

# SOFTWARE, INSTRUMENTACIÓN Y METODOLOGÍA

## ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA SINTOMATOLOGÍA DEL CICLO MENSTRUAL MEDIANTE MODELOS ARIMA

Pilar Jara, Jesús Rosel y Francesc Palmero

Universitat Jaume I

A pesar de la variedad de trabajos que estudian la sintomatología del ciclo menstrual, sigue siendo muy poco lo que se conoce sobre la naturaleza del comportamiento de dicha sintomatología. En este contexto, nuestro trabajo intenta proporcionar un mayor conocimiento del tema teniendo en cuenta secuencias sintomatológicas de distintas mujeres, elaboradas a partir de un calendario de registro diario de síntomas relacionados con la menstruación. Las características especiales de los datos nos conducen a plantear la metodología del análisis de series temporales (modelos *ARIMA*) como herramienta adecuada para nuestros objetivos. Los resultados indican que en el 43,36% de los casos la sintomatología puede ajustarse mediante modelos autorregresivos simples, en el 26,3% de los casos puede ajustarse mediante modelos autorregresivos simples y cíclicos, y que el resto pueden ajustarse con un modelo mixto autorregresivo y de media móvil. Estos resultados permiten concluir, entre otras cosas, que los modelos *ARIMA* resultan ser herramientas muy útiles para la descripción y/o predicción de algunos aspectos del comportamiento humano, y por otro lado que la sintomatología menstrual es autorregresiva (simple y/o cíclica).

*Analysis of the evolution of the menstrual cycle symptomatology through Arima models.* Despite the number of studies devoted to investigating the symptomatology of the menstrual cycle, little is known about how this symptomatology behaves. Within this context, this paper attempts to shed some light into the menstrual cycle symptomatology by analyzing women's symptomatologic sequences. Data were gathered by the daily recording of the menstrual symptoms. Time Series Analysis models (*ARIMA* models) were applied to analyze the data. Results showed that menstrual symptoms could be adjusted by means of simple autoregressive models in a 43.36% of the women, and by means of simple and cyclic autoregressive models in 26.3% of the women. For the rest of the women both mixed autoregressive and moving average models were applicable. The results reported here suggest that *ARIMA* models should be considered powerful analysis tools to describe and/or predict certain of human behaviors; and furthermore, menstrual symptomatology is defined as autoregressive (simple and/or cyclic).

Gran parte de las funciones que realizamos los seres vivos sigue patrones tempora-

les regulares, así, al observar diversas funciones biológicas básicas, se comprueba que el metabolismo, el nivel de temperatura corporal, la reproducción celular, el ciclo sueño-vigilia, o el ciclo ovárico, entre otros, son claros exponentes de funciones recurrentes. Si fijamos nuestra atención en con-

---

Correspondencia: Pilar Jara  
Departamento de Psicología  
Campus de la Carretera de Borriol  
Apdo. 224. 12080 Castelló (Spain)  
E-mail: jara@nuvol.uji.es

ductas habituales básicas, individuales o sociales, nuevamente pueden encontrarse actos recurrentes determinados por convenciones sociales tales como los horarios laborales, o la repetición de festividades.

Es evidente que la amplitud de los períodos de oscilación puede ser variable. Como señalan Reinberg y Halberg (1971), se puede distinguir entre: a) ciclos de frecuencia media o circadianos (en los que las oscilaciones se producen, aproximadamente, cada veinticuatro horas), b) ciclos de alta frecuencia o ultradianos (caracterizados por oscilaciones menores de veinte horas), y c) ciclos de baja frecuencia o infradianos (en los que la oscilación se produce con un intervalo mayor de veintiocho horas).

El ciclo menstrual humano puede considerarse como un ejemplo de ritmo biológico de baja frecuencia, puesto que en el sistema reproductor femenino se observan cambios cíclicos bastante regulares (Palmero, 1988). La duración de los ciclos varía de una mujer a otra, e incluso, la misma mujer puede experimentar cambios en la duración de su ciclo menstrual de un mes a otro. En cualquiera de los casos, parece bastante generalizada la idea de que el ciclo menstrual en la mujer tiene una duración alrededor de los veintiocho días. Así, para las hembras en edad fértil de nuestra especie, generalmente se observa la alusión a  $28 \pm 2$  días, tal es el caso de autores como Ganong (1982), quien habla de un promedio de duración de ciclo menstrual de 28 días, o Kaiser y Schumacher (1986), quienes consideran una duración media de 29.5 días. Por regla general, al final de este período se produce el sangrado menstrual, con la expulsión de un óvulo no fecundado y el resto de las paredes endometriales. Este hecho marca el inicio de cada nuevo ciclo que puede considerarse regulado por un "reloj biológico", situado en el diencefalo, concretamente en el hipotálamo, que controla la secreción de GnRH (factor liberador de gonadotropinas) inte-

ractuando con la hipófisis y los ovarios. De este modo, el reloj biológico al que aludíamos actúa de forma natural regulando los períodos del ciclo menstrual (Dalton, 1984). Esta regulación natural se produce en condiciones normales, cuando no existen trastornos o manipulación farmacológica que puedan alterar su funcionamiento. Sin embargo, se ha de puntualizar que, si bien el ciclo menstrual se encuentra regulado por mecanismos endógenos, también puede verse afectado por estímulos exógenos (Oatley, 1974; McClintock, 1971; Quadagno, Shubeita, Deck y Francoeur, 1981; Asso, 1983; Winfree, 1983, Palmero, 1988), tales como la estimulación emocional que puede desencadenar el proceso de ovulación, ocasionando lo que Ganong (1982) denomina "ovulación espontánea".

De cualquier modo, puede haber alteraciones en la regularidad del ciclo o en la fisiología del comportamiento cotidiano femenino ya sean producidas por mecanismos endógenos, ya por estimulación exógena, el resultado es la existencia de una gran variedad de alteraciones (síndrome premenstrual, dismenorrea espasmódica, distrés menstrual, endometriosis) que, relacionadas con la menstruación, tienen repercusión sintomatológica en la población femenina.

Cada una de las alteraciones aludidas se caracteriza, entre otras cosas, por la confluencia de un conjunto de síntomas, así como por la localización temporal en un momento concreto del ciclo menstrual (Palmero y Jara, 1990). Sin embargo, tal como apuntan Schechter, Bachmann, Vaitukaitis, Phillips y Saperstein (1989), es bien poco lo que se conoce sobre la naturaleza del comportamiento de los síntomas relacionados con el ciclo menstrual. Así pues, considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo se centra en determinar si existen síntomas recurrentes acaecidos a lo largo del ciclo menstrual, analizando los síntomas desde una perspectiva metodológica: el análisis

de series temporales. Nuestra hipótesis pretende comprobar si existe algún modelo estadístico temporal que describa el comportamiento de la ciclicidad sintomatológica general que se encuentra relacionada con el ciclo menstrual. Los modelos estadísticos longitudinales proporcionan la confección de ecuaciones que describen el comportamiento de un ciclo biológico, cual es la sintomatología del ciclo menstrual femenino.

### Metodología

Con las respuestas ofrecidas por un grupo de mujeres a un calendario menstrual de síntomas de registro diario, se conformó una serie temporal para cada una de ellas, teniendo en cuenta el número total de síntomas que experimentaban diariamente, durante tres meses consecutivos. Tras la confección de las series se utilizó el procedimiento de análisis *ARIMA* (Box y Jenkins, 1970, 1976) para series univariadas, y se procedió, de este modo, a la obtención del modelo que mejor ajustase y explicase la sintomatología menstrual en cada sujeto.

### Sujetos

La muestra estuvo conformada por un grupo de treinta mujeres estudiantes de Psicología de la Universidad de Málaga, de las cuales once abandonaron el registro diario por diferentes motivos. De tal modo que la muestra definitiva constó de diecinueve mujeres, cuyo rango de edad osciló entre 19 y 24 años (media= 21.36; desviación típica=  $\pm 1.38$ ).

La participación en este estudio se realizó de manera voluntaria. Además de ser mujeres solteras y sin hijos, reunían los siguientes requisitos:

- Tenían la menstruación regularmente todos los meses.
- No tomaban contraceptivos hormonales, ni los habían tomado, al menos

seis meses antes del inicio de la investigación.

- No padecían ninguna enfermedad, ni ginecológica, ni crónica.
- No debían estar sometidas a tratamiento farmacológico el tiempo que durase la investigación.

### Instrumentos

Los instrumentos utilizados para llevar a efecto el presente trabajo han sido los siguientes:

*Un formulario* en el que cada sujeto respondió a cuestiones relacionadas con las siguientes variables: edad, sexo, estado civil, enfermedades ginecológicas, intervenciones quirúrgicas y consumo de contraceptivos.

*Un calendario menstrual de síntomas de registro diario (CMD)* (Palmero, 1987) en el que se indicaba la presencia/ausencia de los síntomas estudiados, además de señalar la aparición, transcurso y finalización de la menstruación. La recogida de los datos realizada por medio de este calendario, rellenado diariamente por cada mujer participante, durante, al menos, tres ciclos menstruales consecutivos.

Los síntomas objeto de estudio en este calendario se recogen en tres áreas: fisiológica, psicológica y conductual. En el cuadro 1, se especifican los síntomas que se ha tenido en cuenta en cada una de las tres áreas.

Cuadro 1 Síntomas registrados en el calendario		
Fisiológicos	Psicológicos	Conductuales
Dolor de cabeza Dolor de pechos Dolor de piernas Dolor en zona lumbar Hinchazón piernas Orinar más de la norma Orinar menos de la norma Dolor bajo vientre Náuseas o vómitos	Ansiedad Insomnio Irritabilidad Cambios humor Depresión o tristeza	Entorpece la actividad

*Procedimiento*

La serie temporal de cada sujeto quedaba confeccionada con el número de síntomas obtenido de la suma de las tres áreas -fisiológica, psicológica y conductual-, que cada sujeto experimentaba a lo largo del día. El resultado de esta suma se denominó “síntomas totales diarios”. De este modo, se anotó día a día el número de síntomas padecidos, además, dado que cada sujeto contaba en su serie temporal con anotaciones procedentes de, al menos, tres ciclos menstruales consecutivos, cada serie temporal contenía un número mínimo de ochenta y cuatro datos.

*Análisis de datos*

Tras efectuar el registro, se procedió a la construcción del modelo ARIMA que mejor ajustase los datos de cada sujeto; para ello se realizaron los pasos definidos por Box y Jenkins (1970, 1976), utilizados también por otros investigadores de series temporales (Nelson, 1973; Glass, Wilson y Gottman, 1975; Box y Jenkins, 1976; Kendall, 1976; Ljung y Box, 1978; Chatfield, 1978; McCain y McCleary, 1979; Gottman, 1981; McCleary y Hay, 1982; Makridakis, Wheelwright y McGee, 1983; Gregson, 1983; Arnau, 1981, 1984, 1987; Uriel, 1985; Peña, 1986; Vallejo, 1986; Martínez, 1987; Robinson, 1988; Diggle, 1990; Montgomery, Johnson y Gardiner, 1990; Wei, 1990; Eatwell, 1991; Rosel, Elósegui y Rivas, 1992; Janacek y Swift, 1992; Rosel y Elósegui, 1994).

Esta metodología propone que la génesis de una serie temporal, de carácter general, en la que se dan tanto componentes simples como cíclicos, viene simbolizada por un proceso ARIMA (p,d,q) (P,D,Q)<sub>s</sub>, que responde al desarrollo de la siguiente fórmula:

$$[\phi_p(B)\Phi_p(B^S)]\left[\nabla^d \nabla_s^D\right]y_t = \theta_0 + [\theta_q(B)\Theta_q(B^S)]a_t$$

donde:

$\phi_p, \Phi_p$  y  $\theta_q, \Theta_q$  son los valores de los coeficientes, en modelos autorregresivos y de medias móviles, respectivamente, para el orden p, P y q, Q del polinomio.

B es un operador lógico, denominado operador de retardos, cuyo significado implica que B “incide” sobre una variable temporal,  $y_t$ , modificándola retroactivamente. Así:  $B(y_t) = y_{t-1}$ , y  $B^P(y_t) = y_{t-P}$

$\left[\nabla^d \nabla_s^D\right]$  es el componente de diferenciación simple y cíclico.

$y_t$  es el valor de la variable observada “y” en el momento “t”.

$\theta_0$  es la constante de la serie.

$a_t$  es un proceso de “ruido blanco”.

Los paréntesis con el operador de retardos (B), con potencia “S” hacen referencia a modelos con componentes cíclicos, con duración “S”.

Esta fórmula general puede contemplarse, de manera expandida, sustituyendo cada valor de acuerdo con el siguiente procedimiento:

$$\phi_p(B^p) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\Phi_p(B^S) = (1 - \Phi_1 B^S - \Phi_2 B^{2S} - \dots - \Phi_p B^{pS})$$

$$\theta_q(B^q) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

$$\Theta_q(B^S) = (1 - \Theta_1 B^S - \Theta_2 B^{2S} - \dots - \Theta_q B^{qS})$$

La obtención del modelo para cada caso particular debe seguir estos pasos:

1. *La identificación* del modelo ARIMA (autorregresivo, diferenciado, o de media móvil) que, tentativamente, ajuste mejor a los datos. Para llevar a cabo esta fase se tie-

ne en cuenta los patrones mostrados en la correlación de la serie consigo misma, es decir, mediante el estudio de la función de autocorrelación (*ACF* y *PACF*).

2. *La estimación* del modelo anteriormente identificado consiste en observar que éste cumple ciertos requisitos estadísticos, tales como que los parámetros estimados del modelo *ARIMA* deben ser estadísticamente diferentes de cero, y hallarse dentro de las bandas de invertibilidad y estacionariedad.

3. *El diagnóstico* del modelo tiene lugar cuando los dos pasos anteriores se han cumplido satisfactoriamente, de tal modo que en este punto se centrará el interés en dos aspectos:

A.- *La valoración* estadística de los residuales ( $a_t$ ), que deben ser un “ruido blanco”, cumpliendo básicamente dos criterios. Por un lado, los  $a_t$  deben ser independientes entre sí, es decir,  $E(a_t, a_{t+k})=0$ , (siendo  $k=\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ). Por otro lado, los residuales del modelo identificado deben estar distribuidos de la siguiente forma:  $a_t \cong (\text{NID}(0, \sigma_a^2))$ , o sea: media “cero” y varianza constante.

B.- *El estadístico “LBQ”* de Ljung y Box (1978), donde se plantea que, siguiendo una distribución chi-cuadrado, los valores del *ACF* de los residuales no deben diferir significativamente de cero, dando así lugar a un proceso de ruido blanco. Su cálculo se realiza comprobando el valor de *LBQ* (chi-cuadrado) con “k-m” grados de libertad, siendo “k” el número del retardo examinado, y “m” el número de parámetros estimados ( $p+q+1$ ) siendo “p” igual al número de parámetros autorregresivos, “q” el número de parámetros de media móvil, y “1” un valor añadido cuando el modelo incluye una constante ( $\theta_0$ ); si el modelo no contempla esta constante, entonces basta con  $p+q$ . Ha de tenerse en cuenta, además, el hecho de que dado el caso de existencia de modelos cíclicos, el número de paráme-

tros se incrementará en P, Q, o P+Q (g.l.=  $p+q+P+Q+1$ ).

4. *La metadiagnos* es la etapa del análisis de series temporales que se utiliza, básicamente, cuando el analista se plantea la confección de pronósticos de la conducta o el análisis causal multivariante (McCleary y Hay, 1982). Para comprobar que el modelo es correcto se ha procedido sobreestimando y también infraestimando el modelo considerado correcto; tanto al sobreestimar como al infraestimar el número de parámetros correctos en cada caso, se comprobó que los nuevos coeficientes no eran significativos.

Otro criterio a considerar en la metadiagnos ha sido la comprobación del estadístico “R<sup>2</sup>” (McCleary y Hay, 1982; Arnau, 1988), que representa el porcentaje de la varianza que es explicada por el modelo seleccionado. Su resultado puede averiguarse mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N \tilde{a}_t^2}{y_t^2}$$

Con la utilización de este procedimiento, se intenta establecer la adecuación estadística de un modelo *ARIMA* al conjunto de los datos del presente estudio; datos que por lo demás conforman una realización empírica de serie temporal.

### Resultados

El cuadro 2 recoge, por una parte los modelos *ARIMA* obtenidos entre los sujetos que conformaban la muestra y, por otro lado, el valor medio de la periodicidad mensual indicada en el calendario menstrual de registro diario, tanto para cada sujeto como para el conjunto de la muestra. Este último dato (valor medio de la periodicidad mensual) está en consonancia con la duración media de la ciclicidad menstrual a que se ha hecho referencia en la introducción del pre-

sente trabajo, en la que se decía que el promedio de duración del ciclo menstrual se encuentra entre los valores de  $28 \pm 2$  días. Además, puede observarse que los valores del componente cíclico encontrados, son prácticamente iguales al valor de la periodicidad menstrual real de los sujetos. En este sentido, se ha considerado el coeficiente de correlación de Pearson  $r=0.81$  ( $p=0.0025$ ), que indica un elevado grado de correlación entre ciclicidad menstrual real y la obtenida estadísticamente.

gía experimentada a lo largo del ciclo menstrual.

Además, se ha de destacar, a nivel general, que no se ha detectado ningún tipo de tendencia (ni ascendente, ni descendente), a lo largo de las series temporales de los sujetos que han conformado muestra, por lo que no ha sido necesario diferenciar ninguna serie; así, puede decirse que la sintomatología en el ciclo menstrual es estable; y en consecuencia no aparece, en la formulación de ningún sujeto, el componente  $\nabla^d \nabla_s^D$  (diferenciación simple o cíclica).

En los cuadros 3, 4, 5 y 6 se presentan las puntuaciones obtenidas, de acuerdo con cada modelo, para los siguientes parámetros:

- Valores hallados para los coeficientes, tanto en modelos autorregresivos  $(\phi_p, \Phi_p)$ , como de medias móviles  $(\theta_q, \Theta_q)$ , además del correspondiente a la constante  $\theta_0$ , caso de que dé un resultado significativo.

- Valor del error típico de estimación para cada coeficiente, representado por las siglas S.E.

- Nivel de significación de cada uno de los coeficientes por medio del estadístico "t", representado por "t-ratio".

- Valor del estadístico *LBQ* para el retardo número 60 de las autocorrelaciones simples de cada variable, dado que éste es el último valor que se ha utilizado para realizar la función de autocorrelación en cada análisis. A excepción del sujeto número 12, en el que se ha considerado el retardo nº 58, por ser éste el último lugar obtenido en la función de autocorrelación de sus residuales, debido al número de datos de este sujeto.

A lo largo de la exposición de los resultados puede observarse que todos los modelos seleccionados cumplen los requisitos necesarios para que puedan considerarse buenos explicadores y predictores de la conducta sintomatológica del ciclo menstrual. Así, se observa que:

Cuadro 2 Modelos obtenidos (AR simples y cíclicos, y ARMA cíclicos), se indica para cada sujeto la media de duración de su ciclo menstrual así como la media que corresponde a los grupos tomados como simples y cíclicos. (* ) El valor de $\bar{X}$ y de $S_x$ se ha calculado teniendo en cuenta sólo los sujetos con modelos cíclicos.		
Modelos Arima	Sujeto y periodicidad menstrual	
AR SIMPLES	ARIMA (1,0,0) → $\bar{X}$ (S5)= 30.7; $\bar{X}$ (S9)= 26.1; $\bar{X}$ (S11)= 30.4; $\bar{X}$ (S18)= 31; $\bar{X}$ (S19)= 28; $\bar{X}$ (S1)= 29 ARIMA (1,2;0;0) → $\bar{X}$ (S7)= 28; $\bar{X}$ (S15)= 27.5 $\bar{X}$ (S10)= 33	$\bar{X}$ = 28.1 $S_x$ = 1.9
AR CICLICOS	ARIMA (1,0,0) (1,0,0) <sub>27</sub> → $\bar{X}$ (S14)= 28.3 ARIMA (1,0,0) (1,0,0) <sub>28</sub> → $\bar{X}$ (S17)= 28.3 ARIMA (1,0,0) (1,0,0) <sub>29</sub> → $\bar{X}$ (S12)= 28.5; $\bar{X}$ (S6)= 29 ARIMA (1,0,0) (1,0,0) <sub>31</sub> → $\bar{X}$ (S47)= 32.4	$\bar{X}$ = 28.9
ARMA CICLICOS	ARIMA (1,0,1) (1,0,0) <sub>30</sub> → $\bar{X}$ (S3)= 29; ARIMA (1,0,0) (0,0,1) <sub>29</sub> → $\bar{X}$ (S13)= 30.2 ARIMA (1,2;0;0) (0,0,1) <sub>25</sub> → $\bar{X}$ (S8)= 27.7 ARIMA (1,0,0) (0,0,1) <sub>28</sub> → $\bar{X}$ (S2)= 29 ARIMA (1,0,0) (0,0,1) <sub>25</sub> → $\bar{X}$ (S16)= 27.2	$S_x$ = 1.4 (* )

Los resultados muestran la existencia de un modelo estadístico que refleja, en cada caso, el comportamiento de la sintomatolo-

1. Todos los coeficientes de los modelos, ya autorregresivos, ya de media móvil, se encuentran dentro de las bandas de estacionaridad e invertibilidad respectivamente; es decir, se cumple que:  $-1 < \phi_p < +1$  y  $-1 < \phi_q < +1$ .

2. Tanto los coeficientes de modelos autorregresivos como los de media móvil son estadísticamente significativos (al nivel de significación del 0.05).

3. Los residuales obtenidos en cada modelo, siguen un proceso de ruido blanco, como puede observarse por medio de los valores del test de residuales del estadístico *L*B*Q*.

Los modelos ARIMA encontrados se clasificaron en grupos, cuyo contenido se determinó siguiendo el criterio de similitud en los patrones de conducta sintomatológica. Así, los grupos se han formado de acuerdo con los siguientes resultados:

1.- El *primer grupo* se conformó con nueve sujetos (47.36% de la muestra). El denominador común de los sujetos que pertenecen a este grupo es el hecho de que en todos los casos las series temporales subyacentes a la sintomatología de sus respectivos ciclos menstruales son descritas mediante modelos autorregresivos simples.

Los valores encontrados, en cada caso, quedan recogidos en el cuadro 3.

De los resultados encontrados para este grupo de sujetos se pueden establecer dos apartados, cuales son:

1.A) Este subgrupo está integrado por seis sujetos (31.5% de la muestra), cuyo modelo de series temporales puede representarse por medio de modelos autorregresivos de orden uno, es decir, *ARIMA*(1,0,0).

1.B) Este subgrupo se formó con tres sujetos (15.7% de la muestra), que mostraron un patrón de conducta sintomatológica descrito por un modelo *ARIMA*(1,2;0;0)

Cuadro 3

Valores de los coeficientes estimados para sujetos cuya sintomatología se representaba por modelos *AR* simples (subgrupo 1.A); aparecen, además, los valores de los distintos coeficientes, su error típico (S.E.) y significación mediante la razón «t» de Student-Fisher, así como el *L*B*Q* para el retardo 60.

Nota: Las «t-ratio» se han obtenido con los datos originales de los coeficientes y sus respectivos «S.E.», aproximando con tres decimales, aunque en el cuadro sólo se indican dos.

	S5	S9	S11	S18	S19	S1
$\phi_1$	0.38	0.26	0.44	0.60	0.55	0.43
S.E.	0.07	0.06	0.06	0.08	0.08	0.09
«t»	5.05	3.94	6.71	7.12	6.22	4.52
$\mu$	0.12	0.43	0.66	0.61	0.68	0.27
S.E.	0.04	0.08	0.11	0.25	0.18	0.08
«t»	3.00	5.43	5.98	2.40	3.70	3.22
$\theta_0$	0.08	0.44	0.36	0.24	0.31	0.16
<i>L</i> B <i>Q</i>	53	57	68	34	53	45

Cuadro 4

Valores de los coeficientes estimados para los sujetos cuya sintomatología menstrual quedaba debidamente representada por modelos *AR* simples (subgrupo 1.B); contiene también los valores de los distintos coeficientes, su error típico (S.E.) y significación mediante la razón «t» de Student-Fisher y significación, además del *L*B*Q* para el retardo 60

	S7	S10	S15
$\phi_1$	0.96	0.23	0.30
S.E.	0.10	0.11	0.07
«t»	9.25	2.15	4.14
$\phi_1$	-0.24	0.27	0.19
S.E.	0.10	0.11	0.07
«t»	-2.35	2.51	2.66
$\mu$	0.37	0.35	0.78
S.E.	0.16	0.13	0.14
«t»	2.33	2.80	5.41
$\theta_0$	0.10	0.17	0.40
<i>L</i> B <i>Q</i>	37	65	41

El valor de cada uno de los parámetros hallados en los modelos de este grupo queda registrado en el cuadro 4.

2.- El *segundo grupo* se constituyó mediante la recopilación de aquellos sujetos cuya serie temporal podía explicarse por la combinación de modelos autorregresivos simples y cíclicos. Así pues, este grupo quedó formado por cinco sujetos (26.3% de la muestra total).

Los cinco sujetos mostraban patrones sintomatológicos que podían establecerse de acuerdo con el modelo ARIMA (1,0,0)(1,0,0)<sub>s</sub>; donde "s" adoptó los valores: 27, 28, 29 o 31.

**Cuadro 5**  
Valores de los coeficientes estimados para los sujetos cuya sintomatología menstrual quedaba debidamente representada por modelos AR simples y cíclicos; así como los valores de los distintos coeficientes, su error típico (S.E.) y significación mediante la razón «t» de Student-Fisher y significación, además del LBQ para el retardo 60.

\* Representa el valor de LBQ para el lag 58 dado que es el último aparecido en el cuadro de autocorrelaciones de los residuales

	S4	S12	S14	S17	S6
$\phi_1$	0.69	0.37	0.76	0.25	0.40
S.E.	0.05	0.09	0.05	0.09	0.07
«t»	12.5	4.08	14.2	2.69	5.44
$\phi_{27}$			0.55		
S.E.			0.06		
«t»			8.84		
$\phi_{28}$				0.30	
S.E.				0.10	
«t»				2.77	
$\phi_{29}$		0.46			0.35
S.E.		0.08			0.06
«t»		5.51			5.10
$\phi_{31}$	0.46				
S.E.	0.06				
«t»	0.68				
$\mu$	0.75	0.24		0.92	0.71
S.E.	0.28	0.08		0.18	0.15
«t»	2.65	2.88		4.95	4.73
$\theta_0$	0.13	0.08		0.48	0.28
LBQ	51	27*	57	56	46

El valor de los parámetros de los modelos de este grupo, está recogido en el cuadro 5.

3.- El *tercer grupo* se formó con cinco sujetos (26.3% de la muestra total), cuya sintomatología se explica por la combinación de modelos autorregresivos AR y de medias móviles MA.

Los valores hallados para los parámetros de los modelos que pertenecen a este grupo, quedan registrados dentro de el cuadro 6.

**Cuadro 6**  
Valores de los coeficientes de los sujetos cuya sintomatología menstrual quedaba debidamente representada por la combinación de modelos AR y MA; así como los valores de los distintos coeficientes, su error típico (S.E.) y significación mediante la razón «t» de Student-Fisher y significación, además del LBQ para el retardo 60

	S3	S8	S13	S2	S16
$\phi_1$	0.77	0.44	0.41	0.33	0.28
S.E.	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07
«t»	10.9	5.60	5.84	3.88	4.00
$\phi_2$		0.20			
S.E.		0.07			
«t»		2.63			
$\Phi_{30}$	0.36				
S.E.	0.08				
«t»	4.12				
$\theta_1$	-0.38				
S.E.	0.09				
«t»	-3.95				
$\Theta_{25}$		-0.51			-0.27
S.E.		0.07			0.07
«t»		-7.17			-3.91
$\Theta_{28}$				-0.75	
S.E.				0.04	
«t»				-20.1	
$\Theta_{29}$			-0.29		
S.E.			0.07		
«t»			-3.93		
$\mu$		1.41	0.48	0.38	0.76
S.E.		0.35	0.12	0.13	0.12
«t»		3.94	3.93	2.95	6.24
$\theta_0$		0.77	0.36	0.25	0.55
LBQ	36	68	69	82	53

Concretamente, se han encontrado cuatro sujetos cuyo comportamiento sintomatológico menstrual puede explicarse mediante un modelo que combina el componente simple autorregresivo, con el componente cíclico de medias móviles ARIMA (1,0,0)



$(0,0,1)_S$ . Mientras que el quinto integrante de este grupo se ajusta a un modelo simple que combina el componente autorregresivo, con un componente de media móvil, junto con un componente cíclico autorregresivo  $ARIMA(1,0,1)(1,0,0)_S$ .

### Discusión

A lo largo de la exposición de los resultados obtenidos, ha quedado de manifiesto el hecho de que los datos que conforman cada serie temporal, generada por los síntomas padecidos por cada uno de los sujetos integrantes de nuestra muestra, son susceptibles de explicarse por medio de un procedimiento estadístico.

Por lo que respecta a los resultados encontrados en cada uno de los grupos puede concluirse:

Los modelos que forman el *primer grupo* explican la conducta del siguiente modo:

En el caso de los modelos del subgrupo 1.A puede decirse que los síntomas padecidos por los sujetos, durante un día cualquiera del ciclo, están en relación directa con los que ese mismo sujeto sufrió el día anterior  $\{y_t = f(y_{t-1})\}$ . La ecuación que describe este modelo es la siguiente:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + a_t + \theta_0$$

Si se tienen en cuenta los resultados encontrados para cada uno de los sujetos que conforman este grupo puede decirse, a modo de ejemplo, que el sujeto número 5 sigue una pauta sintomatológica representable por medio de la siguiente ecuación:

$$y_t = 0.38y_t + 0.12 + a_t$$

Los sujetos que forman el subgrupo 1.B, muestran un patrón de conducta sintomatológica que puede representarse por medio de un modelo autorregresivo de memoria superior a uno. En cada caso, los modelos encon-

trados muestran una combinación del día precedente y el día anterior al que en ese momento se considere. Esto quiere decir que, en estos sujetos, los síntomas padecidos durante un día cualquiera, están directamente relacionados con los que presentaron el día anterior y, además, con los que experimentaron el segundo día previo al estimado, por lo que se puede decir que  $y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2})$ .

Los modelos estadísticos *ARIMA* que explican estas series temporales, quedan reflejados del siguiente modo:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + a_t + \theta_0$$

Si se tienen en cuenta los valores encontrados entre los sujetos que conforman este grupo, y se fija la atención en uno de ellos, por ejemplo el sujeto 10, se observará que los síntomas padecidos por este sujeto durante un día cualquiera se pueden averiguar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$y_t = 0.23y_{t-1} + 0.27y_{t-2} + a_t + 0.17$$

En cuanto a los modelos que forman el *segundo grupo*, se puede decir que explican la sintomatología menstrual del siguiente modo:

En este caso, los modelos del tipo *ARIMA*  $(1,0,0)$   $(1,0,0)_S$  muestran la existencia de dos componentes, uno simple y otro cíclico. Este hecho puede entenderse como que la sintomatología padecida en un día cualquiera está relacionada con la sufrida el día anterior, y además con la que experimentaron hace 27, 28, 29 o 31 días, dependiendo del sujeto; por tanto puede decirse, genéricamente, que  $y_t = f(y_{t-1}, y_{t-s}, y_{t-s-1})$ .

Las ecuaciones que representan estos modelos, son las siguientes:

$$\begin{aligned} ARIMA(1,0,0)(1,0,0)_{27} &\rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + \Phi_{27} y_{t-27} - \phi_1 \Phi_{27} y_{t-28} + a_t + \theta_0 \\ ARIMA(1,0,0)(1,0,0)_{28} &\rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + \Phi_{28} y_{t-28} - \phi_1 \Phi_{28} y_{t-29} + a_t + \theta_0 \\ ARIMA(1,0,0)(1,0,0)_{29} &\rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + \Phi_{29} y_{t-29} - \phi_1 \Phi_{29} y_{t-30} + a_t + \theta_0 \\ ARIMA(1,0,0)(1,0,0)_{31} &\rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + \Phi_{31} y_{t-31} - \phi_1 \Phi_{31} y_{t-32} + a_t + \theta_0 \end{aligned}$$

Si se tiene en cuenta los valores encontrados entre los sujetos que conforman este grupo, y se fija la atención en uno de ellos, por ejemplo el sujeto 4, se observará que los síntomas padecidos por este sujeto durante un día cualquiera se pueden averiguar siguiendo las pautas que marca la ecuación:

$$y_t = 0.69y_{t-1} + 0.46y_{t-31} - 0.69 \cdot 0.46y_{t-32} + a_t + 0.13$$

Los sujetos integrantes del *tercer grupo* siguen un patrón de sintomatología de ciclo menstrual ajustable a un modelo cíclico de carácter mixto, en el que se combinan los componentes autorregresivos con los de media móvil. Por tanto, podría decirse que su comportamiento depende tanto de los síntomas padecidos en el/los día(s) anterior(es), síntomas generados por el sistema en estudio (componente autorregresivo), como de aquellos síntomas que, en días precedentes, fueron generados por un mecanismo distinto al que se está observando (componente de medias móviles).

Los modelos ARIMA encontrados en este grupo son los siguientes:

$$ARIMA (1,0,0) (1,0,0)_{30} \rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + \Phi_{30} y_{t-30} - \phi_1 \Phi_{30} y_{t-31} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Obsérvese que en este caso el valor de la constante no aparece, dado que no resultó ser significativo.

$$ARIMA (1,0,0) (0,0,1)_{29} \rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + a_t - \theta_{29} a_{t-29} + \theta_0$$

$$ARIMA (1,2;0;0) (0,0,1)_{25} \rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + a_t - \theta_{25} a_{t-25} + \theta_0$$

$$ARIMA (1,0,0) (0,0,1)_{28} \rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + a_t - \theta_{28} a_{t-28} + \theta_0$$

$$ARIMA (1,0,0) (0,0,1)_{25} \rightarrow y_t = \phi_1 y_{t-1} + a_t - \theta_{25} a_{t-25} + \theta_0$$

Si se consideran los valores encontrados entre los sujetos que conforman este grupo, y se fija la atención en uno de ellos, por ejemplo el sujeto 3, se observará que los síntomas padecidos por este sujeto durante un día cualquiera se pueden averiguar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$y_t = 0.77y_{t-1} + 0.36y_{t-30} + a_t - (-0.38)a_{t-1}$$

Tanto los sujetos que forman el grupo 2 como los del grupo 3, padecen una sintomatología menstrual que puede explicarse mediante modelos cíclicos. Este tipo de modelos podría considerarse como el más adecuado para el ciclo menstrual, dado que pone de manifiesto la recurrencia relacionada con la menstruación. Así, el porcentaje de sujetos que presentan modelos cíclicos es del 52.64%, en contraposición a los que presentan modelos simples 47.36%.

### Conclusiones

Si tenemos en cuenta el objetivo general que planteábamos al comienzo del presente trabajo, hemos de considerar que, efectivamente, existen varios modelos ARIMA descriptores del comportamiento de la sintomatología más frecuentemente relacionada con el ciclo menstrual. Así pues, se puede constatar que en todos los casos existe un modelo que ajusta adecuadamente su serie temporal.

Este hecho indicaría que el comportamiento humano, en alguna medida, se encuentra autocorrelacionado. Por tanto, este trabajo viene a sumarse a la lista de autores que defienden la consideración de que, teniendo en cuenta un número de datos adecuado a la metodología de análisis, el comportamiento humano manifiesta ser autodependiente (Larsen, 1987; Rosel, Elósegui y Rivas, 1992; Rosel y Elósegui, 1994; Velićer, Redding, Richmond, Greeley y Swift, 1992), en contra de lo que Huitema (1985) plantea en relación con la *no* autocorrelación del comportamiento humano.

En cuanto a los distintos componentes hallados en los modelos, permiten observar la existencia de dos posibles tipos de aparición de síntomas, una vía que vendría definida por el componente autorregresivo en el que la sintomatología estaría generada por

un sistema, seguramente con sustrato biológico, donde se produce una autodependencia sintomatológica temporal; y la otra vía en la que intervendría el componente de media móvil, en la que la sintomatología del ciclo menstrual estaría generada desde un sistema diferente al que se está observando, al que podríamos catalogar como la parte de "ruido". Esta posible doble generación de sintomatología similar permitiría llegar a la idea de que el análisis de series temporales mediante el procedimiento *ARIMA* es una herramienta metodológica que puede resultar muy adecuada al estudio de la sintomatología de determinadas alteraciones, tales como el síndrome premenstrual, en la que podría estudiarse, mediante distintos análisis de los datos, qué síntomas están realmente generados por un sistema determinado y cuáles siguen un proceso de ruido. Esta es una idea en la que convendría profundizar, al punto de que, tal como apuntan Mao y Chang (1985), es posible que existan diferentes síndromes premenstruales con distintas etiologías y procesos, por tanto, con diferentes necesidades de tratamiento.

Desde otra perspectiva, considerando los dos grandes bloques de modelos: simples y

cíclicos, es pertinente resaltar que los primeros pueden acercarnos hacia una descripción sintomatológica de carácter general, en tanto que, los modelos cíclicos detectan con mayor agudeza los cambios que se producen en la sintomatología que tiene su ocurrencia alrededor de la menstruación.

El hallazgo de la diversidad de modelos explicativos de la conducta sintomatológica en el ciclo menstrual de las mujeres que integran nuestra muestra, puede llevarnos a pensar que las distintas patologías relacionadas directamente con el ciclo menstrual, se pueden explicar desde un modelo *ARIMA* diferente. No obstante, esto no deja de ser una hipótesis que necesitaría ser probada en posteriores estudios de investigación, donde se perfilase la muestra de acuerdo con diferentes grupos, categorizados en función de las distintas patologías menstruales.

En definitiva, resulta interesante destacar el hecho de que el uso de modelos dinámicos, como los modelos *ARIMA*, son herramientas de gran utilidad a la hora de plantearse la descripción y/o predicción de determinados aspectos del comportamiento humano, tanto a nivel individual como grupal.

## Referencias

- Arnau, J. (1981). Uso de los modelos de Series Temporales como técnica de análisis de los diseños conductuales. *Anuario de Psicología*, 25, 17-35.
- Arnau, J. (1984). *Diseños experimentales en Psicología y en Educación. Vol. II*. México: Trillas.
- Arnau, J. (1987). *Técnicas de análisis de Series Temporales*. Barcelona: Publicación interna. Departamento de Metodología. Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona.
- Asso, D. (1983). *The real menstrual cycle*. New York: John Wiley.
- Box, G.E.P. y Jenkins, G.M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Box, G.E.P. y Jenkins, G.M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco, CA: Holden-Day.
- Chatfield, C. (1978). *The Analysis of Time Series: Theory and Practice*. London: Chapman and Hall.
- Dalton, K. (1984). *The premenstrual Syndrome and Progesterone Therapy*. London: William Heinemann Medical Books Ltd.
- Diggle, P. (1990). *Time Series: A Bioestatistical Introduction*. Oxford: Oxford University Press, Inc.
- Dixon, W.J. (1990). *BMDP Statistical Software Manual. Vol. I*. Berkeley CA: University of California Press.

- Eatwell, J. (1991). *Time Series and Statistics*. New York: W.W. Norton.
- Ganong, W. (1982). *Fisiología Médica*. Méjico: Manual Moderno.
- Glass, G.V.; Wilson, V.I. y Gottman, J.M. (1975). *Desing and Analysis of Time Series Experiments*. Boulder, Co: Colorado Ass. University Press.
- Gottman, J.M. (1981). *Time Series Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gregson, R.A.M. (1983). *Time Series in Psychology*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum.
- Huitema, B. E. (1985). Autocorrelation in applied behavior analysis: A mith. *Behavioral Assessment*, 7, 107-118.
- Janacek, G. y Swift, L. (1992). *Time Series*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Kaiser, R. y Schumacher, G.F.B. (1986). *Reproducción Humana*. Barcelona: Salvat.
- Kendall, M.G. (1976). *Time Series*. London: Charles Griffin and Co.
- Larsen, R.J.(1987). The stability of mood variability: a spectral analytic approach to daily mood assessment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52, 1195-1204.
- Ljung, G.M. y Box, G.E.P. (1978). On a measure of lack of fit in Time Series models. *Biometrika*, 65, 2, 297-303.
- Makridakis, S.; Wheelwright, S.C. y McGee, V.E. (1983). *Forecasting: Methods and Applications*. New York: John Wiley and Sons.
- Mao, K. y Chang, A.(1985). The premenstrual syndrome in Chinese. *Journal Obstet. Gynecol*, 25, 118-120.
- Martínez, M.R. (1987). El análisis de los datos con diseños de sujeto único. En J. Mayor y F.J. Labrador (eds.). *Manual de Modificación de Conducta*. Madrid: Alhambra.
- McCain, L.J. y McCleary, R. (1979): The Statistical Analysis of the Simple Interrumped Time Series Quasi-Experiment. En T.D. Cook y D.T. Campbell. *Quasi-Experimentation. Design and Analysis Issues for Field Settings*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- McCleary, R. y Hay, R.A. (1982). *Applied Time Series Analysis for Social Sciences*. Beverly Hills, Ca.: Sage.
- McClintock, M.K. (1971). Menstrual synchrony and suppression. *Nature*, 229, 244-245.
- Moghissi, K.S. y Boyce, C.R. (1976). Management of endometriosis with oral medroxyprogesterone acetate. *Obstetrics and Gynecology*, 47, 256.
- Montgomery, D.C.; Johnson, L.A. y Gardiner, J.S. (1990). *Forecasting and Time Series Analysis* (2 ed.). New York: McGraw Hill, Inc.
- Nelson, C.F. (1973). *Applied Time Series Analysis*. S. Francisco: Holden-Day.
- Oatley, K. (1974): Circadian rhythms and representations of the enviroment in motivational systems. En D.J. MacFarland (ed.): *Motivational Control Systems Analysis*. Londres: Academic Press.
- Palmero, F. (1987). *El Síndrome Premenstrual: Enfoque Psicofisiológico*. Valencia: Promolibro.
- Palmero, F. (1988). *Psicofisiología de la Motivación Sexual*. Valencia: Promolibro.
- Palmero, F. y Jara, P. (1990). Tasa Cardíaca y Síndrome Premenstrual en una situación estresante de laboratorio. *Análisis y Modificación de Conducta*, 16, 47, 121-136.
- Peña, D. (1986). *Estadística, Modelos y Métodos (Vol. II): Modelos lineales y Series Temporales*. Madrid: Alianza.
- Quadagno, D.M.; Shubeita, H.D.; Deck, J. y Francoeur, D. (1981). Influence of male social contatcs, exercise, and all female living conditions on the menstrual cycle. *Psychoneuroendocrinology*, 6, 239-244.
- Reinberg, y Halberg, (1971). Circadian Chronopharmacology. *Annual Review of Pharmacology*. II, 455-492.
- Robinson, P.M. (1988). *Time series Analysis and Applications*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Rosel, J., Elosegui, E. y Rivas, T. (1992). Análisis de Hábitos Tabaquistas mediante Series Temporales. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 45, 3, 341-350.
- Rosel, J. y Elosegui, E. (1994). Daily and weekly smoking habits: A Box-Jenkins analysis. *Psychological Reports*, 75, 1639-1648.
- Schechter, D., Bachman, G., Vaitukaitis, J., Phillips, D. y Saperstein, D. (1989). Perimenstrual Symptom: Time course of symptom intensity in relation to endocrinologically defined segments of the menstrual cycle. *Psychosomatic Medicine*, 51, 173-194.
- Uriel, E. (1985). *Análisis de Series Temporales: Modelos ARIMA*. Madrid: Paraninfo.
- Vallejo, G. (1986). Aplicación de Análisis de Series Temporales en Diseños con n=1: Consideraciones Generales. *Revista Española de Terapia del Comportamiento*. 4, 1, 1-29.

- Velicer, W.F., Redding, C.A.; Richmond, R.L., Greeley, J. y Swift, W. (1992). A time series investigation of three nicotine regulation models. *Addictive behaviors*, 17, 325-345.
- Wei, W. (1990). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. New York: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Winfrey, A.J. (1983). Circadian rhythms: Hamsters without jet-lag. *Nature*, 336, 311-312.

*Aceptado el 31 de octubre de 1997*

