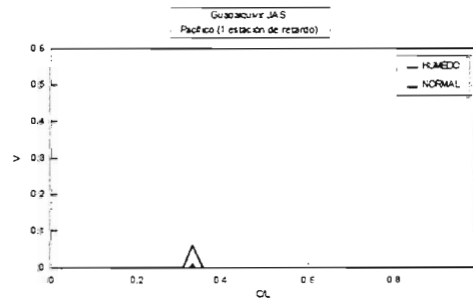
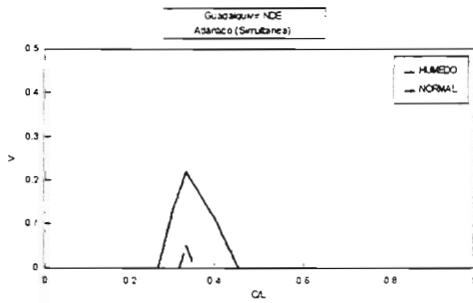
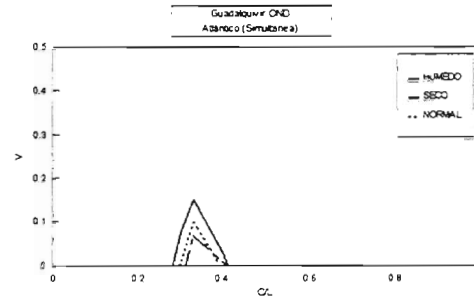
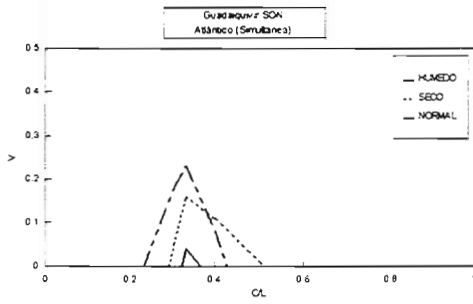
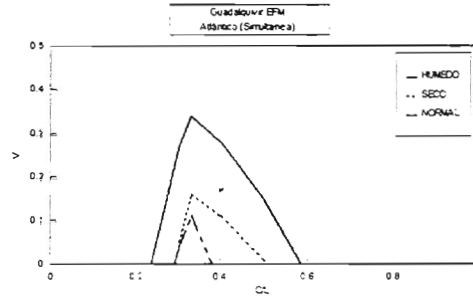
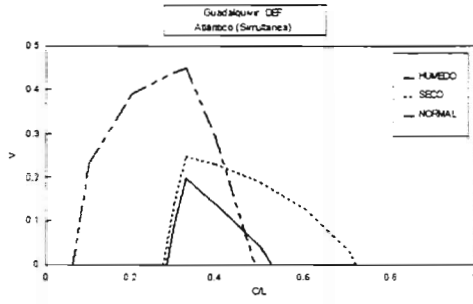
siendo δ la frecuencia climatológica de ocurrencia del suceso.

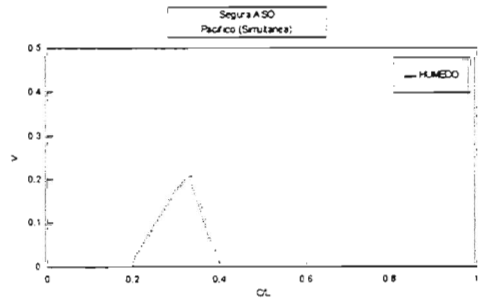
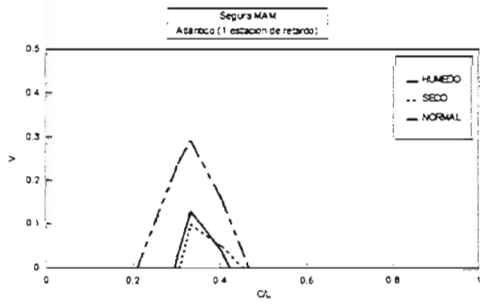
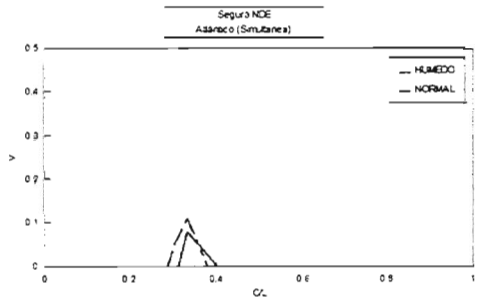
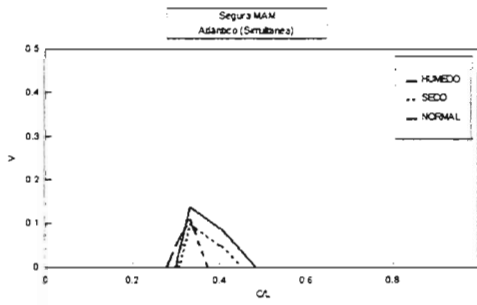
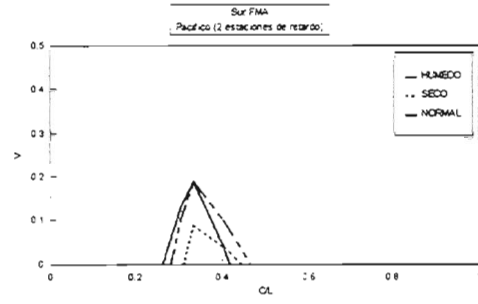
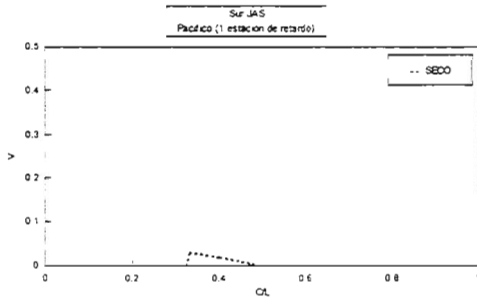
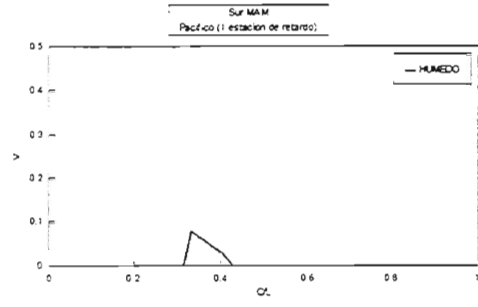
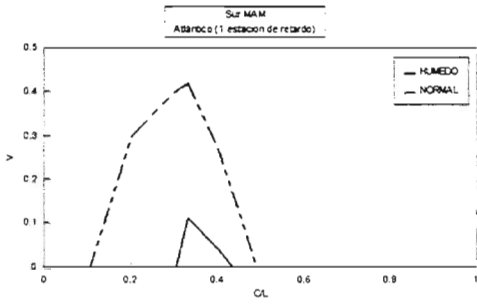
A continuación se representan las gráficas del valor económico para los casos en que se han realizado predicciones y estas han presentado algún valor. En dichas gráficas se representa el valor económico V frente a la relación C/P (coste/perdida).

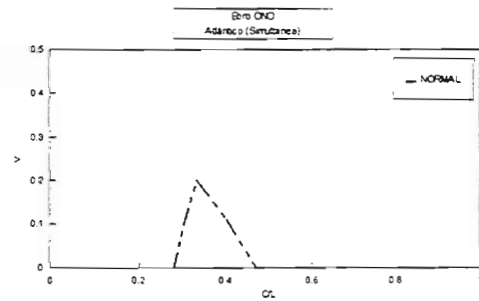
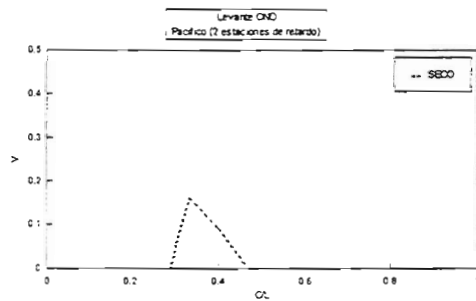
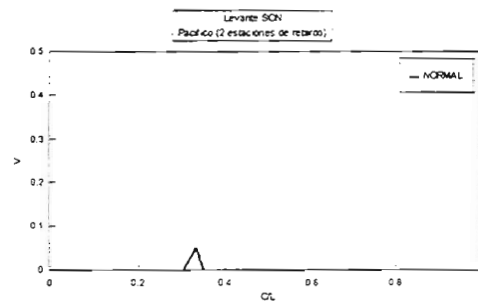
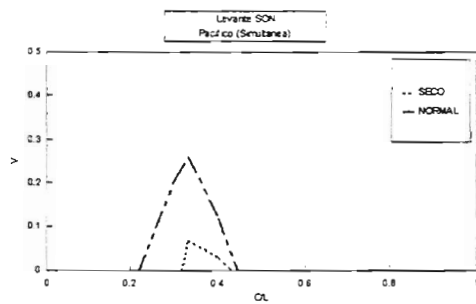
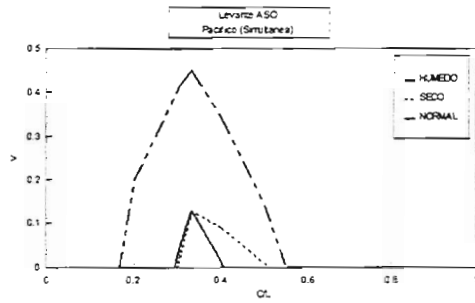
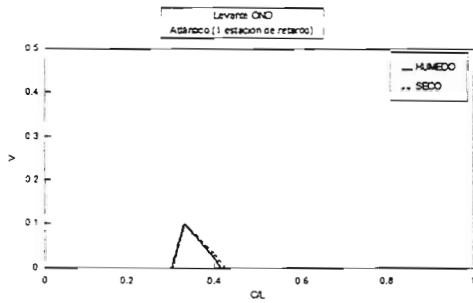
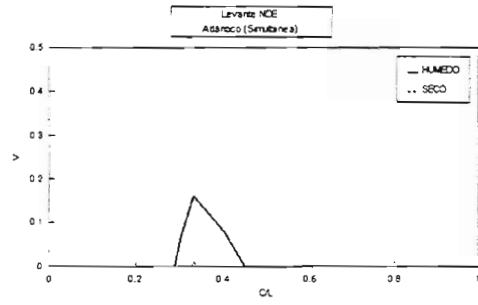
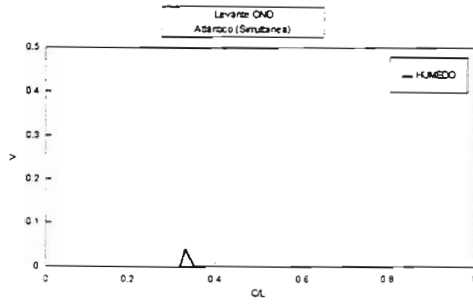


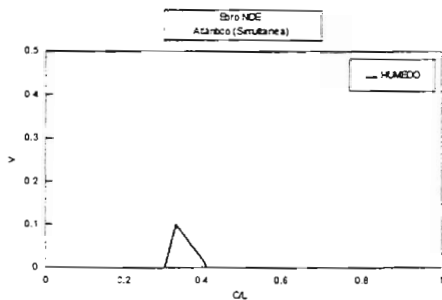












8- CONCLUSIONES

Del ACP de las anomalías estacionales de las SST de los océanos Pacífico y Atlántico, se obtiene que entre 9 y 13 componentes principales explican aproximadamente entre el 75 y 80 % de la variabilidad de las SST.

El ACC entre las componentes principales de las anomalías de las SST y las anomalías de los volúmenes de precipitación de cada una de las cuencas de la Península Ibérica muestran para el Pacífico una correlación simultánea en primavera y otoño, con una estación de retraso del invierno a la primavera y de la primavera al verano, y con dos y tres estaciones de retraso correlaciones más bajas y aisladas, aunque se puede destacar en la cuenca Sur de finales del verano a finales del invierno y en la cuenca del Segura de la primavera al otoño. Para el Atlántico se encuentra una correlación simultánea para las cuencas de la vertiente atlántica en todas las estaciones excepto en verano y con las cuencas de la vertiente mediterránea las correlaciones más altas se dan en otoño, con una estación de retardo en las cuencas de la vertiente mediterránea del invierno a la primavera, con dos estaciones de retardo en las cuencas de la vertiente atlántica del otoño a la primavera y con tres estaciones de retardo en el tercio norte de la vertiente atlántica del invierno al otoño.

Se realizan predicciones en los casos de que la correlación es mayor que 65 utilizando para ello la validación cruzada, es decir, utilizando para predecir cada año la ecuación obtenida con el resto de los años. La validez de las predicciones se calcula usando la escala de fiabilidad de Kuipers (las predicciones aleatorias o constantes tienen asignado un valor 0 en la escala y las predicciones perfectas un valor 1) dando los siguientes valores positivos para las distintas cuencas, donde h, s y n son los terciles húmedo, seco y normal:

- Norte con el Atlántico simultáneo en EFM (sn) y OND (hs).
- Duero con el Atlántico simultáneo en DEF (s), EFM (hsn), SON (hsn) y OND (h).
- Tajo con el Atlántico simultáneo en DEF (hsn), EFM (hsn), FMA (n), SON (s,n), OND (h) y NDE (h).
- Guediana con el Atlántico simultáneo en DEF (hsn), EFM (hsn), OND (hsn) y NDE (hsn).
- Guadalquivir con el Atlántico simultáneo en DEF (hsn), EFM (hsn), SON (hsn), OND (hsn) y NDE (hn).
- Sur con el Pacífico con una estación de retardo en FMA (hs), MAM (h) y JAS(s), con dos estaciones de retardo en FMA (hsn). Con el Atlántico simultáneo en OND

(n) y NDE (hsn), con una estación de retardo en MAM (hn) y con dos estaciones de retardo en AMJ (hs).

- Segura con el Pacífico simultaneo en ASO (n), con el Atlántico simultaneo en MAM (hsn), NDE (hn) y con una estación de retardo en MAM (hsn).
- Levante con el Pacífico en ASO (hsn), SON (sn), con dos estaciones de retardo en OND (s), con el Atlántico simultaneo en NDE (hn), y con una estación de retardo en OND (hs).
- Ebro con el Atlántico simultaneo en OND (n) y NDE (h).

En el cálculo del valor económico de estas predicciones se observan valores económicos positivos en los casos en que la KS es positiva, los intervalos de C/P en los que V es positivo están representados en las gráficas.

En resumen, existe una capacidad predictiva, respecto a las SST del Atlántico para la misma estación, en la cuenca del Duero en invierno (EFM) y otoño (SON), en la cuenca del Tajo en invierno (DEF, EFM), en la cuenca del Guadiana a finales del otoño y en invierno (OND, NDE, DEF, EFM), en la cuenca del Guadalquivir en invierno (DEF, EFM) y otoño (SON, OND), en la cuenca Sur a principios del invierno (NDE) y en la cuenca del Segura en primavera (MAM). Con respecto a las SST del Pacífico, para la cuenca Sur con dos estaciones de retardo a principios de la primavera (FMA) y simultanea para el Levante a finales del verano (ASO).

BIBLIOGRAFIA

Barnett T.P. and Preisendorfer R., 1987: Origins and levels of monthly and seasonal forecast skill for United States surface air temperatures determined by canonical correlation analysis. *Monthly Weather Review*. Vol. 115. 1825-1849.

Barnston A.G. and Smith T.M., 1996: Specification and prediction of global surface temperature and precipitation from global SST using CCA. *J. of Climate*. Vol. 9, 2660-2697.

Conde J., 1997: Downscaling of global climate characteristics to regional scales: An application to winter mediterranean rainfall. In *Proceedings of the INM-WMO International Symposium on Cyclones and Hazardous Weather in the Mediterranean*. A. Jansa eds. Ministerio de Medio Ambiente. 583-588.

Curtis S. and Hastenrath S., 1995: Forcing of anomalous sea surface temperature evolution in the tropical Atlantic during Pacific warm events. *J. of Geophysical Research*. Vol. 100, NoC8, 15835-15847.

Diez E. y López M., 1999: Análisis de correlación canónica entre las SST de zonas determinadas del Atlántico y el Pacífico y los volúmenes de precipitación de la Península Ibérica. Nota Técnica N°1. Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima. I.N.M.

Dillon W.R. and Goldstein M., 1984: *Multivariate Analysis. Methods and Applications*.

Dommenget D. and Latif M., 1998: Interannual to Decadal Variability in the tropical Atlantic. M.P.I.M. Hamburg. Report No. 277. 28pp.

Fraedrich K., 1990: European Grossetter during the warm and cold extremes of the El Niño/Southern Oscillation. *Int. J. of Climatology*, Vol 10, 21-31.

Fraedrich K. and Muller K., 1992: Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes. *Int. J. Climatol.* 12, 25-31.

Fraedrich K., 1994: An Enso impact on Europe? A review. *Tellus* 46 A, 4, 541-552.

Halpert M.S. and Ropelewski C.F., 1992: Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation. *J. of Climate*. Vol. 5, 577-593.

Palmer T.N. et al., 1998: A Probability and Decision-Model Analysis of PROVOST Seasonal Multi-model Ensemble Integrations. Technical Memorandum No. 265. ECMWF.

Palmer T.N. and Zhabo S., 1985: A modelling and observational study of the relationship between sea surface temperature in the north-west Atlantic and the atmospheric general circulation. *Q.J.R.Met. Soc.* Vol. 111, 947-975.

- Palmer T.N. and Anderson D.L.T., 1993: Scientific assessment of the prospects for seasonal forecasting: a European perspective. Technical Report. No 70, ECMWF.
- Palmer T.N. and Anderson D.L.T., 1994: The prospects for seasonal forecasting- A review paper. *Quart. J. R. Met. Soc.* Vol 120, No 518, 755-793.
- Parker D.E., et al., 1995: The GISST2.2 sea surface temperature and sea-ice climatology. CRTN 63. Hadley Centre. Meteorological Office.
- Peng S. and Mysak L.A., 1993: A teleconnection study of interannual sea surface temperature fluctuations in the northern North Atlantic and precipitation and runoff over western Siberia. *J. of Climate*, Vol. 6, 876-885.
- Peng S. et al, 1995: The differences between early and midwinter atmospheric responses to sea surface temperature anomalies in the Northwest Atlantic. *J. of Climate*. Vol. 8, 137-157.
- Ratcliffe R.A.S. and Murray R., 1970: New lag associations between North Atlantic sea temperature and European pressure applied to long-range weather forecasting. *Quart. J. R. Met. Soc.* 96, 226-246.
- Rayner N.A., et al., 1996: Version 2.2 of the global sea-ice and sea surface temperature data set, 1903-1994. CRTN 74. Hadley Centre. Meteorological Office.
- Rowntree P.R., 1976: Response of the atmosphere to a tropical Atlantic Ocean temperature anomaly. *Quart. J. R. Met. Soc.* 102, 607-625.
- Shabbar A. and Barnston A.G., 1996: Skill of seasonal climatic forecast in Canada using canonical correlation analysis. *Monthly Weather Review*. Vol. 124. 2370-2385.
- Ting M. and Peng S., 1995: Dynamics of the early and middle winter atmospheric responses to the Northwest Atlantic SST anomalies. *J. of Climate*, Vol. 8, 2239-2254.
- Verbeek J., 1997: Wind stress and SST variability in the North Atlantic area: Observations and five coupled GCMs in concert. *Monthly Weather Review*. Vol. 125, 942-957.
- Wallace J.M. and Jiang Q., 1987: On the observed structure of the interannual variability of the atmosphere/ocean climate system. *Atmospheric and Oceanic Variability*. 17-43.
- Wallace J.M. et al, 1990: Spatial patterns of atmosphere-ocean interaction in the northern winter. *J. of Climate*. Vol. 3, 990-998.
- Weare B., 1997: Empirical orthogonal analysis of Atlantic Ocean surface temperatures. *Q.J.R.Met. Soc.* Vol. 103, 467-478.

Wilby R., 1993: Evidence of Enso in the synoptic climate of the British Isles since 1880. *Weather*, 48, 234-239.

Zorita E. et al, 1992: The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: Their interaction and relevance for Iberian Precipitation. *J.of Climate*, Vol. 5, 1097-1108.

FIGURAS

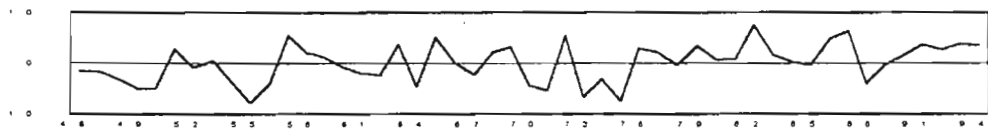
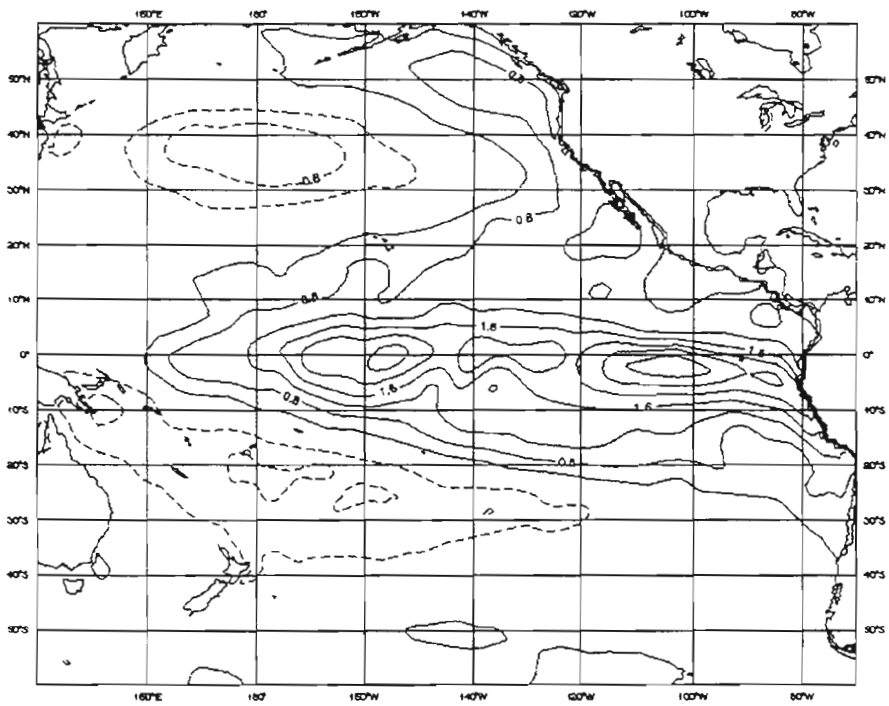


Fig.1: EOF1 del Pacífico y su componente principal para la estación de SON.

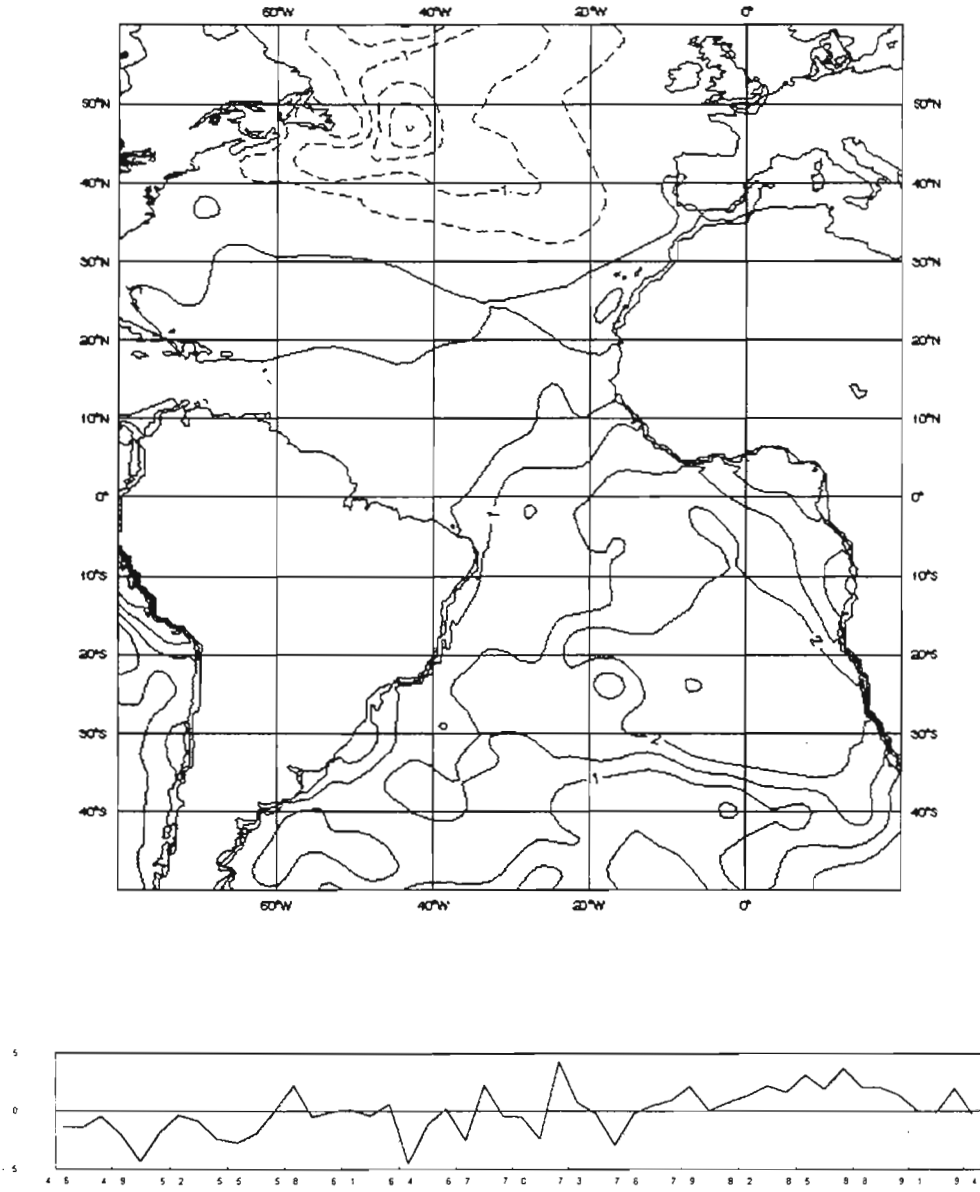


Fig.2: EOF1 del Atlántico y su componente principal para la estación de NDE.

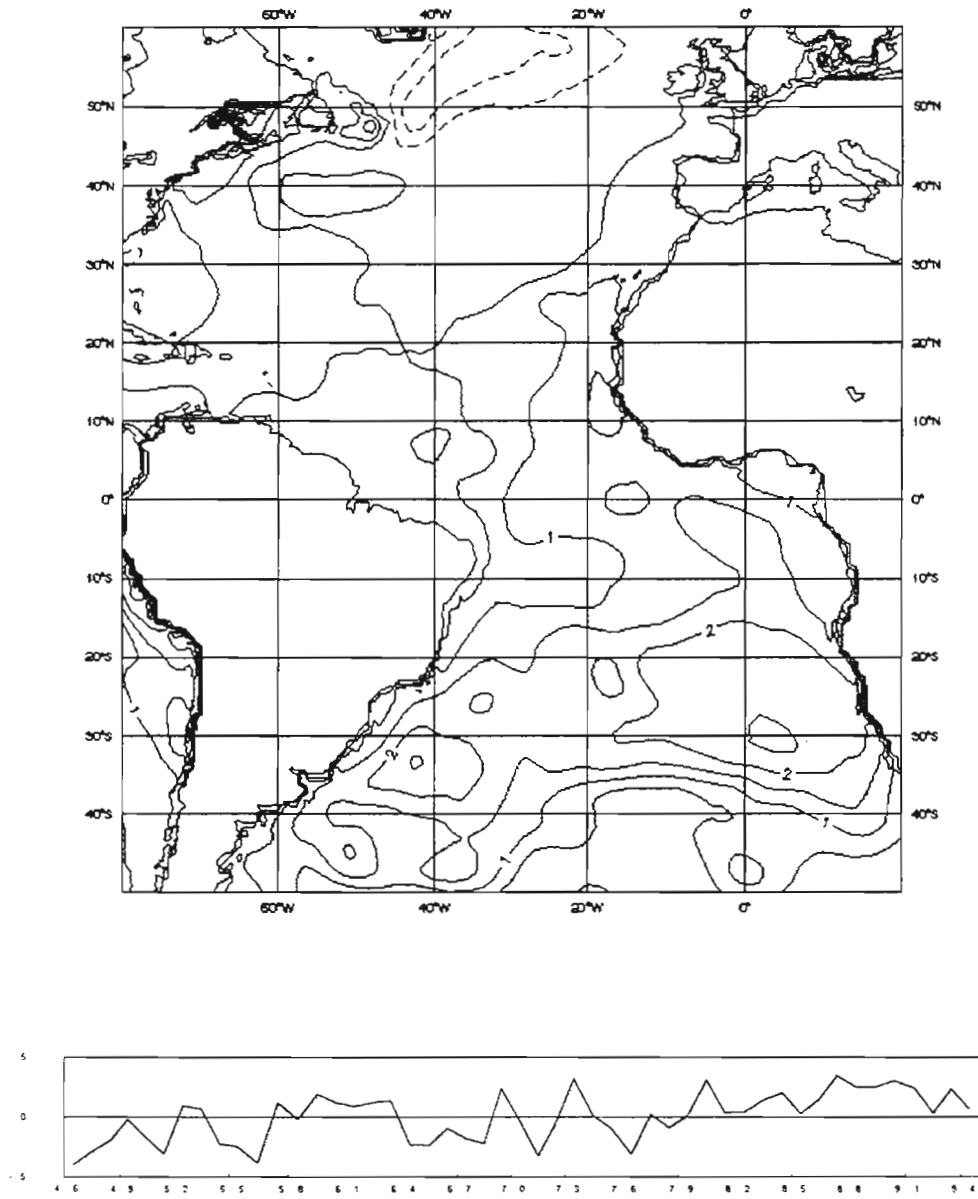


Fig.3: EOF1 del Atlántico y su componente principal para la estación de MAM.

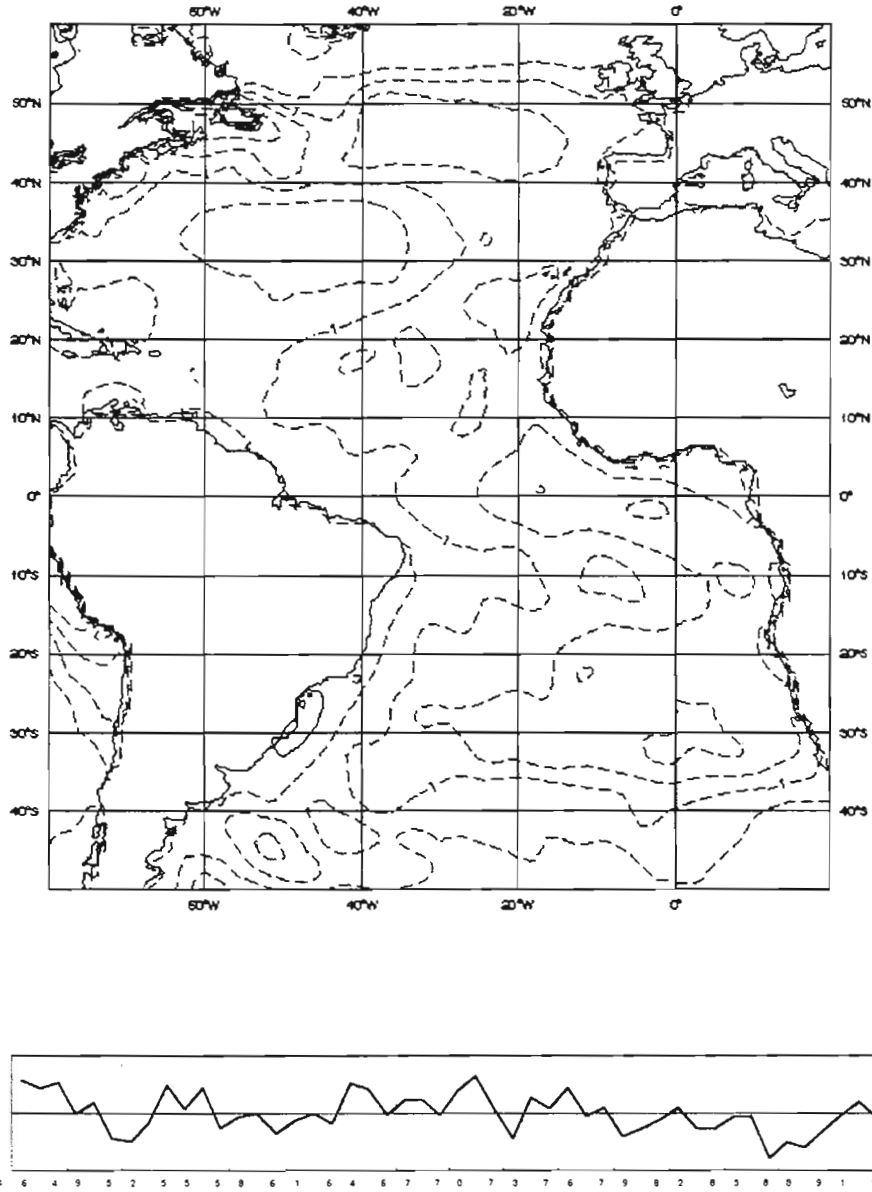


Fig.4: EOF1 del Atlántico y su componente principal para la estación de JJA.

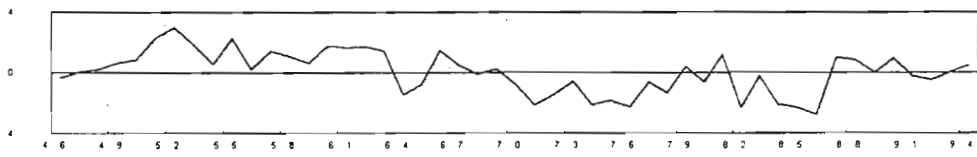
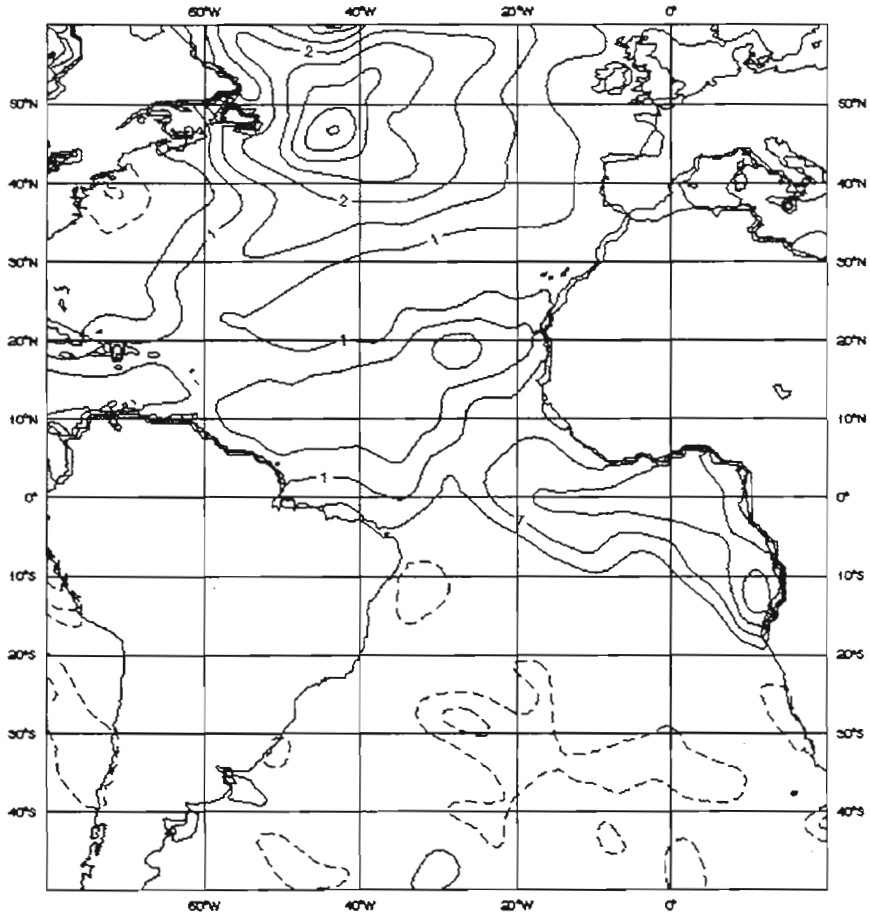


Fig.5: EOF2 del Atlántico y su componente principal para la estación de OND.

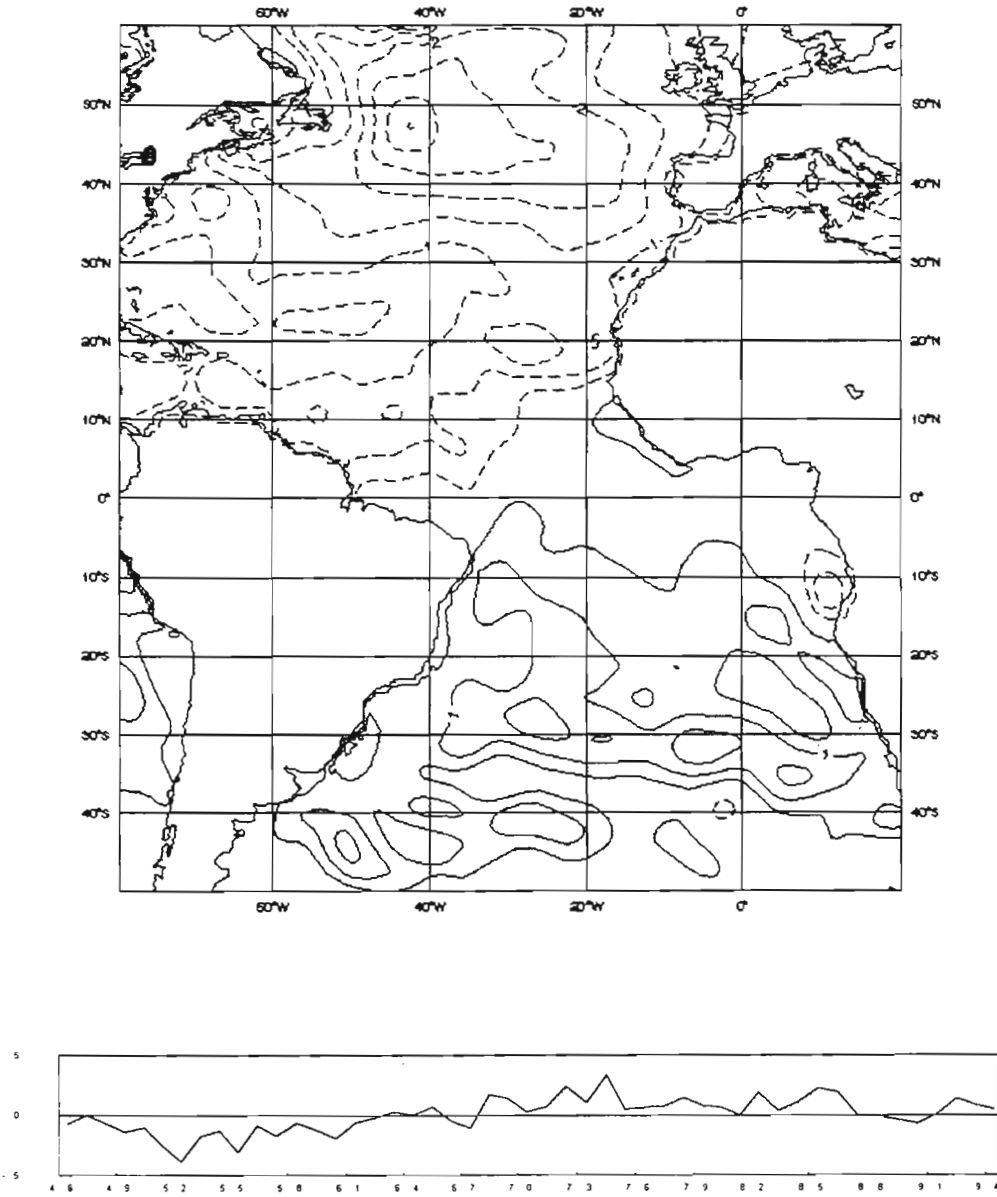


Fig.6: EOF2 del Atlántico y su componente principal para la estación de ASO.

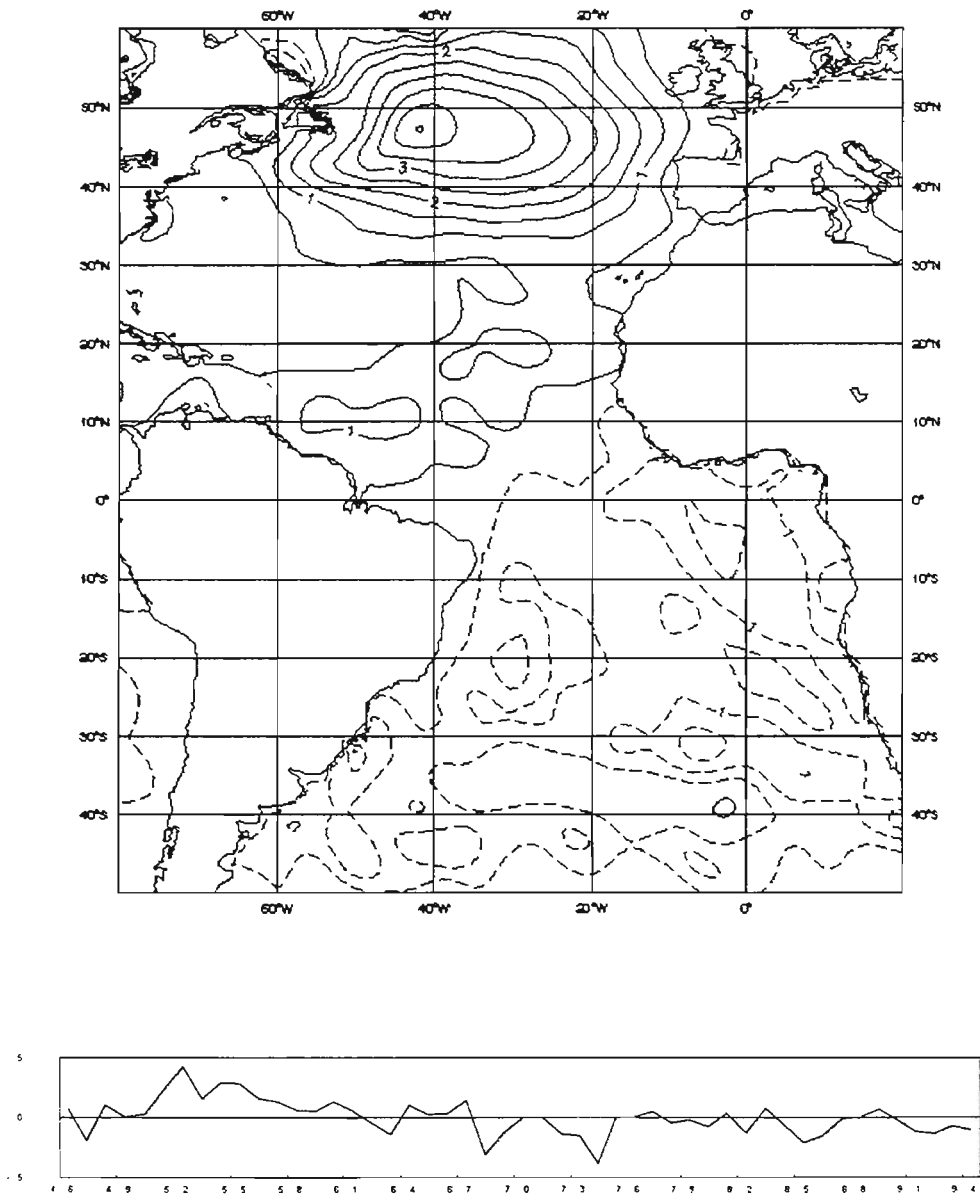


Fig.7: EOF2 del Atlántico y su componente principal para la estación de JAS.

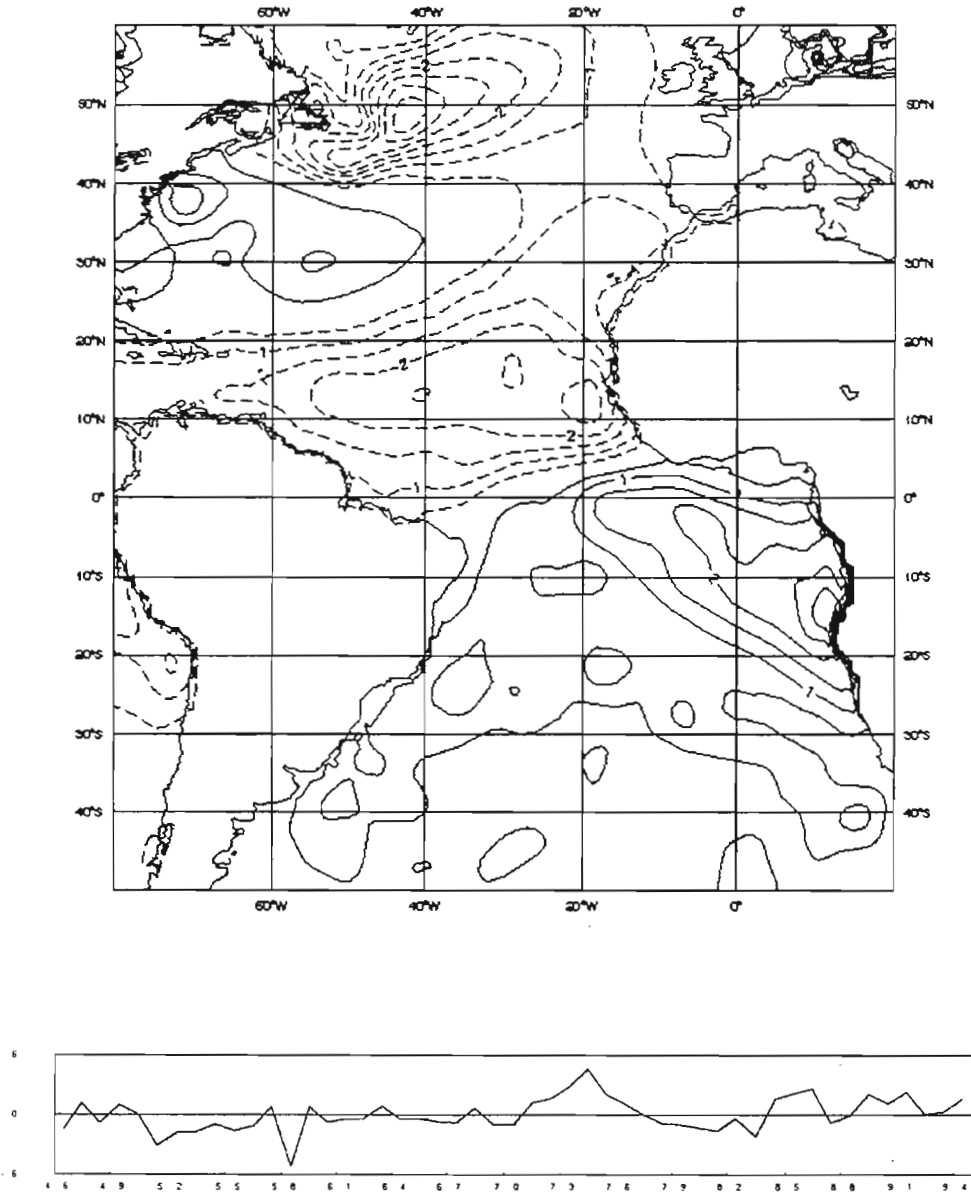


Fig.8: EOF2 del Atlántico y su componente principal para la estación de AMJ.

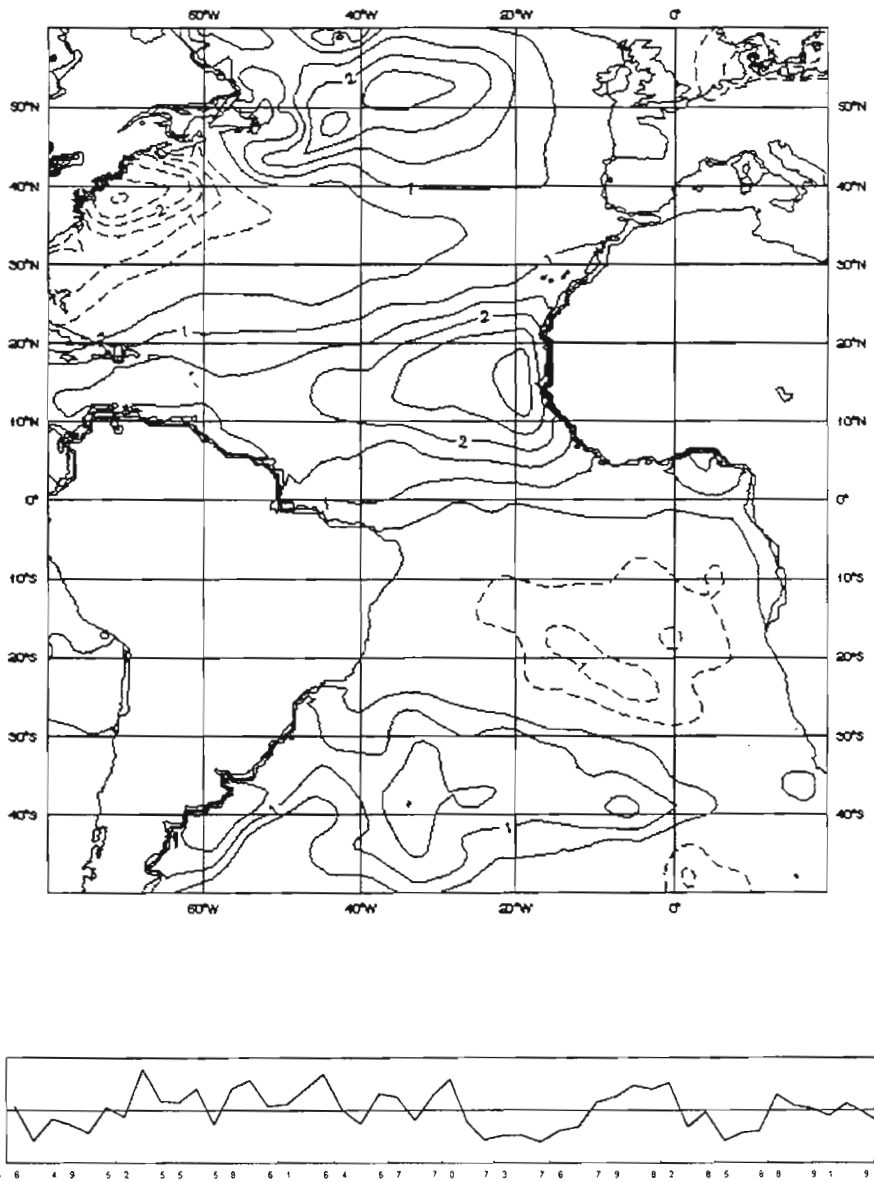


Fig.9: EOF2 del Atlántico y su componente principal para la estación de DEF.