

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

LA CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO EN LA PESQUERIA  
DE ANCHOVETA NORTEÑA Engraulis mordax mordax, DU-  
RANTE LAS TEMPORADAS DE PESCA DE 1972-1978.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO  
DE OCEANOLOGO PRESENTA:

ARTURO LUIS LELEVIER GRIJALVA

1982

## DEDICATORIA

A mis padres Arturo y Hermelinda por su amor y comprensión  
a lo largo de mi vida.

A mi tío Jorge.

A mis hermanos Virginia, Antonio, Beatriz, Olga e Ivette.

A María Elena.

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fué posible gracias a las becas-tesis otorgadas por el Programa México/PNUD/FAO y el Instituto Nacional de la Pesca, así como también por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México.

Agradezco al Instituto Nacional de la Pesca las facilidades brindadas en el Centro de Investigaciones Pesqueras de El Sauzal, B.C., en especial al personal del Programa Anchoveta. También al Centro de Cálculo del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada.

Quiero hacer patente mi agradecimiento a los Dres. Anelio Aguayo (actualmente en la UNAM) y Alejandro Villamar (INP), quines impulsaron el desarrollo de este trabajo y cuya crítica positiva fué muy valiosa en todo momento. Al M. en C. Hugo Peña (CICESE), sin cuya colaboración y enseñanzas en gran parte del trabajo no hubieran hecho posible la realización del mismo. Quiero agradecer a los compañeros Oceans. Alfredo Cota V., Alejandro Parés S., Edgar Pavía L. y Fernando García P. su disposición de ayuda y crítica en todo momento.

A los sinodales del Comité de Tesis que críticamente revisaron el escrito original y dirigieron el examen profesional agradezco sus valiosas sugerencias y correcciones al texto.

A las compañeras Berenice Cornejo y Gloria Pedraza, quienes mecanografiaron este trabajo diligentemente, así como a Sergio A. Ramos y Leonardo Villaseñor por su valiosa colaboración en la elaboración de las tablas y figuras.

Finalmente, agradezco a todos aquellos compañeros de la Escuela Superior de Ciencias Marinas y del Instituto Nacional de la Pesca que de alguna forma colaboraron en el desarrollo de este trabajo.

# I N D I C E

	Página
I.- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.	1
II.- HIPOTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS.	5
III.- MATERIALES Y METODOS.	6
1.- Obtención de los registros de datos.	6
1.1.- Capturas comerciales, esfuerzo de pesca y captura por unidad de esfuerzo.	
1.2.- Temperatura superficial del mar.	
1.3.- Indices de surgencia o afloramiento.	
2.- Transformación de los datos de captura por unidad de esfuerzo y esfuerzo.	9
3.- Correlación lineal simple.	11
4.- Correlación cruzada.	11
5.- Modelo de regresión lineal múltiple.	12
6.- Modelo autoregresivo tipo ARIMA.	12
IV.- RESULTADOS.	15
1.- Transformación de los datos de captura por unidad de esfuerzo y esfuerzo.	15
2.- Correlación lineal simple.	15

	Página
3.- Correlación cruzada.	15
4.- Modelo de regresión lineal múltiple.	18
5.- Modelo autoregresivo tipo ARIMA.	20
V.- DISCUSION.	31
VI.- CONCLUSIONES.	35
VII.- RECOMENDACIONES.	36
VIII.- LITERATURA CITADA.	37

## LISTA DE FIGURAS

No.		Página
1	Captura por unidad de esfuerzo normalizada (1972-1978).	7
2	Temperatura superficial del mar (°C).	8
3	Indices de surgencia ( $m^3$ /seg/100 m de costa) para la localidad de 30°N 119°O.	10
4	Histogramas de los datos de CPUE, f, IS y TSM.	16
5	Histogramas de los datos de CPUE y f transformados [log (X + 1)].	17
6	Correlación-cruzada entre índices de surgencia (30°N 119°O) y CPUE.	19
7	Series observada y ajustada de CPUE mediante el modelo de regresión lineal múltiple.	21
8	Función de autocorrelación de la serie normalizada de CPUE.	22
9	Función de autocorrelación parcial de la serie normalizada de CPUE.	23
10	Función de autocorrelación de la serie normalizada y diferenciada una vez de CPUE.	25
11	Función de autocorrelación parcial de la serie normalizada y diferenciada una vez de CPUE.	26

No.		Página
12	Series observada y ajustada de CPUE normalizada mediante el modelo autoregresivo ARIMA (1 1 0).	27
13	Valores pronosticados por el modelo ARIMA (1 1 0).	29
14	Histograma de los residuos del modelo ARIMA (1 1 0).	30
15	Relación CPUE-f durante 1972-1978.	33

## LISTA DE TABLAS

No.		Página
1	Capturas mensuales de anchoveta, 1972-1978.	40
2	Esfuerzo mensual en número de viajes, 1972-1978.	41
3	Captura por unidad de esfuerzo mensual, 1972-1978.	41
4	Temperatura superficial del mar (°C).	42
5	Indices de surgencia 30°N, 119°O.	42
6	Valores de captura por unidad de esfuerzo y esfuerzo transformados a $\log (X + 1)$ .	43
7	Media y desviación estándar de la serie original de captura por unidad de esfuerzo.	44
8	Valores normalizados de la serie de captura por unidad de esfuerzo.	45
9	Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para la distribución de las series de CPUE, f, IS y TSM.	46
10	Valores de los coeficientes de correlación entre las diferentes variables y la CPUE.	46
11	Coeficientes de correlación cruzada entre IS y CPUE.	47
12	Ecuación de regresión lineal múltiple y el análisis de los coeficientes.	48
13	Valores ajustados por el modelo de regresión lineal múltiple.	49

No.		Página
14	Coefficientes de la función de autocorrelación de la serie normalizada.	50
15	Coefficientes de la función de autocorrelación parcial de la serie normalizada.	51
16	Coefficientes de la función de autocorrelación de la serie normalizada y diferenciada una vez.	52
17	Coefficientes de la función de autocorrelación parcial de la serie normalizada y diferenciada una vez.	53
18	(a) Valores estimados por el modelo ARIMA (1 1 0). (b) Valores retransformados a CPUE.	54
19	(a) Valores pronosticados por el modelo ARIMA (1 1 0) (b) Valores pronosticados retransformados a CPUE.	55
20	Estimaciones de biomasa de reproductores.	56

## I.- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES:

A lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California pasa la corriente de California, en la cual se dan condiciones para que ésta conforme un sistema de productividad tal, que es considerada como una de las principales áreas del mundo en cuanto al potencial pesquero que encierra. Uno de ellos es la anchoveta norteña Engraulis mordax mordax cuya población se distribuye desde las Islas de la Reina Carlota, Columbia Británica, Canadá, hasta Cabo San Lucas, B.C.S., México. Esta población ha sido dividida en tres subpoblaciones: Norteña, Central y Sureña (McHugh, 1951). La subpoblación central se extiende desde San Francisco, California (38°N), hasta Punta Baja, B.C. (29°N), y es pescada tanto por México como por los Estados Unidos de América, siendo para el primero el soporte de la pesquería de anchoveta.

La pesquería de la anchoveta norteña es relativamente nueva en el Noroeste del país, concretamente en la costa occidental de Baja California; pues a pesar de que se prefiere su pesca desde comienzos de la década de los 60's -debido al declive y casi desaparición de la sardina en estas costas en la década de los 50's- no ha sido sino a partir de los 70's y mucho más a mediados de los mismos, cuando se le ha dado un impulso muy grande.

Este impulso obedece por un lado, al desarrollo que ha tenido en los últimos años a nivel mundial la industria elaboradora de harina de pescado, que utiliza principalmente especies de la familia Engraulidae y Clupeidae, y por otro, al desplome que sufrió a inicios de los 70's la industria reductora peruana (Villamar et al, en prensa). La harina de pescado es un componente importante en la fabricación de alimentos balanceados para las dietas de la industria avícola y porcina en su mayor parte.

En México, la materia prima para la elaboración de harina de pescado proviene fundamentalmente de tres fuentes: sardina, anchoveta y fauna de acompañamiento del camarón. La aportación de anchoveta como materia prima para la fabricación de harina ha fluctuado hasta 1973, entre el 10% y el 30% de la materia prima total

(Jiménez y Esparza, 1976). En 1976 la anchoveta participó con el 40.2% (González, 1978).

De tal forma, se observa la causa a la cual se ha debido el impulso de la pesquería de anchoveta y la importancia que se le ha dado a esta especie para consumo humano indirecto, más que para consumo humano directo de alto valor alimenticio, bajo costo y asequible a la mayor parte de la población, tanto de las zonas rurales como urbanas.

Para un mayor conocimiento sobre el desarrollo histórico de la pesquería, así como de aspectos biológico-pesqueros de la misma se remite al lector a los trabajos de Villamar, et al (en prensa) y Aguilar Montero (en preparación).

Todos conocemos la importancia que tienen los factores ambientales (temperatura, oxígeno, surgencias, etc.) en un ecosistema marino. De acuerdo con Martinsen (1966), la distribución de enormes recursos alimenticios, particularmente peces, en los océanos está muy ligada con los factores ambientales. Los cambios en esos factores producen cambios en el patrón de migración de los peces, que repercuten en las áreas de concentraciones de una población.

Actualmente se han realizado numerosos trabajos de investigación tendientes a dilucidar las posibles relaciones entre algunos factores ambientales y algunas especies marinas. Principalmente se han llevado a cabo estudios entre la temperatura del mar (superficial y de fondo), fenómeno de surgencias y peces que forman grandes concentraciones de interés comercial. Entre algunos de estos trabajos podemos citar los de Botsford y Wickham (1975); Antony Raja, (1974); Konstantinov y Svetlov, (1974); Nakai, (1959); Noble, (1972); Peterson, (1973); etc.

El factor ambiental de temperatura superficial del mar no es solo importante per se y porque nos sirve para analizar la ocurrencia y comportamiento de los peces, sino también porque indica indirectamente otros procesos en el mar, tales como mezcla, corrientes, afloramientos, etc., todos los cuales podrían afectar a los recursos pesqueros (Hela y Laevastu, 1970).

A su vez, la importancia del fenómeno de afloramiento costero reside en que fertiliza las capas superiores del océano con nutrientes indispensables para el impulso y desarrollo del primer nivel trófico de la cadena alimentaria; creando en estas zonas altas densidades de alimento y por ende las principales zonas de alimentación de algunas especies de importancia comercial (Cushing, 1968; 1975; Smith, 1968).

Al respecto Martinsen (1966) dice que las regiones de concentraciones comerciales coinciden con las regiones que se caracterizan por una alta productividad primaria y, que como regla general, esta productividad se observa en la plataforma y en la pendiente continental.

En Baja California se presentan a lo largo del año condiciones favorables de afloramiento, teniendo su máxima intensidad en los meses de Mayo y Junio para una latitud de 30°N y longitud 119°O. Estas condiciones dependen principalmente de la dirección y velocidad del viento; cuando éstos soplan paralelos a la costa y en dirección hacia el ecuador (Bakun y Nelson, 1978).

El pronóstico de las capturas comerciales es uno de los objetivos más importantes en cualquier pesquería establecida. Este pronóstico permite planificar las actividades de captura de la flota pesquera, optimizando de esta manera tiempo y costos de producción. Si en los registros de períodos pasados se encuentra una correlación estadística entre fenómenos como: abundancia de la población, capturas, factores ambientales, etc., puede estimarse, entonces, la predicción de la captura considerando que tales interrelaciones del pasado deben continuar en el futuro, aunque las razones permanezcan desconocidas. Este es el principio de la predicción, la cual es de común adopción popular (Doi, 1975).

De acuerdo con Doi (op. cit.) uno de los métodos numéricos de predicción es el método proyectivo, el cual consta del análisis de correlación y regresión y del análisis de series de tiempo.

Ahora bien, si la captura es la única información disponible, en tal caso pueden analizarse capturas en largos períodos, por series de tiempo, la cual es una técnica teórica de información útil para detectar propiedades latentes en variaciones al azar de fenómenos naturales.

Si se establece un modelo proyectivo derivado del análisis de una serie de tiempo, como puede ser una serie de captura por unidad de esfuerzo, entonces este modelo contiene solo valores observados de la variable de respuesta (CPUE) y no contiene valores observados de otras, tales como, variables ambientales. Esto hace al modelo especialmente útil cuando las entradas actuales del sistema son desconocidas y solo se conocen o están disponibles valores de salida, como es el caso de muchas pesquerías (Saila et al, 1980).

La predicción puede ser de dos tipos: (1) corto plazo, que por lo general es para zonas costeras, y (2) largo plazo, generalmente para áreas de mar abierto. En los métodos proyectivos se supone que las características de las variaciones de los fenómenos ocurrirán en el futuro de la misma forma que en el pasado; pero si tal premisa no se cumple, el método proyectivo no será útil en la práctica (Doi, op. cit.).

A partir de 1974 se formó el programa anchoveta dentro del Instituto Nacional de la Pesca, con el fin de llegar a establecer, por medio de las diferentes ramas de la investigación pesquera, un modelo de administración racional del recurso anchovetero. El presente trabajo pretende aportar conocimientos que ayuden a formular un modelo de apoyo a la administración del recurso.

## II.- HIPOTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS:

En el presente trabajo de investigación se ha partido de las siguientes hipótesis:

- 1.- La pesquería de anchoveta es relativamente nueva y de este modo el esfuerzo de pesca es uno de los factores más importantes que influye en las fluctuaciones de la CPUE.
- 2.- Tanto la temperatura superficial del mar como el fenómeno de surgencia afectan la ocurrencia y abundancia de cardúmenes comerciales susceptibles de ser capturados. El efecto de la surgencia redunda meses después de que ésta se presenta.
- 3.- Puede predecirse la captura futura mediante un modelo proyectivo en el cual se contengan los factores que más influyan sobre ésta.
- 4.- La densidad o abundancia relativa a un tiempo  $t$  depende o se ve influenciada por aquella presente a un tiempo  $t-1$ . De este modo puede predecirse la captura a partir de valores pasados de la misma.

## OBJETIVOS:

- 1.- Determinar el grado de asociación existente entre las concentraciones comerciales de anchoveta -traducidas en términos de captura por unidad de esfuerzo- y el esfuerzo de pesca, así como entre estas concentraciones y la temperatura superficial del mar y la intensidad del fenómeno de surgencia.
- 2.- Elaboración de un modelo de pronóstico a corto plazo de la captura por unidad de esfuerzo, a partir del conocimiento de las interrelaciones anteriores.
- 3.- Elaboración de un modelo de pronóstico a corto plazo de la captura por unidad de esfuerzo, a partir de valores pasados de la misma.

### III.- MATERIALES Y METODOS:

#### 1.- OBTENCION DE LOS REGISTROS DE DATOS.

##### 1.1.- Capturas comerciales, esfuerzo de pesca y captura por unidad de esfuerzo.

Los registros de captura comercial (C), esfuerzo pesquero nominal (f) y de captura por unidad de esfuerzo normalizada (CPUE) se obtuvieron de las estadísticas que de manera continua mantiene el Programa Anchoveta del Instituto Nacional de la Pesca. Estas estadísticas pesqueras son para el área de pesca de la flota comercial anchovetera, la cual abarca desde Playas de Tijuana, B.C., hasta San Quintín, B.C. Tablas 1, 2 y 3. Figura 1.

Las capturas comerciales están registradas como descargas comerciales en unidades de toneladas métricas. La unidad de esfuerzo de pesca considerada en el documento antes citado, es número de descargas por barco, que en los años 1972-1974 correspondía aproximadamente una descarga a un viaje/día, y en los años recientes 1977-1978 una descarga equivale en las embarcaciones con mayor capacidad de bodega a un poco más de un viaje/día.

##### 1.2.- Temperatura superficial del mar (TSM).

Los valores de TSM se tomaron de los boletines de información pesquera (Fishing Information) que de manera quincenal y mensual edita el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (National Marine Fisheries Service/NOAA) del Southwest Center de La Jolla, Ca., E.U.A. Tabla 4. Figura 2.

Estos boletines muestran las isotermas de TSM para la costa de California, E.U.A. y Baja California, México; de tal forma que se consideraron aquellas isotermas que abarcaban el área de influencia de la flota comercial anchovetera mexicana. Cuando dos o más isotermas pasaban por el área, entonces se promediaban

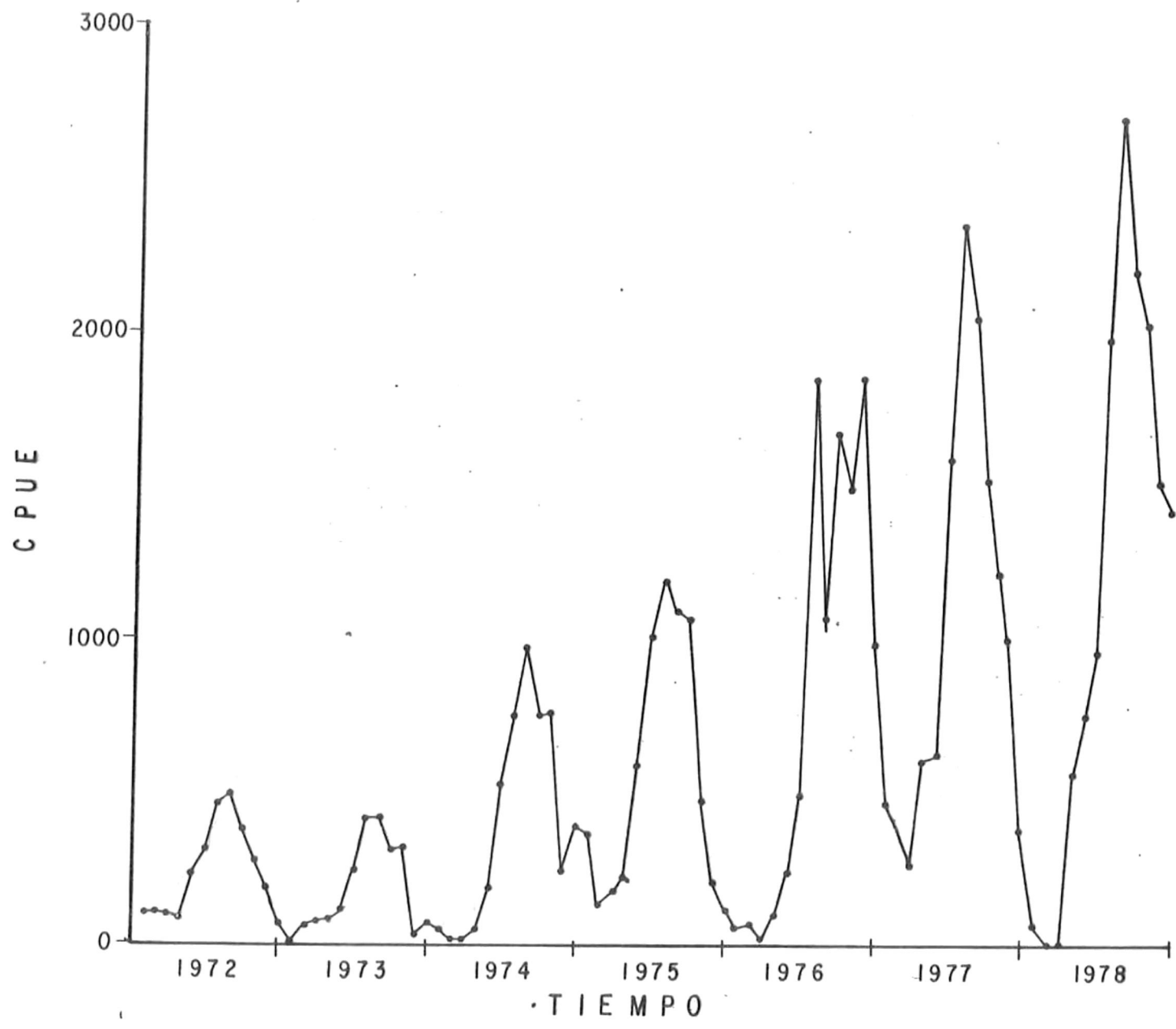


FIG. 1.- Captura por unidad de esfuerzo ( 1972 -1978 )  
normalizada

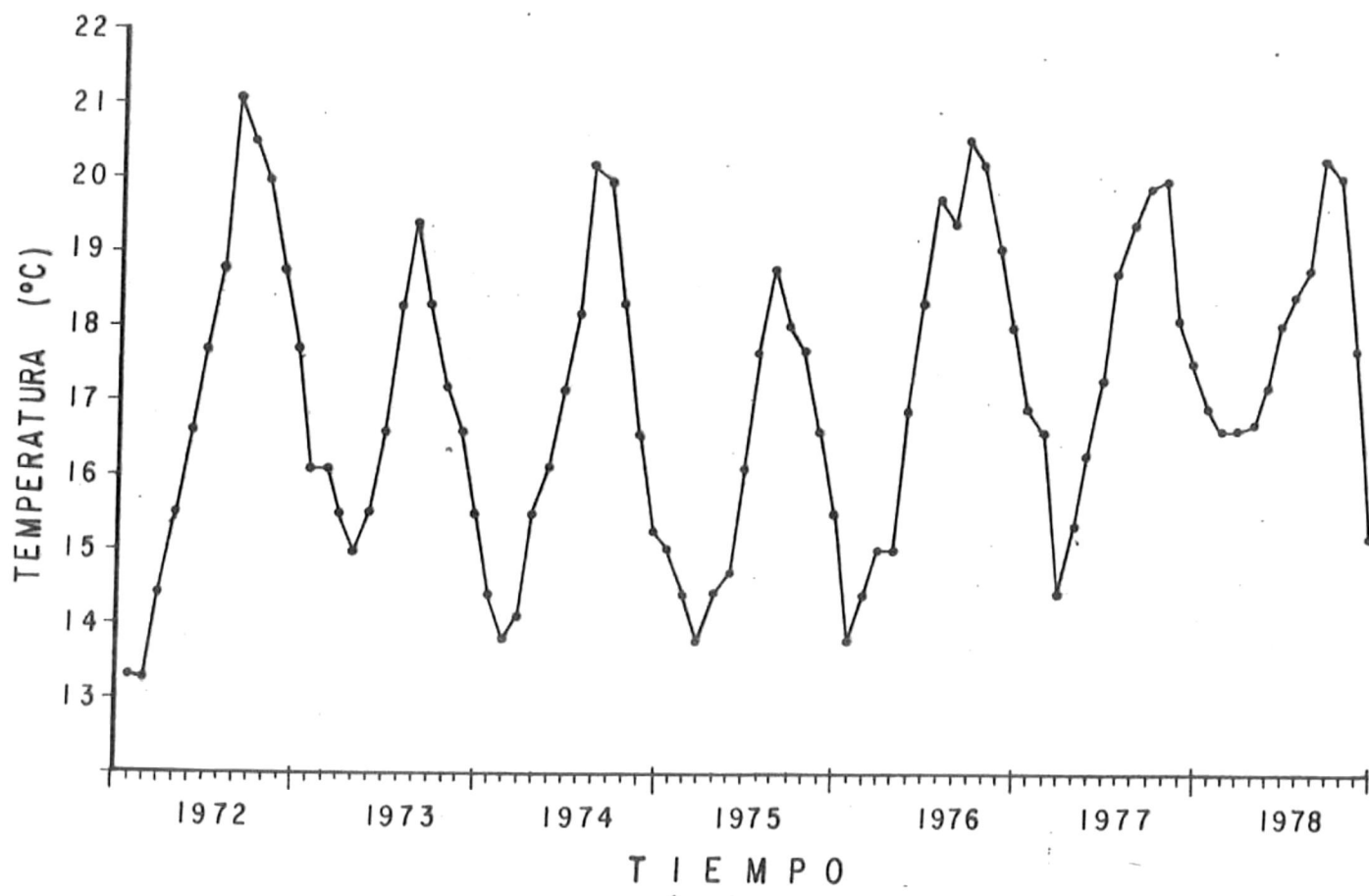


FIG. 2.- Temperatura superficial del mar (°C)

sus valores. Estas isotermas están dadas en la escala Fahrenheit y fueron convertidas a la escala centígrada.

### 1.3.- Indices de surgencia o afloramiento.

La mayor parte de estos índices de surgencia (IS) se obtuvieron de los trabajos publicados por Bakun (1973) y Bakun y Nelson (1978) y el resto de ellos (6 últimos meses de 1978) fueron proporcionados amablemente por el primero de ellos. En el presente trabajo se utilizaron los IS calculados para la localidad de 30°N y 119°0. Tabla 5. Figura 3.

De manera general, estos índices -también conocidos como índices de Bakunos dicen la magnitud y variabilidad con que se presenta el fenómeno de afloramiento. Están dados en unidades de masa,  $m^3/\text{seg}/100$  m de costa. Debe pensarse en esas unidades como indicativas de la cantidad promedio (toneladas métricas o metros cúbicos) de agua aflorada a través del fondo de la capa de Ekman por segundo por 100 m de una línea recta dirigida a lo largo de la tendencia dominante de la costa en una escala de aproximadamente 200 millas náuticas (Bakun, A., 1973).

### 2.- TRANSFORMACION DE LOS DATOS DE CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE) Y DE ESFUERZO (f).

Se consideró necesario transformar los datos de CPUE y de f, debido a que éstos no presentaban una distribución normal. La transformación que se utilizó en ambos casos fué de  $\log(x + 1)$ , Tabla 6, ya que ambas series presentaban dos "huecos" que son los meses de Febrero y Marzo de 1978.

Posteriormente se utilizó la prueba estadística de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal and Rohlf, 1969) con la finalidad de probar si ambas series una vez transformadas se ajustaban a una distribución normal. Este aná-

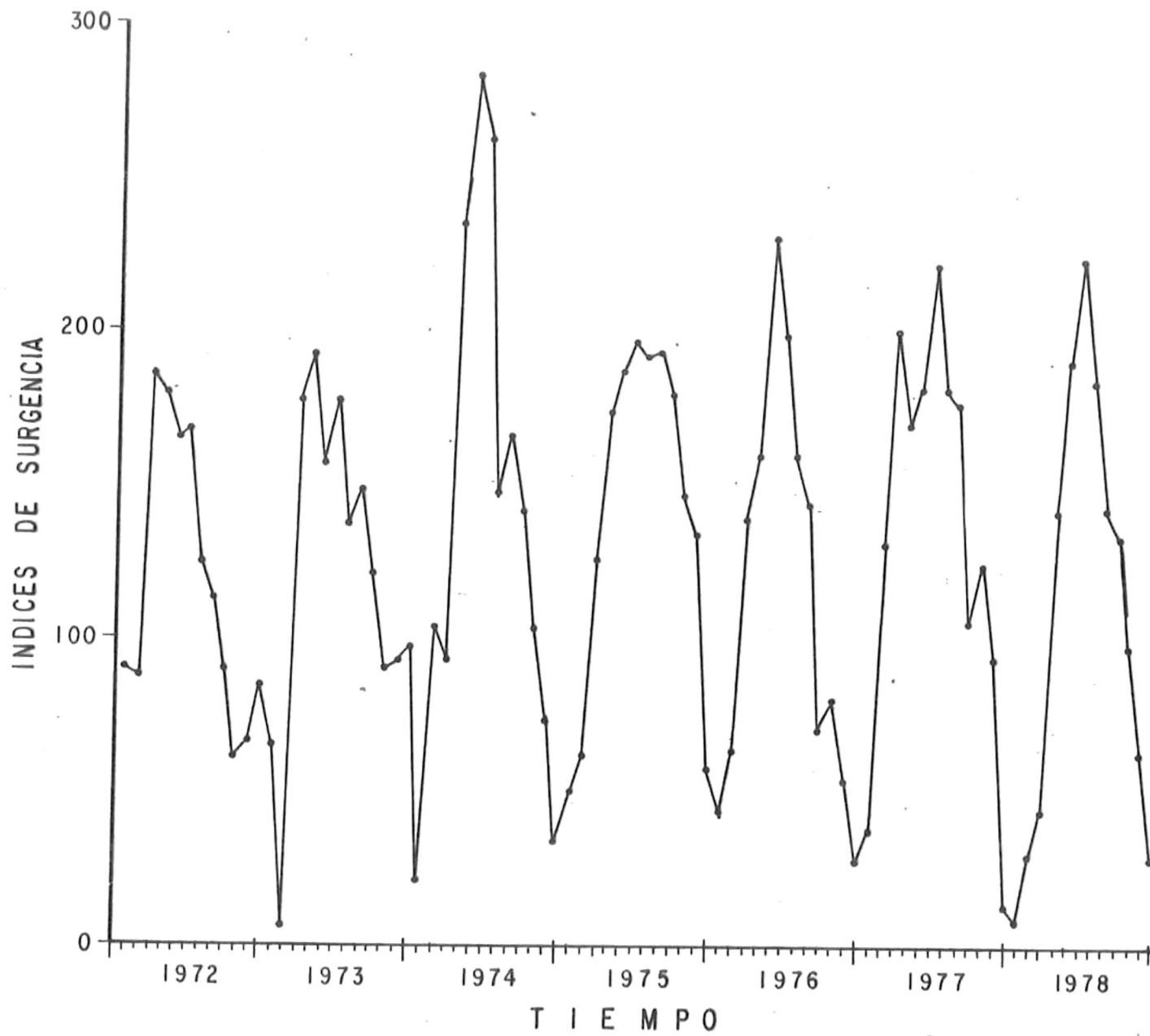


FIG. 3.- Indices de Surgencia ( $m^3/seg / 100$  m. de costa) para la localidad de  $30^{\circ}N$  y  $119^{\circ}O$ .

lisis se procesó mediante un programa de computación (Sokal and Rohlf, op. cit.) adaptado a la computadora PRIME 400 del CICESE.

### 3.- CORRELACION LINEAL SIMPLE.

Para medir el grado de asociación existente entre la CPUE, el esfuerzo de pesca y la TSM se realizaron correlaciones lineales simples (Snedecor y Cochran, 1977; Sokal y Rohlf, 1969; Bazigos, 1974) mediante un programa de computación contenido en el paquete de programas MINITAB de la computadora PRIME 400 del Centro de Cálculo (C.C.), del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

### 4.- CORRELACION CRUZADA.

El método de correlación cruzada se utilizó para medir el grado de asociación existente entre la CPUE y los índices de surgencia a diferentes desfases o tiempos; ya que partimos de la hipótesis de que el beneficio que el fenómeno de surgencia aporta a la pesquería (abundancia relativa de anchoveta y/o congregación de cardúmenes de anchoveta susceptibles de ser capturados) en un momento dado, no se da en ese instante sino un tiempo después (meses). Esta técnica consiste, de manera general, en lo siguiente: se tienen dos series de tiempo (X, Y) iguales en su longitud total. Estas series consisten de un conjunto de datos  $(X_i, Y_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , los cuales se comparan a posiciones desfasadas sucesivas. Esto es, mientras que una permanece fija, la otra serie se mueve, esto se denomina desfasamiento de la serie móvil. Para cada posición de desfase se calcula un coeficiente de correlación. Una posición de desfase igual a cero corresponde a una correlación lineal simple (Bendat y Piersol, 1971; Bazigos, op. cit.). En el presente trabajo un desfase es igual a 1 mes. Se utilizó un programa de computación - - - - proporcionado por Oc. René de La Paz. El programa con los datos se procesó en la computadora PRIME 400 del CICESE.

### 5.- MODELO DE REGRESION MULTIPLE.

Con el objeto de predecir la CPUE en función de las variables que creemos que más influyen su variabilidad, esfuerzo de pesca, surgencias y TSM, se utilizó el método proyectivo de regresión lineal múltiple (Snedecor y Cochran, 1976; Bazigos, 1974; Poole, 1974).

Este análisis se hizo por medio del programa de regresión lineal múltiple del MINITAB en la computadora PRIME 400 del CICESE.

En nuestro caso el modelo tiene la forma expresada por la ecuación:

$$\log (Y + 1) = a + b_1 \log (X_1 + 1) + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad \text{en donde:}$$

$$\log (Y + 1) = \log (CPUE + 1) \quad \text{variable dependiente}$$

$$\log (X + 1) = \log (f + 1) \quad \text{variable independiente}$$

$$X_2 = \text{índices de surgencia desfasados dos meses, variable independiente}$$

$$X_3 = \text{temperatura superficial del mar, variable independiente}$$

$$b_1, b_2, b_3 = \text{coeficientes parciales de regresión}$$

### 6.- MODELO AUTOREGRESIVO.

Para llevar a cabo el establecimiento de este tipo de modelo se procedió a normalizar la serie original de captura por unidad de esfuerzo (CPUE). La normalización utilizada (Sen, 1979), fué la siguiente:

$$Y_{p, t} = \frac{X_{p, t} - m_t}{S_t}$$

donde:  $X_{p, t}$  = valor de la serie en el año "p" y en el mes "t" dentro de ese año.

$$m_t = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n X_{p,t}$$

Media aritmética de los distintos meses.

$$S_t = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{p=1}^n (X_{p,t} - m_t)^2 \right]^{1/2}$$

Desviación estandar de los distintos meses.

con  $p = 1, 2, \dots, n$  y  $t = 1, 2, \dots, w$

Esta técnica de normalización nos permite remover la periodicidad en los valores medio y en la desviación estandar dándonos como resultado una serie estacionaria en la media y la varianza (Sen, 1979). Tablas 7 y 8.

Una vez obtenida la serie normalizada, se procedió a la identificación del modelo ARIMA (autoregresivo-integrado-medias móviles) que mejor se ajustara a ella. La identificación se hizo de acuerdo a la manera planteada por Box y Jenkins (1976) y utilizando el programa de computación de series de tiempo del paquete de programas MINITAB inserto en la librería de la computadora PRIME 400 del Centro de Cálculo del CICESE.

En términos generales la identificación, según los autores antes mencionados, se lleva a cabo mediante las inspecciones de las funciones de autocorrelación (FAC) y de autocorrelación parcial (FACP) de la serie de tiempo.

Estas funciones nos dirán de que orden  $(p, q)$  es el proceso. Asimismo, algunas veces se hace necesario diferenciar la serie "d" veces para obtener una serie con comportamiento más estacionario. Este mecanismo de diferenciación actúa como un filtro lineal sencillo del tipo  $Y_t = X_t - X_{t-1}$ . El orden "p" se refiere al

orden de la parte autoregresiva (AR), o sea, si es un proceso autoregresivo de primer orden, de segundo orden, etc., y el orden "q" se refiere al orden de la parte de medias móviles (MA).

Cuando la FAC no se desvanece rápidamente, esto nos sugiere que el proceso es no estacionario en la serie original. Posiblemente sea estacionario después de una primera diferenciación o una diferenciación de orden mayor.

Una vez efectuada la diferenciación y determinado el orden "d", se procede a estimar la FAC y la FACP de la serie diferenciada. Las características generales del comportamiento de estas funciones son las siguientes.

Mientras que la FAC de un proceso AR de orden "p" se va desvaneciendo, su FACP se trunca o corta después del desfase "p". Por otra parte, para un proceso MA de orden "q" la FAC se trunca después del desfase "q", mientras que su FACP se va desvaneciendo. Si ambas funciones presentan un desvanecimiento, entonces se sugiere un proceso mixto, esto es, autoregresivo -medias móviles (ARMA). En general, el comportamiento autoregresivo medido por la FAC, tiende a imitar el comportamiento de medias móviles medido por la FACP. Por ejemplo, la FAC de un proceso AR de primer orden decae exponencialmente, mientras que la FACP se corta después del primer desfase. Correspondientemente, para un proceso MA de primer orden, la FAC se corta después del primer desfase. La FACP está dominada por términos exponenciales, aunque no es precisamente exponencial, y tiene la apariencia general de un exponencial (Box y Jenkins, 1976).

Resumiendo, los pasos seguidos para elaborar el modelo autoregresivo fueron los siguientes:

- 1o. Normalización de la serie de CPUE.
- 2o. Identificación del modelo.
- 3o. Estimación de los parámetros.
- 4o. Diagnóstico del modelo.
- 5o. Transformación de los valores estimados por el modelo a los valores de CPUE para compararlos con los observados de CPUE, la transformación se hizo con:

$$X_t = Y_t (S_j) + \bar{X}_j \quad \text{donde } Y_t \text{ es el valor estimado normalizado.}$$

#### IV.- RESULTADOS:

##### 1) TRANSFORMACION DE LOS DATOS.

La Figura 4 muestra los histogramas de distribución de las series sin transformar de captura por unidad de esfuerzo, esfuerzo, índices de surgencia y temperatura superficial del mar. En ellos y de manera visual se observa que las distribuciones de las series de CPUE y  $f$  se encuentran sesgadas hacia la izquierda. Las distribuciones de las series de IS y TSM se presentan normales, lo cual se confirma mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov de la Tabla 9.

En la Figura 5 se observan las series transformadas a  $\log(x + 1)$  de CPUE y  $f$ . En ambos casos las distribuciones se presentan sesgadas hacia la derecha y se complica -visualmente- el decir si la transformación aplicada corrigió la falta de normalidad de ambas distribuciones. Sin embargo, los resultados de la prueba Kolmogorov-Smirnov de la Tabla 9 muestran que cuantitativamente las dos series de datos se ajustan a una distribución normal una vez que se les aplicó la transformación.

De esta forma se cumple con uno de los requisitos del modelo de regresión; de que las variables utilizadas deben estar distribuidas normalmente.

##### 2) CORRELACION LINEAL SIMPLE.

Los resultados de la Tabla 10 que muestra los coeficientes de correlación, resultado de la misma entre las distintas variables independientes ( $f$ , IS, TSM) con la variable dependiente (CPUE), indican que en todos los casos el grado de asociación existente es significativo a un nivel  $P = 0.01$ .

##### 3) CORRELACION CRUZADA.

En la Tabla 11 se indican los coeficientes de correlación cruzada entre IS y CPUE

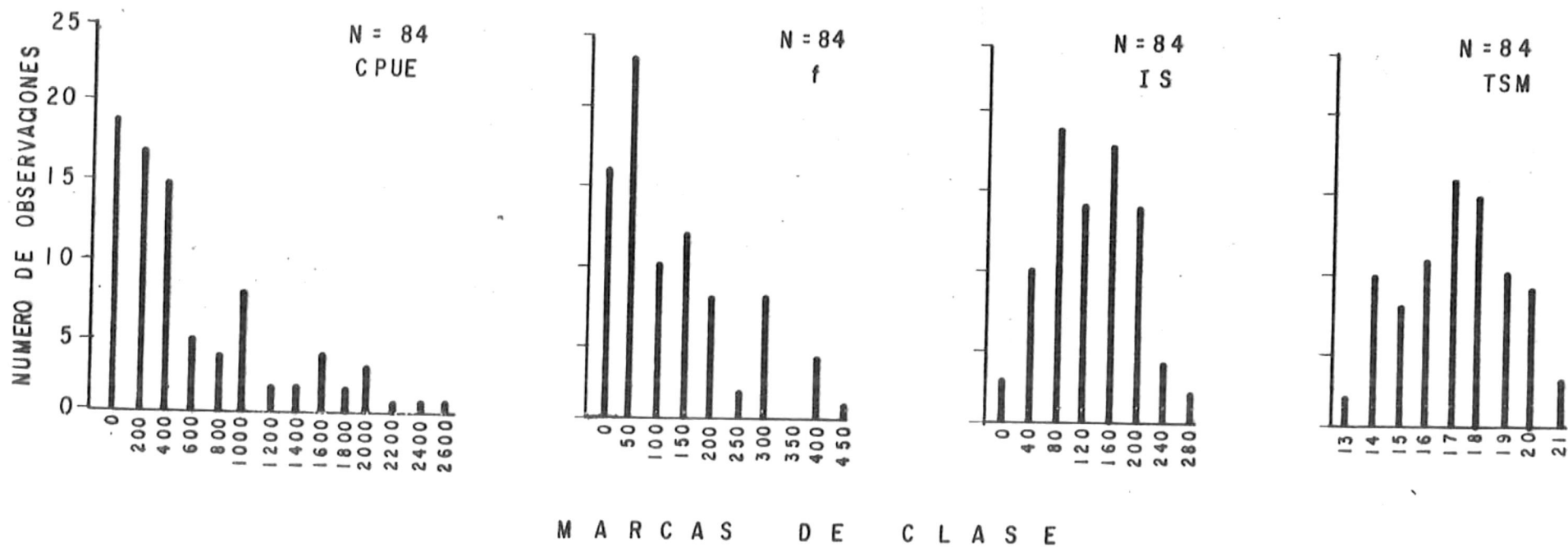


FIG. 4.- Histogramas de los datos de CPUE, f, IS y TSM.

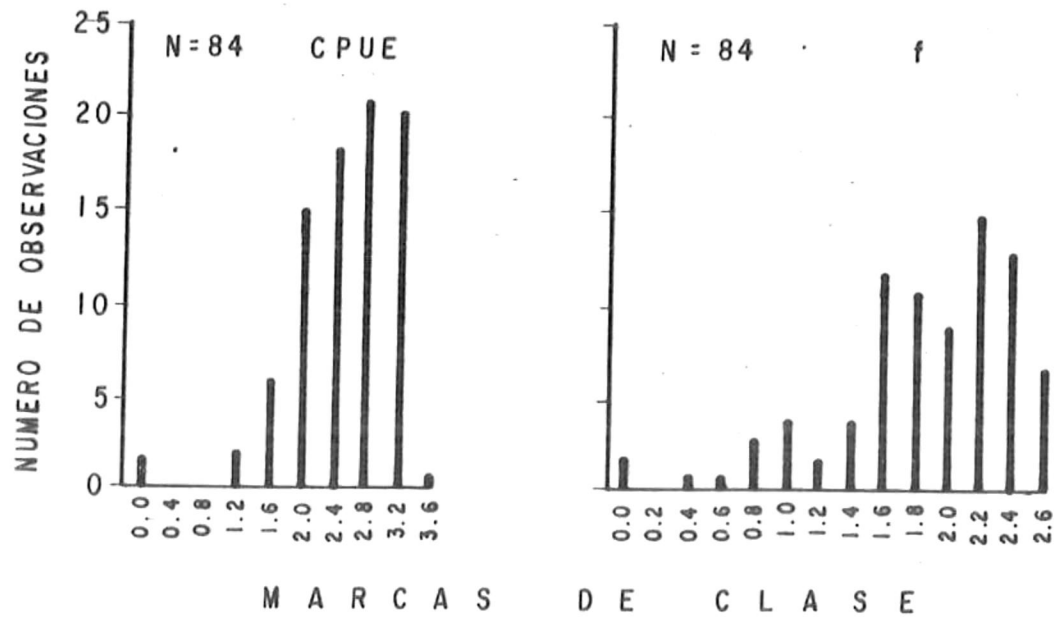


FIG-5.- Histogramas de los datos de CPUE y f transformados  $[\log(X+1)]$

a diferentes desfases, y la Figura 4 muestra el correlograma de dichos coeficientes, ésto es, los valores de los distintos coeficientes de correlación graficado contra el tiempo, el cual está dado en desfases de un mes.

En la Figura 6 notamos que existe una correspondencia máxima a los dos meses ( $r = .509$   $P = 0.01$ ). Por otra parte, los coeficientes a los desfases 1, 3 y 4 también son significativos.

La parte izquierda de la Figura 4, que en su mayoría contiene coeficientes negativos, aparentemente no tiene significado biológico, pues un evento de surgencia del mes de Marzo, por ejemplo, no influye sobre la abundancia relativa del mes de Enero. Podría tener el mismo significado que la parte derecha de la misma figura, si en lugar de mover la serie de IS movemos o desfasamos la de CPUE.

Sin embargo, la representación de la parte izquierda se debe a que las dos series contienen componentes estacionales y, como tales, dan coeficientes de correlación negativos significativos al desfasar una respecto a la otra hacia atrás.

#### 4) MODELO DE REGRESION LINEAL MULTIPLE.

La Tabla 12 muestra la ecuación de regresión obtenida de la interacción de las diferentes variables independientes con la variable dependiente. Asimismo, se muestra la significancia de los distintos coeficientes de la ecuación probados a diferentes niveles de significación cada uno de ellos. Tanto el coeficiente  $a$  que es el intercepto en el eje Y, cuando las otras variables valen cero como el coeficiente  $b_1$  son significativos a los niveles  $P = 0.10$  y  $P = 0.01$  respectivamente. El coeficiente  $b_2$  es significativo, aunque a un nivel  $P = 0.20$ . El coeficiente  $b_3$  no es significativamente distinto de cero inclusive a un nivel  $P = 0.20$ .

El coeficiente de determinación múltiple  $R^2$  con 80 grados de libertad es igual a 80.2%, lo cual quiere decir que las variables en conjunto explican en ese porcentaje las variaciones de la CPUE.

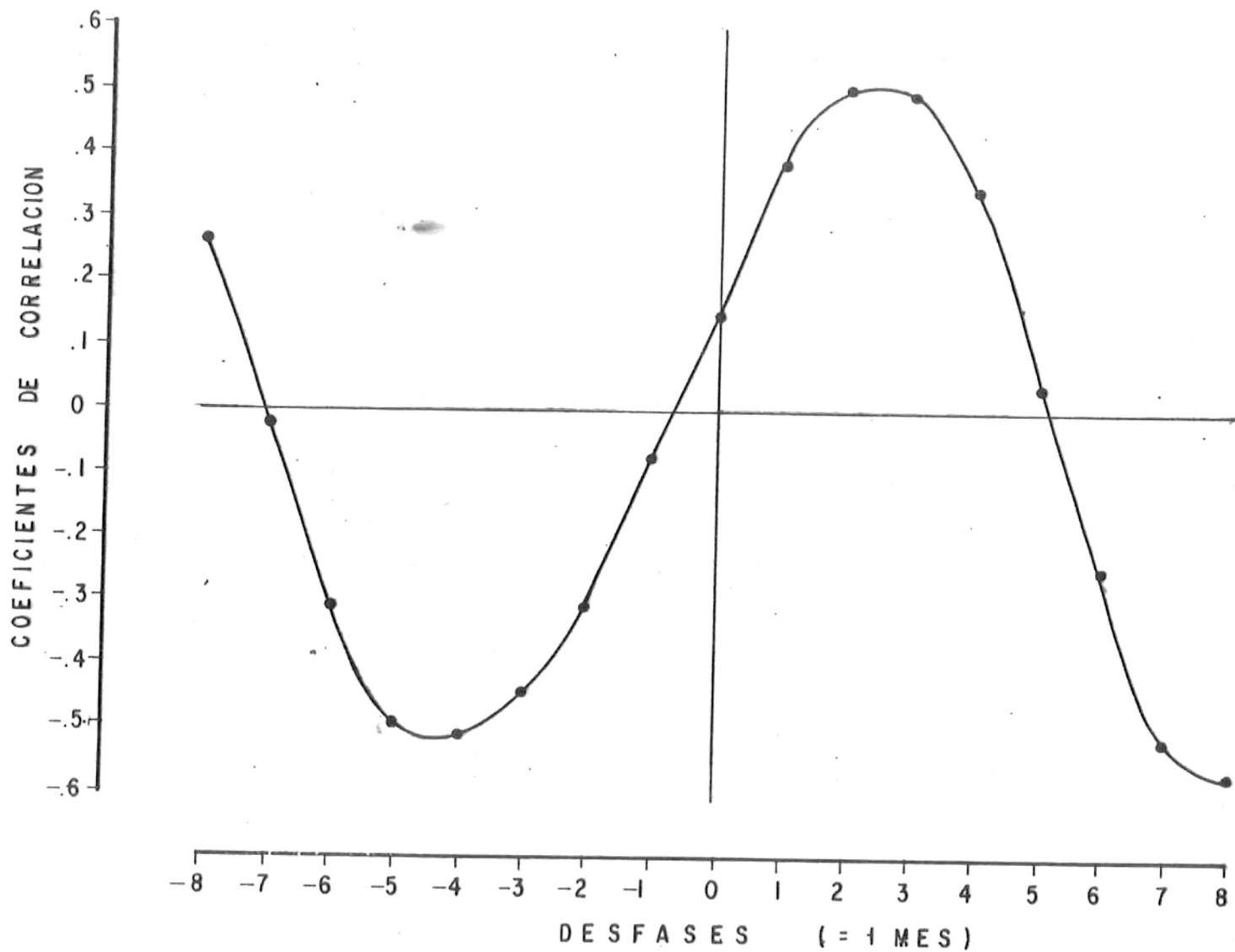


FIG.6.- Correlación-Cruzada entre Indices de surgencia (30°N, 119°O) y CPUE.

El análisis de varianza para probar que tan significativas son las fuentes de variación debido a la regresión y a los residuos, nos dice mediante la prueba F, que las variaciones debidas a la regresión son altamente significativas.

En la Figura 7 se muestra la serie de CPUE observada y la de CPUE ajustada por el modelo de regresión. De manera general las estimaciones del modelo reflejan los cambios estacionales de la CPUE, lo cual quiere decir que si bien éste no da un ajuste perfecto sí refleja la naturaleza de la serie observada. También notamos que las estimaciones para los años 1972, 1973 y 1974 en los meses pico, que son los meses de verano, están bastante por encima de los valores observados. La estimación del año 1975 se nota, en general, bastante apegada a lo observado. Para los años restantes de 1976, 1977 y 1978 se ve que existe una subestimación de la predicción con respecto a lo observado, aunque éste es más notorio para parte de 1976 y para los últimos meses de 1978. Sin embargo, a pesar de esta subestimación en los últimos 3 años, ésta no es muy marcada. La Tabla 13 muestra los valores ajustados mediante el modelo de regresión lineal múltiple.

##### 5) MODELO AUTOREGRESIVO TIPO ARIMA.

Las Tablas 14 y 15 muestran los valores obtenidos de las funciones de autocorrelación (FAC) y autocorrelación parcial (FACP) de la serie normalizada de CPUE. Estos valores están graficados en las Figuras 8 y 9. En ambas figuras (8 y 9) se nota que no hay una atenuación rápida o un truncamiento de la serie normalizada, esto se evidencia más en la Figura 8 en donde el decaimiento de la FAC es muy lento. En la Figura 9 este decaimiento no es tan obvio, y aunque no se presenta un truncamiento al primer desfase, éste se presenta al cuarto desfase. Pese a esto último y considerando el comportamiento de la FAC, podemos aceptar que estamos frente a un proceso autoregresivo de orden  $p=1$ .

A su vez, los comportamientos de ambas funciones nos indican que se necesita una diferenciación. Se consideró suficiente la de orden  $d=1$  para la identificación del modelo.

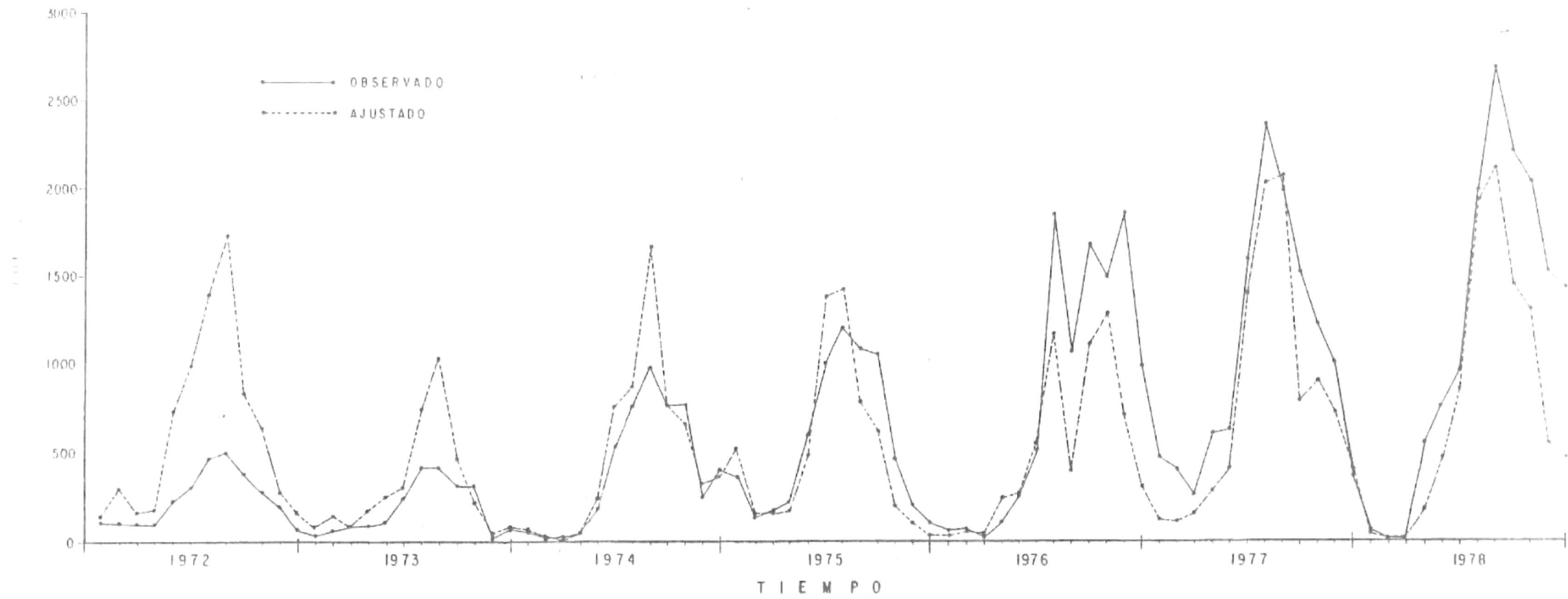


FIG 7.- Series observada y ajustada de CPUE mediante el modelo de regresión lineal múltiple.

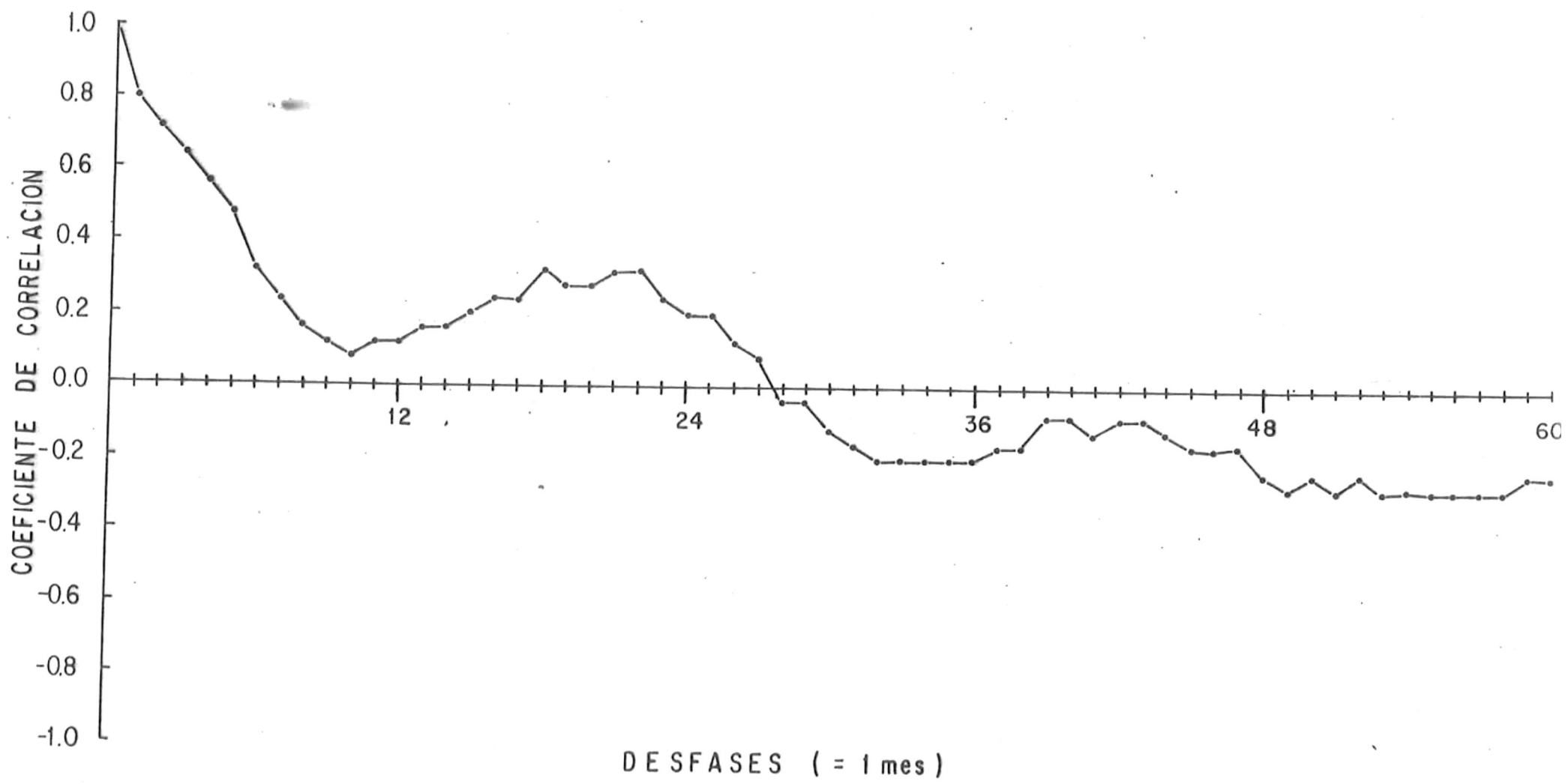


FIG. 8.- Funcion de autocorrelacion de la serie normalizada de CPUE.

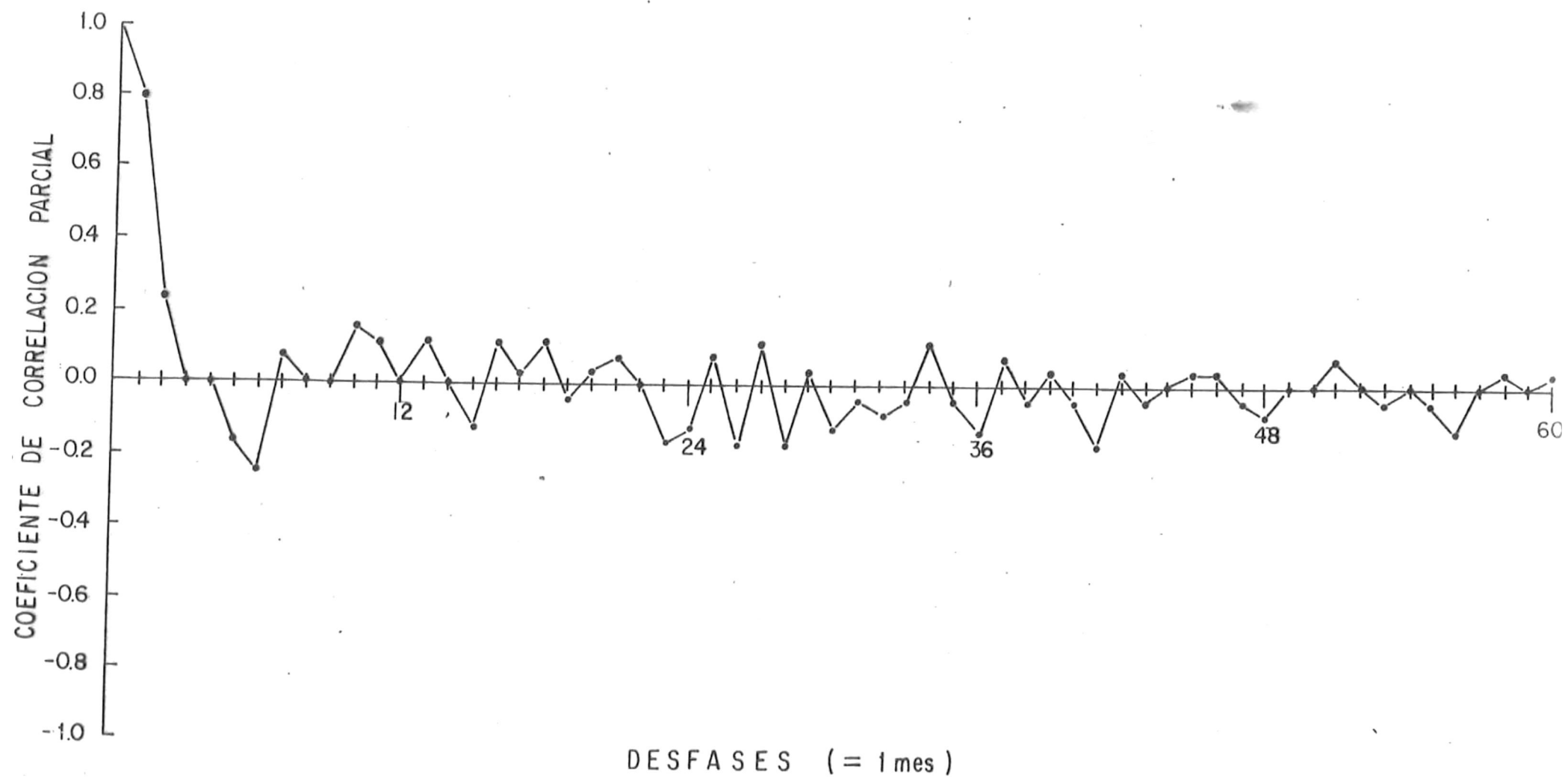


FIG. 9.- Funcion de autocorrelacion parcial de la serie normalizada de CPUE.

Las Tablas 16 y 17 muestran los valores que se obtuvieron para la FAC y para la FACP de la serie normalizada y diferenciada una vez ( $d=1$ ). En las Figuras 10 y 11 se muestran estos valores graficados. Es notorio el truncamiento en ambas funciones en el primer desfase, lo cual nos indica que con el orden de diferenciación  $d=1$  la serie adquiere estacionaridad.

En base a lo anterior se identificó un modelo tipo ARIMA (1 1 0), ésto es, no contiene parte de medias móviles (MA).

El siguiente paso fué el de obtener los parámetros del modelo autoregresivo, lo cual se efectuó mediante el programa de series de tiempo del MINITAB. Se obtuvo como resultado la siguiente ecuación (Box y Jenkins, 1976):

$$(1 - \phi B) (1 - B) Z_t = a_t \quad (2)$$

donde:  $B =$  operador, tal que  $B^n Z_t = Z_{t-n}$

$Z_t =$  valor estimado a tiempo  $t$

$Z_{t-n} =$  valor observado a tiempo  $t-n$

$a_t =$  término de error

$\phi =$  parámetro, de tal forma que (2) queda como

$$Z_t = (1 + \phi) Z_{t-1} - \phi Z_{t-2} + a_t \quad (3)$$

La estimación del parámetro autoregresivo dió como resultado un:

$\phi = -0.3028 + 0.1065$ . En la Tabla 18a se muestran los valores estimados por el modelo ARIMA (1 1 0) y en 18b éstos mismos valores retransformados a CPUE para su comparación con la serie original de CPUE. En la Figura 12 observamos que el ajuste dado por el modelo es bastante bueno, ya que no solo refleja la naturaleza de la serie de CPUE en el sentido de las variaciones estacionales, sino que además las simula con buena exactitud. Cabe hacer notar que lo anterior es importante, ya que el modelo obtenido es muy sencillo.

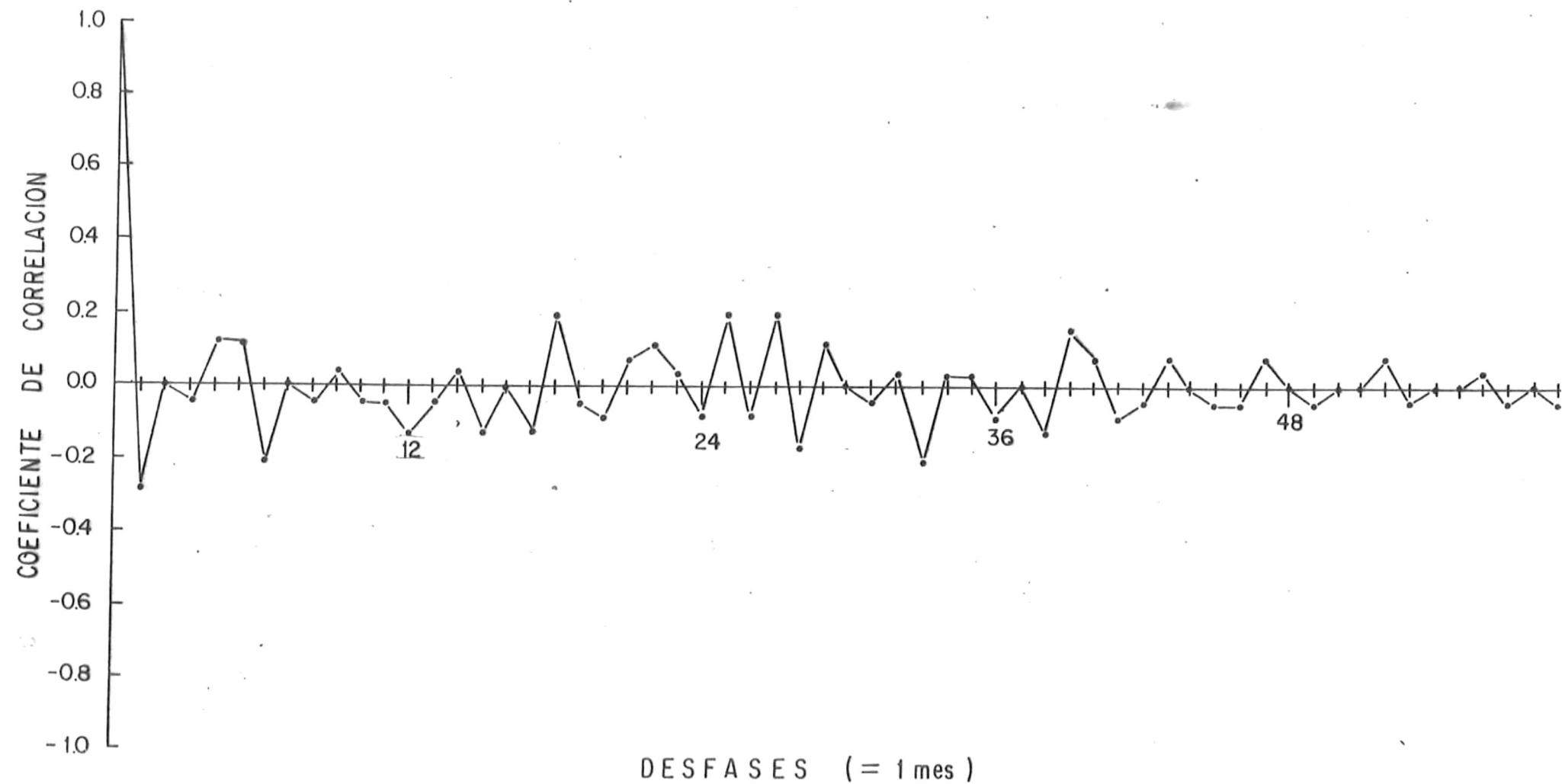


FIG. 10.- Funcion de autocorrelacion de la serie normalizada y diferenciada una vez - de CPUE.

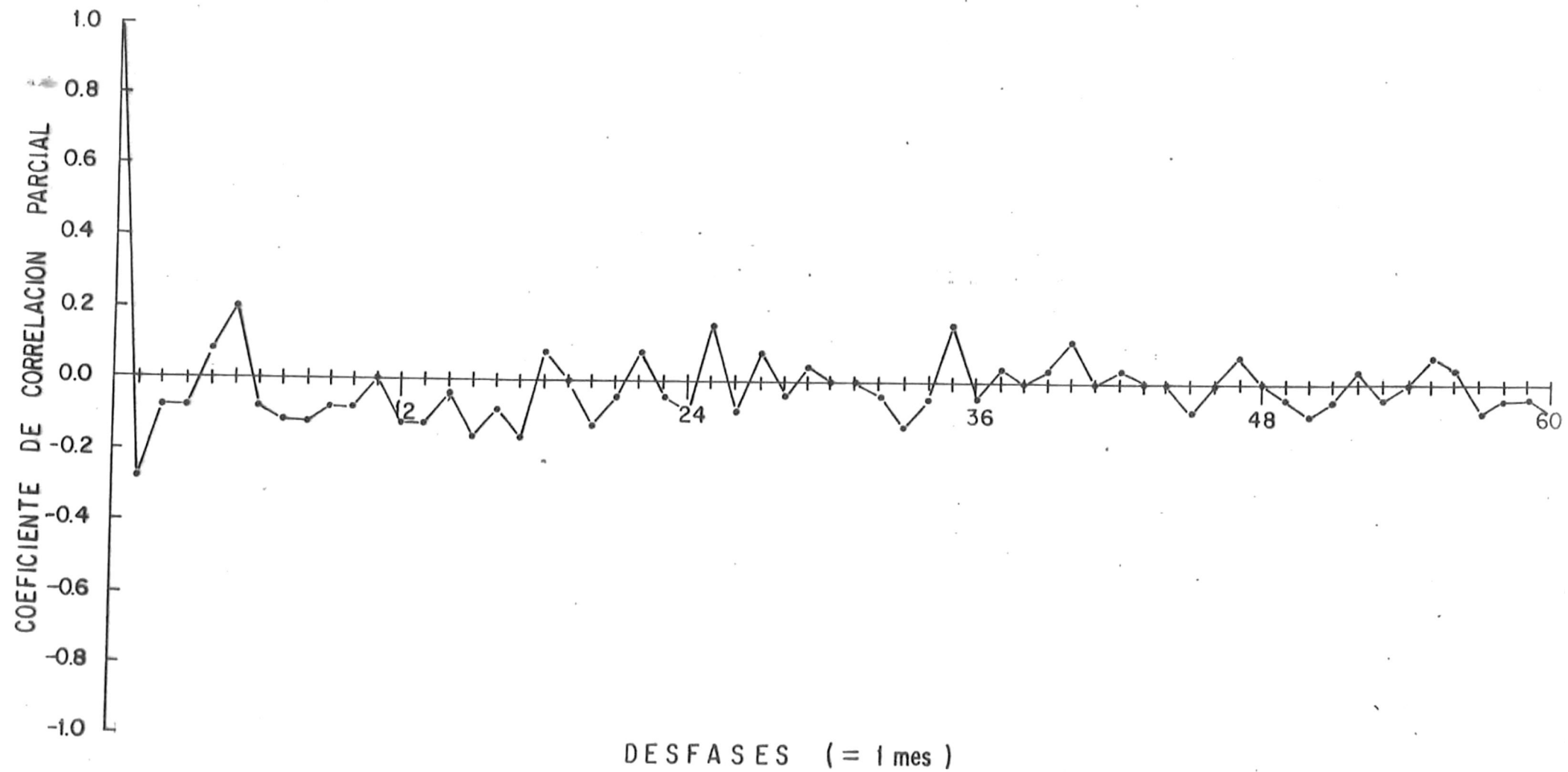


FIG. 11.- Funcion de autocorrelacion parcial de la serie normalizada y diferenciada una vez de CPUE.



El pronóstico que hace este modelo se muestra en la Figura 13 y los valores están en la Tabla 19.

Como último paso se verificó si el modelo identificado y estimado era el adecuado. Esta verificación se hace analizando los residuos. Si éstos son puro ruido deben presentar una distribución gaussiana y poseer independencia estadística (Anderson, 1979).

El histograma de los residuos, Figura 14, muestra que éstos se distribuyen normalmente, lo cual se confirma mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov en donde el estadístico  $D_{max}$  calculado es igual a 0.65183 y el tabulado es igual a 0.14691 para  $n = 83$  y  $P = 0.05$ .

La prueba de independencia estadística se hace en base a los valores de la función de autocorrelación de los residuos y aplicándoles una prueba de Chi-cuadrado. El resultado de esta prueba con  $\chi^2$  para 50 g.l. y  $P = 0.01$  nos da - -  $38.7 < 76.154$ , lo cual nos dice que el modelo es adecuado, pues el valor  $R = 38.7$  no es significativo (Anderson, O.D., op. cit.).



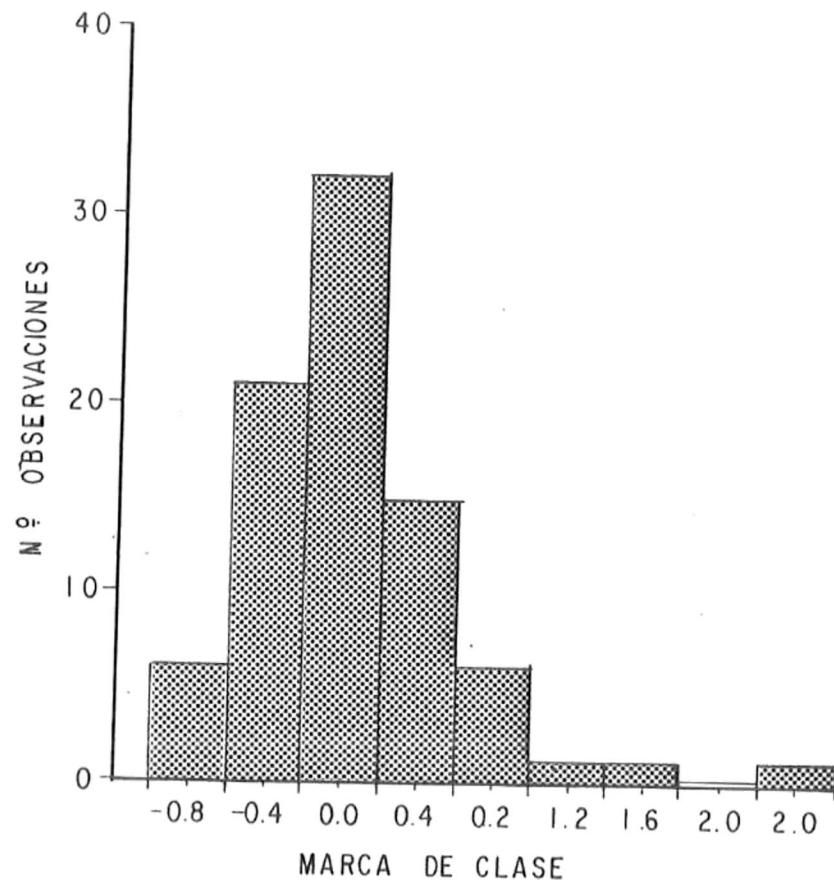


FIG. 14.- Histograma de los residuos del modelo ARIMA ( 1 1 0 ).

## V.- DISCUSION:

El factor que más influye en las variaciones de la captura por unidad de esfuerzo es el esfuerzo de pesca, lo que en general es característico de una pesquería de reciente inicio. En este caso lo anterior se establece en el modelo de regresión lineal múltiple donde el esfuerzo contribuye con el 79% del 81% que en su conjunto las tres variables explican las variaciones de la CPUE. A su vez, la interrelación CPUE-f está dada por un coeficiente de correlación de 0.895 con  $P= 0.01$ .

Lo anterior nos restringe en la interpretación de la relación causa-efecto de los factores ambientales, como son temperatura superficial del mar y fenómeno de surgencias (como áreas que proveen alimento), con el recurso. Esto es, aunque sabemos de la importancia que estos factores tienen sobre la distribución y abundancia, la importancia de éstos se ve enmascarada por la gran contribución del esfuerzo lo que causa que esta contribución se refleje en un gran porcentaje de la variabilidad de la CPUE.

Sin embargo, hemos podido comprobar que el efecto del fenómeno de surgencias sobre la abundancia relativa de la subpoblación central de anchoveta y más específicamente sobre aquella parte de ésta sujeta a explotación por parte de México, no se presenta de una manera inmediata sino meses más tarde. Esto es, la influencia de la surgencia sobre la abundancia relativa del recurso o sobre el mecanismo de ocurrencia de cardúmenes en el área de afloramiento se presenta 2, 3 y hasta 4 meses después de que las condiciones físicas han impulsado este afloramiento.

Lo anterior comprueba la hipótesis en el sentido del tiempo que tardan en formarse las poblaciones de fito y zooplancton de las cuales se alimenta la anchoveta, pues una vez que se presenta esta condición -disponibilidad de alimento- entonces hay una distribución más costera y una congregación mayor de cardúmenes, lo cual permite que su pesca se intensifique.

Aunque por lo regular la pesca se realiza durante casi todo el año, las máximas capturas se efectúan en los meses de Julio, Agosto y Septiembre, lo cual varía año con año retrasándose o adelantándose uno o dos meses. Por su parte los períodos de máxima intensidad de surgencias se presentan, por lo general, durante los meses de Mayo, Junio y Julio.

Se observa que ha habido un aumento gradual en la CPUE a través de los años aquí considerados, 1972-1978, (Figura 1), lo cual podría estar íntimamente ligado con un aumento en la eficiencia del esfuerzo pesquero, más que con un aumento en el tamaño de la biomasa de reproductores. Esto lo podemos ver de manera general en la Figura 15, donde está graficada la CPUE vs.  $f$  y donde la pendiente de la recta nos indicaría precisamente la eficiencia. Por otro lado, los datos de biomasa de reproductores de la Tabla 20 nos indican la tendencia que ésta ha tenido en los últimos años. De tal forma que de 1972 a 1975 hubo un aumento del 29.56% y de 1975 a 1978 una disminución del 63.81%. Sin embargo, también podríamos pensar que la alta biomasa de reproductores presentada en 1975 influyó en los años siguientes para que se presentara una alta CPUE. Serían necesarios estudios más a fondo para ver realmente de que manera contribuyen cada uno de los factores antes señalados sobre la CPUE.

También, el efecto de la temperatura superficial del mar sobre la CPUE está enmascarada. Esto se evidencia al ver que la contribución que esta variable hace al modelo de regresión lineal múltiple es estadísticamente nula, por lo que, inclusive, puede dejarse fuera del mismo.

El modelo de regresión lineal múltiple explica en un 80% las variaciones de la CPUE; el 20% de las variaciones que el modelo no explica pueden deberse a diversas causas entre las cuales pueden estar factores como lluvia, viento marejada, experiencia de la tripulación, características de la flota, etc. Esto reduce la aplicación del esfuerzo de pesca y por ende la captura, lo que en términos generales reduciría la estimación de la CPUE como índice de abundancia relativa.

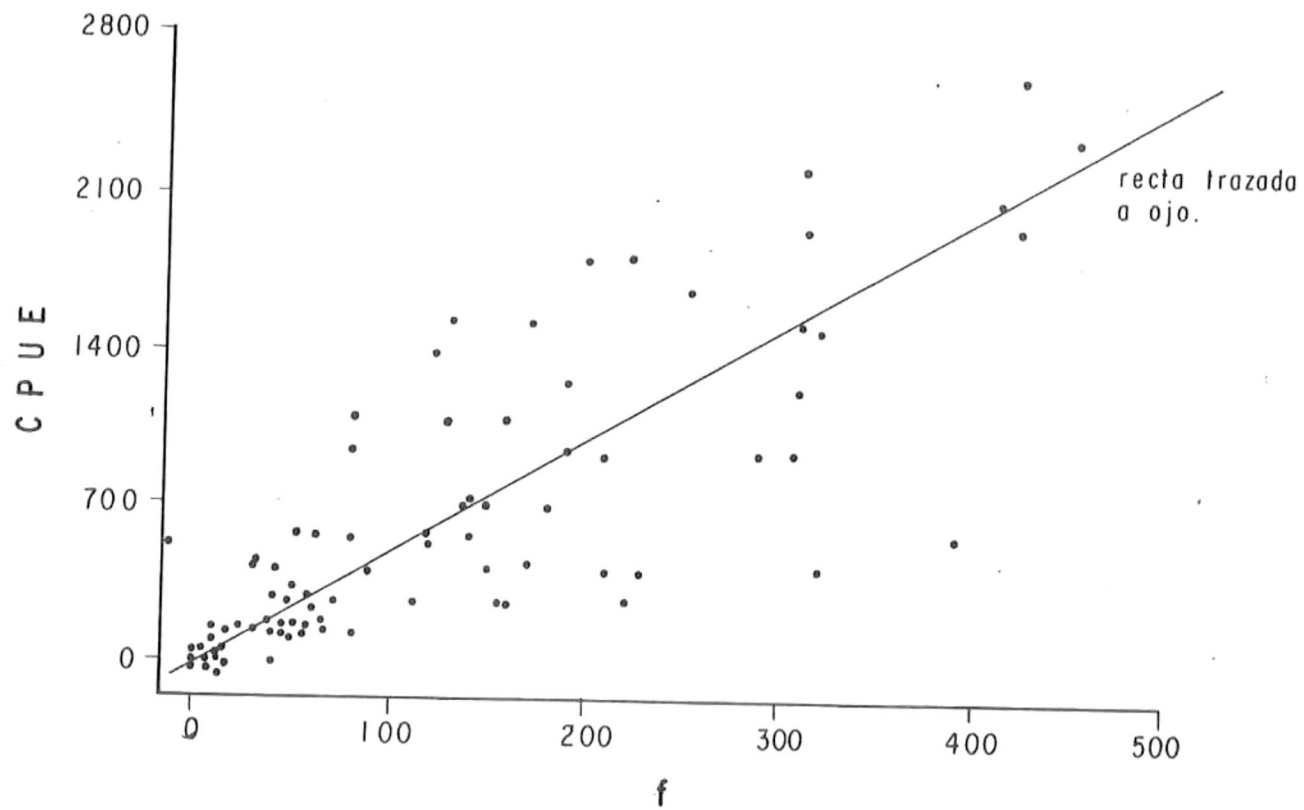


FIG. 15.- Relación CPUE - f durante 1972 - 1978

La estimación que hace el modelo de regresión es aceptable dada su simplicidad, lo cual es importante por su fácil manejo. Al momento de hacer la predicción podemos decir en términos de la CPUE que tan buena o mala va a ser la pesca el próximo mes en términos de comparar la CPUE observada del mes anterior con la pronosticada por el modelo.

La predicción de la CPUE en base al comportamiento anterior de la misma es bastante buena. Podemos observar que entre más predicción se hace a largo plazo los límites de confianza de la misma se agrandan. Esto se debe a que la primera predicción se hace en base al último valor real observado, y las posteriores se basan en los valores pronosticados, en donde el término de error  $a_t$  no se incluye al momento de hacer pronóstico en base a un valor pronosticado, pues de éste no conocemos su varianza.

Debido a lo anterior, un pronóstico más allá de los 3 meses no sería bueno. El modelo autoregresivo (incorporado a la familia de modelos BOX-JENKINS) que se obtuvo es bastante sencillo, aunque su aplicación se restringe un poco debido a que se requiere el uso de una computadora. Para su aplicación se requiere estar retroalimentando al modelo con los valores mensuales observados de CPUE para que la predicción sea lo más confiable posible.

Si la tendencia futura de la pesquería cambia, entonces el modelo ajusta el parámetro  $\alpha$ , pero si éste cambio en la pesquería hace que la serie futura difiera de una manera brusca respecto a la serie pasada (sobre la cual se identificó el modelo) entonces se requerirá la identificación de un nuevo modelo.

Por último, la importancia fundamental de este modelo es que solo se requiere una variable de entrada que por otro lado es una variable de respuesta de la pesquería, o sea, la CPUE.

## VI.- CONCLUSIONES:

- (1) En el presente trabajo se puede ver que la variable que más influye en los cambios de la CPUE es el esfuerzo de pesca.
- (2) El efecto del fenómeno de surgencia sobre la CPUE de la pesquería de anchoveta en México no se da inmediatamente que éste se presenta, sino 2 meses más tarde, aunque también influye a los 3 y 4 meses después de que se presentó.
- (3) Debido a lo relativamente nuevo de la pesquería de anchoveta, se hace difícil establecer de una manera precisa la relación causa-efecto de la Temperatura Superficial del Mar y la CPUE.
- (4) El modelo de regresión lineal múltiple obtenido es adecuado dado que explica un gran porcentaje de las variaciones de CPUE, además de ser bastante sencillo para su aplicación. En él puede omitirse la variable temperatura superficial del mar dada su nula contribución al mismo.
- (5) El modelo autoregresivo refleja bastante bien la naturaleza de la CPUE y hace una buena predicción hasta 3 meses. Su simplicidad, y dado que requiere una sola variable (CPUE), lo hace de bastante aplicación práctica, aunque su uso se vea restringido por las facilidades del uso de una computadora.

## VII.- RECOMENDACIONES:

- (1) Estudiar más a fondo y con diferentes técnicas de análisis la relación causa-efecto de otros factores con el recurso.
- (2) En base a lo anterior obtener un modelo sencillo de regresión múltiple, ya que éstos son relativamente fáciles de aplicar.
- (3) Mediante los modelos ARIMA (BOX-JENKINS) estudiar las series de captura y de esfuerzo y relacionarlas entre sí para predecir capturas comerciales.
- (4) Tanto para (2) como para (3) es importante que la medida de esfuerzo que se considere sea la adecuada con la finalidad de tener el menor sesgo posible.
- (5) Considero pertinente que se comparen los valores pronosticados con los valores reales que se hayan observado durante 1979, lo cual en este trabajo no se hace por no contar con ellos. También es recomendable que se le añadan a la serie de CPUE los valores observados de los años 1979, 1980 y 1981 para ver si el modelo sigue siendo adecuado o necesita identificarse otro distinto.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar Montero, D. (en preparación). Sinopsis sobre la Biología de la Anchoveta Engraulis mordax, Girard 1854, en aguas de Baja California, México.
- Anderson, O.D., (1979). Times series analysis and forecasting. The BOX-JENKINS APPROACH. Butterworths and Co. (Publishers) LTD, 182 p.
- Antony Raja, B.T., (1974). Possible explanation for the fluctuation in abundance of the indian oil sardine, Sardinella longiceps Valenciennes. Proc. IPFC, 15 (3): 241-52.
- Bakun, A., (1973). Coastal upwelling indices, West coast of North America, 1946-71. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-671, 103 p.
- Bakun, A. y C.S. Nelson, (1978). Climatology of upwelling related process off, Baja California. CalCOFI, Prog. Rep. (19): 107-27.
- Bazigos, G.P., (1974). Applied Fishery Statistics. FAO Fish. Tech. Pap., (135): 164 p.
- Bendat, J.S. y A.F. Piersol, (1971). Random Data. Analysis and Measurement Procedures. Wiley-Interscience, New York, N.Y., 407 p.
- Botsford, L.W. y D.E. Wickham, (1975). Correlation of upwelling index and Dungeness crab catch. Fish. Bull. NMFS/NOAA, 73: 901-7.
- Box, G.E.P. y G.M. Jenkins, (1976). Time series analysis: forecasting and control. Holden-Day, San Francisco, 575 p.
- Cushing, D.H., (1968). Upwelling and fish production. FAO Fish. Tech. Pap., (84): 40 p.

- (1975). *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press, 278 p.
- Doi, T., (1975). *Análisis matemático de Poblaciones Pesqueras*. Compendio para uso práctico. Inst. Nal. de Pesca, INP/SI: m 12, 95 p.
- Fishing Information, (1972-78). National Marine Fisheries Service/NOAA.
- González, P.J., (1978). *Harina de Pescado*. Depto. de Pesca, Direcc. Gral. Fomento Pesquero, 40 p.
- Hela, I. y T. Laevastu, (1970). *Fisheries Oceanography*. Fishing News (Books) LTD. London, 238 p.
- Jiménez, M.R. y L.E. Esparza, (1976). Algunos aspectos sobre la demanda actual y futura de la producción de anchoveta en México. Inst. Nal. de Pesca, INP/SI: i, 52 p.
- Konstantinov, K.G. y I.I. Svetlov, (1974). On temporal relationship between water temperature and the distribution of marine commercial fishes. *Oceanology*, 14 (2): 349-54.
- Martinsen, G.V., (1966). Fish resources and their distributions in the world oceans. In commercial concentrations of fish. Editor Moiseev, P.F., Translated from Russian, 1971, U.S. Dept. of Commerce, National Tech. Information Service, Springfield, Va., 22151, 443 p.
- McHugh, J.L., (1951). Meristic variations and population of northern anchovy (*Engraulis mordax*), *Bull. of Scripps Inst. Oceanographic*, 6 (3): 123-60.
- Nakai, Z., (1959). Fluctuations in abundance and availability of sardine populations caused by abiotic factors. *Scient. Meet. Biol. Sardines*, Rome, 1959
- Noble, A., (1972). Surface Temperature and its relation to the duration of

- mackerel fishery at Karwar, Indian J. Fish., 19 (1/2): 167-70.
- Peterson, W.T., (1973). Upwelling indices and annual catches of Dungeness crab, Cancer magister, along the West coast of the United States. Fish Bull., U.S., 71: 902-10.
- Poole, R.W., (1974). An Introduction to Quantitative Ecology. McGraw-Hill series in Population Biology, 532 p.
- Rohlf, F.J. y R.R. Sokal, (1969). Statistical Tables. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 253 p.
- Saila, S.B., M. Wigbout y R.J. Lermitt, (1980). Comparison of some time series models for the analysis of fisheries data. J. Cons. int. Explor. Mer, 39 (1): 44-52.
- Sen, Z., (1979). Effect of periodic parameters on the autocorrelation structure of hydrologic series. Water Resour. Res., 15 (6): 1639-42.
- Smith, R.L., (1968). Upwelling. Marine Biol. Ann. Rev., 6: 11-46.
- Snedecor, G.W. y W.G. Cochran, (1977). Métodos Estadísticos. CECSA, 703 p.
- Sokal, R.R. y F. J. Rohlf, (1969). Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 776 p.
- Villamar, A. y colaboradores (en prensa). Análisis y Propuesta Nacional sobre la Administración de la Pesquería de Anchoveta. Depto. de Pesca, Direcc. Gral. del Inst. Nal. de la Pesca, Programa Anchoveta, Septiembre de 1979, 244 p.

AÑO \ MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1972	485	1226	532	551	2224	4216	6785	8549	3502	2438	1250	882	32 640
1973	200	370	384	908	890	1174	3604	4025	1883	1066	94	291	14 853
1974	156	38	26	150	1820	4143	5925	10 695	5061	6457	1941	3414	39 826
1975	5253	664	773	1162	4419	14688	14468	6325	4350	2514	486	149	55 251
1976	85	120	49	1055	1437	3755	12838	5099	15002	15945	14298	6077	75 760
1977	2464	1221	974	4325	5592	25194	35323	29611	9796	10082	14064	3565	14 2211
1978	149	0	0	3419	8805	11096	23410	33270	16710	20051	10533	7610	13 5053

TABLA 1.- Capturas mensuales de anchoveta (T. métricas).

AÑO \ MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	31	82	41	46	157	219	320	394	205	160	71	44
1973	21	40	22	57	52	61	170	226	110	48	9	18
1974	14	4	2	9	60	142	140	292	175	145	73	93
1975	151	45	46	47	117	314	309	158	126	36	19	6
1976	5	11	6	66	57	123	220	76	252	307	200	79
1977	34	29	43	64	80	318	453	413	166	191	190	94
1978	9	0	0	50	141	206	421	418	311	313	128	121

TABLA 2.- Esfuerzo de pesca (No. de viajes)  
nominal

AÑO \ MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	113	102	109	99	229	302	461	492	388	272	197	75
1973	35	64	83	89	113	241	414	416	317	316	28	74
1974	55	15	26	50	188	526	751	978	758	768	242	399
1975	363	138	174	225	581	1000	1196	1088	1057	465	206	114
1976	55	70	19	98	239	498	1840	1064	1672	1480	1847	986
1977	467	392	252	608	624	1581	2353	2043	1516	1215	1000	364
1978	68	0	0	548	753	956	1976	2680	2186	2024	1512	1419

TABLA 3.- Captura por unidad de esfuerzo.  
normalizada.

AÑO \ MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	13.3	13.3	14.4	15.5	16.6	17.7	18.8	21.1	20.5	20.0	18.8	17.7
1973	16.1	16.1	15.5	15.0	15.5	16.6	18.3	19.4	18.3	17.2	16.6	15.5
1974	14.4	13.8	14.1	15.5	16.1	17.2	18.8	20.2	20.0	18.3	16.6	15.2
1975	15.0	14.4	13.8	14.4	14.7	16.1	17.7	18.8	18.0	17.7	16.6	15.5
1976	13.8	14.4	15.0	15.0	16.9	18.3	19.7	19.4	20.5	20.2	19.1	18.0
1977	16.9	16.6	14.4	15.3	16.3	17.3	18.7	19.4	19.9	20.0	18.1	17.5
1978	16.9	16.6	16.6	16.7	17.2	18.0	18.4	18.8	20.2	20.0	17.7	15.2

TABLA 4.- Temperatura superficial del mar. (°C)

AÑO \ MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	91	88	186	180	165	168	125	113	90	61	67	85
1973	65	7	178	193	155	178	137	149	121	90	93	97
1974	22	104	93	234	284	263	147	167	141	104	74	34
1975	50	62	127	174	187	197	192	194	180	146	134	58
1976	44	64	139	160	231	199	160	145	70	80	54	28
1977	38	131	201	169	182	222	181	177	105	125	94	13
1978	9	29	43	141	191	224	184	142	134	99	63	29

TABLA 5.- Indices de surgencia ( $m^3/seg/100$  m.costa) para la localidad de  $30^\circ N$   $119^\circ W$ .

n	CPUE	ESFUERZO	n	CPUE	ESFUERZO	n	CPUE	ESFUERZO
1	2.0569	1.5051	31	2.8762	2.1492	61	2.6702	1.5441
2	2.0128	1.9191	32	2.9908	2.4669	62	2.5944	1.4771
3	2.0253	1.6232	33	2.8802	2.2455	63	2.4031	1.6435
4	2.0000	1.6721	34	2.8859	2.1644	64	2.7846	1.8129
5	2.3617	2.1987	35	2.3850	1.8692	65	2.7959	1.9085
6	2.4814	2.3424	36	2.6061	1.9731	66	3.1991	2.5038
7	2.6646	2.5065	37	2.5611	2.1818	67	3.3718	2.6571
8	2.6928	2.5966	38	2.1430	1.6628	68	3.3105	2.6170
9	2.5899	2.3139	39	2.2430	1.6721	69	3.1810	2.2227
10	2.4362	2.2068	40	2.3541	1.6821	70	3.0849	2.2833
11	2.2967	1.8573	41	2.7649	2.0719	71	3.0004	2.2810
12	1.8808	1.6532	42	3.0004	2.4983	72	2.5623	1.9777
13	1.5563	1.3617	43	3.0781	2.4914	73	1.8388	1.0000
14	1.8129	1.6128	44	3.0370	2.2014	74	0.0000	0.0000
15	1.9243	1.3617	45	3.0245	2.1038	75	0.0000	0.0000
16	1.9542	1.7634	46	2.6684	1.5682	76	2.7396	1.7076
17	2.0569	1.7243	47	2.3160	1.3010	77	2.8774	2.1523
18	2.3838	1.7924	48	2.0607	0.8451	78	2.9809	2.3160
19	2.6180	2.2330	49	1.7482	0.7782	79	3.2960	2.6253
20	2.6201	2.3560	50	1.8513	1.0792	80	3.4283	2.6222
21	2.5024	2.0453	51	1.3010	0.8451	81	3.3398	2.4942
22	2.5011	1.6902	52	1.9956	1.8261	82	3.3064	2.4969
23	1.4624	1.0000	53	2.3802	1.7634	83	3.1798	2.1106
24	1.8751	1.2788	54	2.6981	2.0934	84	3.1523	2.0864
25	1.7482	1.1761	55	3.2651	2.3444			
26	1.2041	0.6990	56	3.0273	1.8865			
27	1.4314	0.4771	57	3.2235	2.4031			
28	1.7076	1.0000	58	3.1706	2.4886			
29	2.2765	1.7853	59	3.2667	2.3032			
30	2.7218	2.1553	60	2.9943	1.9031			

TABLA N° 6.- Valores de CPUE y ESFUERZO , transformados a -  
Log (X + 1)

MES	$\bar{X}_j$	$S_j$
E	165.14	174.94
F	111.57	132.42
M	94.14	91.91
A	245.28	234.26
M	389.57	254.71
J	729.14	477.13
J	1284.43	780.68
A	1251.57	824.49
S	1127.71	696.79
O	934.28	662.43
N	718.86	732.67
D	490.14	519.59

TABLA 7.- Media y desviación estandar de la serie de CPUE.

AÑO \ MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	-0.30	-0.07	0.12	-0.62	-0.63	-0.90	-1.15	-0.92	-1.06	-1.00	-0.71	-0.80
1973	-0.74	-0.36	-0.12	-0.67	-1.09	-1.02	-1.11	-1.01	-1.16	-0.93	-0.94	-0.80
1974	-0.63	-0.73	-0.74	-0.83	-0.79	-0.43	-0.68	-0.33	-0.53	-0.25	-0.65	-0.18
1975	1.13	0.20	-0.87	-0.09	0.75	0.57	-0.11	-0.20	-0.10	-0.71	-0.70	-0.67
1976	-0.63	-0.31	-0.82	-0.63	-0.59	-0.48	0.71	-0.23	0.78	0.82	1.54	0.95
1977	1.73	2.12	1.72	1.55	0.92	1.79	1.37	0.96	0.56	0.42	0.38	0.24
1978	-0.56	-0.84	-1.02	1.29	1.43	0.48	0.89	1.73	1.52	1.65	1.08	1.79

TABLA 8.- Valores normalizados de la serie CPUE

DATOS N=84	ESTADISTICO "D" CALCULADO
SIN TRANSFORMAR	
CPUE	0.18593
f	0.16249
IS	0.05911
TSM	0.12820
TRANSFORMADOS A $\log(X+1)$	
CPUE	0.10533
f	0.12521

ESTADISTICO "D" TABULADO<sup>3</sup>0.14605  $\alpha = 0.05$ \* STATISTICAL TABLES  
F.J. SOKAL Y R.R. ROHLF  
(1969)

TABLA 9.- Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para la distribución de las series de datos de CPUE, f, IS y TSM.

	r	$\alpha$
CPUE - f	0.895	0.01
CPUE - TSM	0.582	0.01
CPUE - IS <sup>**</sup>	0.510	0.01

\*\* IS desfasados 2 meses.

TABLA 10.- Valores de los coeficientes de correlación entre las diferentes variables y la CPUE.

No. de datos	Desfase	r
76	- 8	0.266 *
77	- 7	- 0.029
78	- 6	- 0.317 *
79	- 5	- 0.503 *
80	- 4	- 0.513 *
81	- 3	- 0.448 *
82	- 2	- 0.314 *
83	- 1	- 0.083
84	0	0.145
83	1	0.381 *
82	2	0.509 *
81	3	0.491 *
80	4	0.345 *
79	5	0.032
78	6	- 0.267 *
77	7	- 0.532 *
76	8	- 0.587 *

\* P = 0.01

TABLA II.- Coeficientes de correlación cruzada entre IS y CPUE para cada desfase.

Ecuación de regresión

$$\log(Y+1) = 0.524 + 0.947 [\log(X_1+1)] + 0.011 X_2 + 0.0032 X_3$$

Coefficiente	Valor	Desv. estandar	Prueba t*	$\infty$ **
a	0.524	0.303	1.73	P < 0.10
B <sub>1</sub>	0.947	0.077	12.29	P < 0.10
B <sub>2</sub>	0.0011	0.00068	1.65	P < 0.20
B <sub>3</sub>	0.0032	0.0217	0.15	H <sub>0</sub> : B = 0

\* Prueba t es igual a la razón: coeficiente / desv. estandar.

\*\* Nivel de significancia con 80 grados de libertad.

Desviación estandar de log. (Y+1) sobre la línea de regresión

S = 0.298 con 80 g.l.

Coefficiente de determinación múltiple:

R<sup>2</sup> = 80.2 con 80 g.l.

ANALISIS DE VARIANZA

Fuente de variación	g.l.	suma de cuadrados	medias cuadradas	valor estimado de F.
Debido a regresión	3	30.1623	10.0541	113.2218* *Altamente significativo
Residuos	80	7.1062	0.0888	
Total	83	37.2685	0.449	

TABLA 12.- Ecuación de regresión múltiple, prueba de los coeficientes y análisis de varianza de la regresión.

1	142	31	872	61	127
2	301	32	1667	62	103
3	163	33	761	63	149
4	182	34	663	64	275
5	741	35	322	65	409
6	1006	36	363	66	1386
7	1395	37	528	67	2023
8	1740	38	154	68	2067
9	837	39	163	69	780
10	640	40	172	70	893
11	279	41	476	71	727
12	165	42	1375	72	394
13	88	43	1418	73	44
14	159	44	780	74	5
15	87	45	619	75	5
16	179	46	194	76	170
17	257	47	104	77	465
18	312	48	36	78	861
19	746	49	30	79	1928
20	1044	50	46	80	2092
21	473	51	27	81	1442
22	224	52	238	82	1299
23	47	53	255	83	539
24	78	54	558	84	459
25	63	55	1171		
26	23	56	397		
27	12	57	113		
28	44	58	1287		
29	236	59	702		
30	767	60	299		

TABLA 13.- Valores ajustados por el modelo de regresión lineal múltiple.

D	r	D	r	D	r	D	r	D	r	D	r
1	0.811	11	0.102	21	0.320	31	-0.162	41	-0.106	51	-0.263
2	0.739	12	0.109	22	0.315	32	-0.185	42	-0.099	52	-0.256
3	0.650	13	0.143	23	0.258	33	-0.219	43	-0.097	53	-0.279
4	0.577	14	0.172	24	0.200	34	-0.185	44	-0.130	54	-0.274
5	0.461	15	0.180	25	0.194	35	-0.183	45	-0.144	55	-0.277
6	0.321	16	0.224	26	0.110	36	-0.192	46	-0.174	56	-0.268
7	0.256	17	0.252	27	0.074	37	-0.165	47	-0.179	57	-0.269
8	0.174	18	0.307	28	-0.022	38	-0.143	48	-0.234	58	-0.263
9	0.111	19	0.282	29	-0.042	39	-0.080	49	-0.260	59	-0.255
10	0.098	20	0.295	30	-0.119	40	-0.085	50	-0.257	60	-0.243

TABLA 14.- Coeficientes de la función de autocorrelación (r) para diferentes desfases (D) de la serie de tiempo normalizada.

D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$
1	0.811	11	0.115	21	0.081	31	-0.045	41	-0.164	51	0.096
2	0.236	12	0.013	22	0.007	32	-0.077	42	0.025	52	-0.005
3	0.002	13	0.111	23	-0.179	33	-0.023	43	-0.029	53	-0.044
4	-0.002	14	-0.010	24	-0.105	34	0.108	44	-0.012	54	0.003
5	-0.154	15	-0.121	25	0.080	35	-0.024	45	0.051	55	-0.042
6	-0.224	16	0.108	26	-0.166	36	-0.123	46	0.035	56	-0.122
7	0.068	17	0.044	27	0.109	37	0.061	47	-0.057	57	0.077
8	-0.005	18	0.120	28	-0.141	38	-0.058	48	-0.067	58	0.051
9	0.013	19	-0.048	29	0.023	39	0.050	49	-0.014	59	-0.019
10	0.180	20	0.033	30	-0.112	40	-0.053	50	0.004	60	0.029

TABLA 15.- Coeficientes de la función de autocorrelación parcial ( $\emptyset$ ) para diferentes desfases (D) de la serie de tiempo normalizada.

D	r	D	r	D	r	D	r	D	r	D	r
1	-0.298	11	-0.037	21	-0.076	31	-0.050	41	-0.094	51	-0.018
2	0.007	12	-0.102	22	0.124	32	0.032	42	-0.040	52	0.075
3	-0.046	13	-0.030	23	0.028	33	-0.187	43	0.087	53	-0.059
4	0.111	14	0.059	24	-0.097	34	0.055	44	0.005	54	0.014
5	0.134	15	-0.121	25	0.188	35	0.055	45	-0.028	55	-0.017
6	-0.200	16	0.008	26	-0.096	36	-0.090	46	-0.030	56	0.030
7	-0.020	17	-0.110	27	0.184	37	0.088	47	0.080	57	-0.025
8	-0.053	18	0.204	28	-0.157	38	-0.113	48	0.012	58	-0.002
9	0.023	19	-0.053	29	0.102	39	0.148	49	-0.052	59	-0.027
10	-0.059	20	-0.086	30	-0.014	40	0.063	50	-0.009	60	-0.058

TABLA 16.- Coeficientes de la función de Autocorrelación ( $r$ ) Para diferentes desfases ( $D$ ) de la serie de tiempo normalizada y diferenciada una vez.

D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$	D	$\emptyset$
1	-0.298	11	-0.012	21	-0.045	31	0.019	41	-0.000	51	-0.036
2	-0.090	12	-0.127	22	0.077	32	-0.029	42	0.045	52	0.029
3	-0.078	13	-0.133	23	-0.024	33	-0.139	43	-0.002	53	-0.041
4	0.082	14	-0.021	24	-0.087	34	-0.049	44	-0.011	54	0.014
5	0.213	15	-0.146	25	0.159	35	0.146	45	-0.085	55	0.099
6	-0.097	16	-0.094	26	-0.093	36	-0.046	46	-0.006	56	-0.029
7	-0.111	17	-0.165	27	0.098	37	0.058	47	0.082	57	-0.080
8	-0.131	18	0.063	28	-0.048	38	-0.009	48	0.014	58	0.024
9	-0.097	19	-0.019	29	0.054	39	0.059	49	-0.044	59	-0.026
10	-0.081	20	-0.131	30	0.013	40	0.125	50	-0.084	60	-0.086

TABLA 17.- Coeficientes de la función de autocorrelación parcial ( $\emptyset$ ) para diferentes desfases (D) de la serie de tiempo normalizada y diferenciada una vez.

(a)

MES AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	-0.15175	-0.09725	0.06248	-0.39596	-0.62697	-0.81826	-1.00459	-0.95936	-1.01762	-1.01817	-0.7978	-0.77275
1973	-0.74422	-0.46899	-0.19266	-0.50349	-0.96284	-1.4119	-1.08275	-1.04028	-1.11459	-0.99963	-0.93697	-0.84239
1974	-0.66055	-0.69064	-0.73697	-0.80275	-0.80211	-0.53899	-0.60431	-0.43596	-0.46945	-0.34174	-0.53193	-0.32229
1975	0.7334	0.48156	0.66716	0.20064	0.49569	0.6245	0.09587	-0.17275	-0.13027	-0.52532	-0.70303	-0.67908
1976	-0.62119	-0.3978	-0.6656	-0.68752	-0.60211	-0.5133	0.34973	0.05459	0.47422	0.80789	1.32202	1.12862
1978	1.48688	1.9989	1.8411	1.60147	1.11073	1.52661	1.49716	1.08413	0.6811	0.46238	0.39211	-0.05229
1979	-0.4422	-0.74615	-0.9655	0.59065	1.38761	0.76761	0.76587	1.47569	1.58358	1.61064	1.25257	—

(b)

MES AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1972	138.59	98.69	99.88	152.13	229.87	338.72	500.17	460.59	418.64	259.81	134.34	88.66
1973	34.94	49.47	76.46	126.83	144.36	232.36	439.15	363.87	351.07	272.09	32.37	52.44
1974	49.58	20.12	26.41	56.43	185.26	471.97	812.66	892.13	800.60	707.90	329.13	322.68
1975	293.44	175.34	155.46	292.48	515.83	1027.11	1359.27	1109.14	1036.93	586.29	203.77	137.3
1976	56.46	58.89	32.96	83.53	236.21	484.23	1557.46	1296.58	1458.14	1469.45	1687.46	1076.56
1977	425.23	376.26	263.36	622.04	672.48	1457.53	2453.23	2145.43	1602.29	1240.57	1006.15	462.97
1978	87.78	12.76	5.4	384.24	743.01	1095.39	1882.33	2468.26	2231.13	2001.22	1636.58	—

TABLA 18.- Valores estimados por el modelo ARIMA (110) a partir de la serie normalizada de CPUE (a), y valores retransformados a la serie original de CPUE, (b)

(a)

MES	PRONOSTICO	$L_I$ 95% CON.	$L_S$ 95% CONF.
E	1.57505	0.56639	2.5837
F	1.64012	0.41049	2.86976
M	1.62042	0.15577	3.08507
A	1.62639	-0.02728	3.28006
M	1.62458	-0.20221	3.45136

(b)

MES	PRONOSTICO	$L_I$ 95% CONF.	$L_S$ 95% CONF.
E	440.68	264.22	617.13
F	328.75	165.92	491.58
M	243.07	108.46	337.69
A	626.27	238.89	1013.66
M	803.36	338.06	1268.66

TABLA 19.- (a) Valores pronosticados por el modelo ARIMA (110) a partir de la serie normalizada de CPUE y, (b) valores pronosticados retransformados a la serie original de CPUE

AÑO	B. R.
1969	2.998
1972	2.781
1975	3.603
1978	1.304
1979	1.723
1980	1.775

TABLA 20.- Estimaciones de biomasa de reproductores (B.R.) para la subpoblación central de anchoveta en millones de toneladas cortas. Fuente: CALCOFI rep. XXI, Jul. 1980.