

7
551.46
C146
C.2

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE SERIES DE DATOS OCEANOGRAFICOS
Y METEOROLOGICOS EN LAS ESTACIONES COSTERAS DE
SAN CRISTOBAL-BALTRA Y LA LIBERTAD-SALINAS


RESPONSABLE:
INVENTARIADO
7 ABR. 1980

Por

Jorge O. Calderón Velásquez

D-1419
C12

Director de Tesis

José R. Cañón
M.S. en Oceanografía Biológica

TESIS DE GRADO

Para obtener el título de
LICENCIADO EN OCEANOGRAFIA FISICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

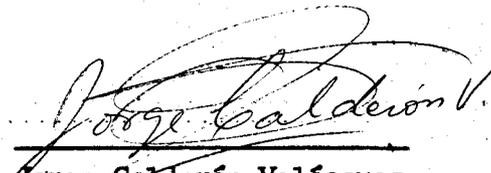
1 9 7 5

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE SERIES DE DATOS OCEANOGRAFICOS
Y METEOROLOGICOS EN LAS ESTACIONES COSTERAS DE
SAN CRISTOBAL-BALTRA Y LA LIBERTAD-SALINAS

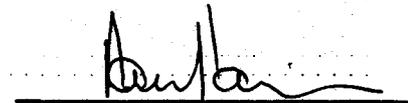
T E S I S

APROBADA POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR
Y POR EL HONORABLE CONSEJO ACADEMICO DE LA
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Firma del Autor


Jorge Calderón Velásquez

Director de Tesis


José R. Cañón
M.S. en Oceanografía Biológica

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis corresponden exclusivamente al Autor.

El patrimonio intelectual de la presente Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, en la especialidad de OCEANOGRAFIA FISICA)

A MIS PADRES

Jorge y Esperanza

A G R A D E C I M I E N T O

Deseo expresar mi aprecio al Dr. David B. Enfield por su especial colaboración y por sus sabias enseñanzas, que contribuyeron a la culminación del presente trabajo. Al Dr. José Cañón por sus acertados comentarios y orientación.

Agradezco al Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, quien me brindó las facilidades necesarias para realizar esta investigación, a mis compañeros de la División de Oceanografía Física y del Centro Nacional de Datos Oceanográficos.

Mi gratitud, en forma particular a mi esposa Maggie por su abnegación y dedicación en el trabajo mecanográfico de esta Tesis.

C O N T E N I D O

	Página
Título	
Presentación	
Declaración expresa	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Contenido	
Lista de Figuras	
I. INTRODUCCION	
Antecedentes del Estudio	1
Naturaleza y alcance	3
Organización de la Tesis	4
II. LOS DATOS	6
Procedimientos para las Observaciones	8
Errores de las Observaciones	10
III. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	
Introducción	12
Cálculo de Salinidad	13
Verificación y Calibración del Método Indirecto	15
Resultados de la prueba	17
Densidad del agua de mar	23
Procesamiento Automatizado	27
IV. ANALISIS DE LAS SERIES	
Introducción	34
Variaciones Anuales	34
Medias Corridas	39
Análisis	42
Comparación con el Índice de Quinn	44

CONTENIDO

	Página
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
APENDICE A	59
APENDICE B	72
BIBLIOGRAFIA	97

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
2-A	Cronograma de los datos existentes en Galápagos (San Cristóbal-Baltra), y en la zona Costera Continental (La Libertad-Salinas).	7
3-A	Diagrama de dispersión para las pruebas con muestras de Laboratorio.	18
3-B	Diagrama de dispersión para las pruebas con las muestras de Estaciones.	19
3-C	Compensación de los ceros de escala en las reglas de los mareógrafos, para los períodos 1953-1959 y Octubre 1972-1974.	26
3-D	Diagrama de flujo general del procesamiento de datos.	32
4-A	Variación anual Normal en La Libertad para el período 1953-1974, y Variación anual Promedio en Baltra para el período comprendido entre Noviembre 1959 a Diciembre 1974.	36
4-B	Ventajas de la utilización de la media corrida de doce meses.	41
4-J	Indice de Quinn y media corrida de doce meses de temperatura superficial y sigma-t para Baltra y La Libertad.	46 46
4-K	Indice de Quinn y medias corridas de doce meses de salinidad y Anomalías de nivel medio para Baltra y La Libertad.	47

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
4-C	Serie de Temperatura superficial en La Libertad.	48
4-D	Serie de Temperatura superficial en Baltra.	49
4-E	Serie de sigma-t en La Libertad.	50
4-F	Serie de sigma-t en Baltra.	51
4-G	Serie de Salinidad superficial en La Libertad.	52
4-H	Serie de Salinidad superficial en Baltra.	53
4-I	Serie de Anomalia del Nivel Medio en La Libertad.	54
A-1	Ejemplo de un diagrama de dispersión con una línea recta inserta.	65
A-2	Diagrama para ilustrar la partición de la suma total de cuadrados.	70
B-1	Diagrama de flujo del Programa FISP50 .	73
B-2	Diagrama de flujo de la Subrutina FISR53.	75
B-3	Diagrama de flujo de la Subrutina FISR51.	77

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

Antecedentes del Estudio

Las masas de agua que conforman el Pacífico Sur-Oriental y las corrientes que las mueven, desempeñan un papel muy importante durante el acontecimiento del fenómeno *El Niño*.

Carrillo (1892) refiere que los pescadores de Paita (Perú), dieron el nombre de *Corriente del Niño* a las aguas de temperatura superior en relación a las temperaturas normales de la región, que hacía su aparición después de la Pascua de Navidad. Actualmente se lo denomina *Fenómeno El Niño*.

El Niño es un fenómeno irregular, ocasional, aperiódico, cuyas repercusiones pueden ser catastróficas a la climatología y la ecología, con grandes consecuencias económicas y sociales para los países que limitan con el Pacífico Sur-Oriental. *El Niño* está caracterizado, además del desplazamiento de agua anormalmente cálidas y de baja salinidad, por fuertes lluvias y la presencia de los vientos alisios provenientes del norte.

El origen de este fenómeno (Quinn y Burt 1970, 1972), aparentemente está ligado a anomalías en la circulación oceánico-atmosférica en gran escala, sin embargo el mecanismo de formación de *El Niño* aún no se conoce de manera clara y definida.

Las alteraciones del ambiente marino llevan consigo trastornos en el ordenamiento biológico. Esto se debe a que juntamente con la lengua cálida del Norte se desplazan organismos de la fauna tropical y los organismos que generalmente componen la fauna de esta región se desplazan más al sur tratando de alejarse del agua cálida del Norte. Ciertas especies tratan de replegarse a la costa, profundizarse un poco, o migrar hacia el sur en busca de su medio apropiado de vida, muchas veces alcanzan la muerte en su búsqueda.

Las alteraciones en el desove y supervivencia de ciertas especies, conducen a reducciones críticas de sus poblaciones, alterando la cadena alimenticia y poniendo en peligro otras especies que dependen de ella. Esto crea serios problemas en las pesquerías de los países de la costa Occidental de la América del Sur, especialmente Ecuador y Perú, que ven reducidas sus capturas drásticamente cuando el fenómeno tiene lugar.

Las precipitaciones anormales que ocurren en la costa, asociadas con el fenómeno *El Niño* produce pérdidas en la agricultura, y

grandes daños materiales en la zona de las inundaciones.

En el Ecuador las dos zonas que soportan directamente las anomalías climáticas relacionadas con el fenómeno *El Niño*, son la región costera continental y el archipiélago de Galápagos.

En la costa se encuentra ubicada la estación oceanográfica de La Libertad ($2^{\circ} 13'S$, $80^{\circ} 54.7'W$) y la estación meteorológica de Salinas ($2^{\circ} 11.3'S$, $80^{\circ} 59.7'W$). Estas estaciones gozan del privilegio de encontrarse ubicadas en la Península de Santa Elena que es una de las partes más sobresalientes de la costa occidental de América del Sur.

En la región insular tenemos la Estación Oceanográfica de Baltra ($0^{\circ} 26.1'S$, $90^{\circ} 17.1'W$) y la Estación Meteorológica en la Isla San Cristóbal ($0^{\circ} 54'S$, $89^{\circ} 37'W$).

La situación de estas estaciones hace que los datos obtenidos en estas estaciones sea de gran valor para los estudios del desplazamiento del frente ecuatorial y para registrar los parámetros más significativos que caracterizan el flujo trans-ecuatorial proveniente del norte y los procesos climatológicos de que viene acompañado.

Naturaleza y alcance

Existen dos series de parámetros oceanográficos costeros y me-

teorológicos en La Libertad-Salinas y San Cristóbal-Baltra, los cuales no han sido procesados con anterioridad a este estudio. La salinidad, que es una variable muy importante en el reconocimiento de las masas de agua, no está presente en nuestras series, por lo que es preciso deducir un método indirecto para calcular salinidad en base de Temperatura y densidad de probeta, variables que sí están en las series de datos de Baltra y La Libertad.

Por esta razón y por la necesidad de poner los datos depurados a la disposición de los investigadores nacionales y extranjeros, es que pretendo en este trabajo dejar determinado un método de procesamiento automatizado de los parámetros oceanográficos costeros.

Las características de los datos a ser procesados y analizados nos permitirán correlacionar y comparar el comportamiento climatológico litoral con el régimen climatológico insular. Además en estas series será posible observar las diferentes ocurrencias del fenómeno de *El Niño* y comparar las variaciones de estos parámetros con otros índices similares que han sido estudiados previamente por otros investigadores.

Organización de la Tesis

Capítulo II, contiene una descripción de los métodos de medición, tipo de instrumentos, rango y precisión de los mismos. Se explica la naturaleza de los datos y las posibles deficiencias que pudieron exis

tir en la recolección de las muestras.

Capítulo III, se discute el procedimiento empleado para la determinación del método indirecto que permite el cálculo de salinidad y se realiza una exposición de los principios y procedimientos relacionados con el procesamiento de los datos oceanográficos costeros. Además se explica las partes principales de que consta el programa FORTRAN utilizado en el proceso automatizado. Una documentación de tallada del programa y de los conceptos estadísticos empleados se provee en los Apéndices A y B.

Capítulo IV, describe las principales características de cada parámetro en La Libertad y Baltra y además se las compara entre sí señalando sus relaciones y diferencias. Por otra parte se correlaciona el comportamiento de las variaciones interanuales de ciertos parámetros con el índice de Quinn.

CAPITULO II

L O S D A T O S

Los datos oceanográficos fueron recopilados de las observaciones efectuadas en las estaciones oceanográficas en La Libertad (1953 en adelante) y de Isla Baltra (Noviembre 1959 en adelante).

Los parámetros obtenidos en las estaciones oceanográficas fueron: temperatura ambiental, temperatura del agua de mar, temperatura de probeta, densidad y el nivel medio diario del mar. En las estaciones meteorológicas de Salinas e Isla San Cristóbal fueron: temperatura ambiental, humedad, precipitación, dirección y fuerza del viento.

Los datos existentes, tanto meteorológicos como oceanográficos, se encuentran señalados en el cronograma de la Figura 2-A. La ausencia de datos en ciertos períodos tiene diferentes explicaciones. En su mayor parte esto se ha debido al daño parcial o total de los instrumentos de medición, los cuales no fueron reparados o sustituidos con la debida celeridad.

Sin embargo en el examen previo de los datos se encontraron ciertos períodos que no podían aceptarse como confiables. Tal es el caso de la temperatura ambiental, del mar y de probeta, así como la densidad, durante el año 1954 en La Libertad, en el cual los errores pue -

den ser atribuidos, sin temor a equivocación, a negligencia del observador.

En el caso de nivel medio del mar, en La Libertad faltan datos en el lapso comprendido entre Enero de 1969 y Octubre de 1972. Este blanco en la serie es debido a que la estación pasó de la dependencia del Instituto Geográfico Militar al Instituto Oceanográfico de la Armada, sin que hubieran personas que pudieran mantener las observaciones durante este intervalo.

En la isla Baltra no fue posible conseguir los datos digitizados del nivel medio diario del mar, anteriores a 1973.

Procedimientos para las Observaciones

Para obtener la *Temperatura Superficial* se recoge agua del mar con un balde y se lo lleva a la sombra o se lo protege del sol con el cuerpo. Inmediatamente se introduce el termómetro en el balde y se lo agita durante dos o tres minutos, chequeando la temperatura cada medio minuto. Al efectuar la lectura no se debe sacar el termómetro del balde, y la escala del termómetro debe quedar perpendicular a la vista. La precisión de los termómetros utilizados en las estaciones costeras-oceanográficas es de 0.1 grados centígrados o de 0.2 grados Fahrenheit, y esa es la estimación que debe intentar el observador.

Una vez efectuada la medición de temperatura, se toma del balde, una muestra de agua de mar, en una probeta que ha sido enjuagada previamente con la misma agua que se quiere analizar. En esta probeta se va a determinar la *densidad* y la *temperatura* de la muestra. Se debe colocar el hidrómetro cuidadosamente en el recipiente, procurando que los bordes del mismo no impidan el libre desplazamiento del instrumento, la lectura se realizará con una aproximación de 0.1, que es la precisión del hidrómetro, el cual expresa la densidad como $\sigma\text{-t}$. El procedimiento para determinar la temperatura del agua en la probeta es el mismo que se empleó para la muestra recogida en el balde.

Desde Octubre de 1974 se empezó a tomar muestras de agua de mar, para la determinación de la salinidad, las cuales fueron remitidas al laboratorio en botellas debidamente tapadas, y que han sido enjuagadas varias veces con la misma agua que se va a analizar, antes de poner en ellas la muestra a ser enviada.

La altura de las mareas es registrada por un mareógrafo automático tipo estandar. Para tabular a base del registro del mareógrafo, se usa una regla de cristal, graduada en concordancia con la escala del registro. Se traza una línea a través de la parte inferior de la regla, que tiene una relación definida con el cero del mareógrafo de vara (regla de mareas). La regla se mueve entonces a lo largo del registro manteniendo esta línea en coincidencia con la línea del plano

de referencia y las alturas horarias, según se leen en la escala, se refieren directamente al cero de la regla de marea. A continuación, para cada día se suman las alturas horarias y se divide por el número de datos, obteniéndose el nivel medio diario del mar, que es el dato fuente que se emplea en el presente trabajo.

Errores de las Observaciones

Las deficiencias de los datos obtenidos pueden ser atribuidos por una parte a fallas en los instrumentos, y por otra a las limitaciones del observador.

Los termómetros e hidrómetros deben haber introducido errores en la determinación de temperatura y densidad, sobre el valor real, pues desde que fueron puestos en servicio, hasta Diciembre de 1974, no habían sido calibrados.

El operador de la estación introduce errores sistemáticos al no tomar las debidas precauciones en la rutina de observación, por ejemplo:

En el procedimiento para determinar Temperatura Superficial:

- No lleva a la sombra ni protege el balde del sol, con su cuerpo.
- No espera el tiempo necesario para que la columna de mercurio del termómetro se estabilice.

- Saca el termómetro del balde para efectuar la lectura.
- Al efectuar la lectura mantiene la escala del termómetro en relación oblicua a la vista.

En el caso de la densidad y temperatura tomada en la probeta:

- No enjuaga con el agua recogida en el balde, la probeta y/o hidrómetro, permitiendo la acumulación de sal residual de observaciones anteriores.
- Permite que el hidrómetro esté en contacto constante con las paredes de la probeta, y efectúa la lectura estando el instrumento inclinado con respecto a la superficie del agua. No realiza la lectura de la temperatura simultáneamente a la densidad, de tal manera que la temperatura registrada no corresponde a la temperatura que tenía el agua al momento de la determinación de la densidad.

Existen errores propios del criterio del observador, tales como realizar una lectura alta o baja del termómetro y/o hidrómetro sobre el valor que marca el instrumento.

CAPITULO III

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Introducción

El objetivo del presente capítulo es de presentar un método automatizado, que permita procesar los datos obtenidos en las estaciones costeras durante muchos años, para que de esta manera puedan estar al alcance de los investigadores interesados en el estudio de la región tanto dentro como fuera del país.

Las variables que componen las series de datos que van a ser utilizadas en el presente estudio son: la temperatura del aire, la temperatura del mar, el nivel medio, la temperatura y densidad de probeta. En estas series, existen muchos años durante los cuales no se tomó muestras de agua para determinar salinidad. Sin embargo, este parámetro es muy representativo de las masas de agua por lo que sería de mucha utilidad calcularlo.

Desde Octubre de 1974 se empezó a recolectar muestras de agua en las estaciones costeras para la determinación de salinidad en el laboratorio.

Para realizar este cálculo fue necesario desarrollar un método indirecto en base de la temperatura y densidad (de probeta) y luego

se calibró esta salinidad calculada, por comparación con la salinidad real de las muestras que se tomaron en los últimos meses.

Cálculo de Salinidad

El Sigma-t, obtenido en las estaciones costeras, a través de la lectura del hidrómetro en una muestra de agua recolectada en una probeta, no es densidad real del agua de mar, debido a que la temperatura de la probeta normalmente es diferente a la del mar, (véase discusión en el Capítulo II).

El método indirecto para calcular salinidad se basa en las ecuaciones desarrolladas por Martin Knudsen, según las cuales, la anomalía de densidad (sigma-t) puede calcularse a través de la temperatura y salinidad:

$$\sigma_t = \sum_t + A_t \sigma_o + B_t \sigma_o^2 + 0.1324 A_t - 0.01753 B_t \quad (3.1)$$

donde:

$$\sum_t = - \frac{T [T(T + 275.04) - 2236.8396] + 4482.8332}{503.57 (T + 67.26)} \quad (3.2)$$

$$A_t = 1 - \left\{ T \left[T(1.0843 \times 10^3 T - 9.8185 \times 10^{-2}) + 4.7867 \right] \right\} \times 10^{-3} \quad (3.3)$$

$$B_t = \left\{ T \left[T(1.667 \times 10^{-2} T - 0.8164) + 18.030 \right] \right\} \times 10^{-6} \quad (3.4)$$

$$y \quad \sigma_0 = \left\{ S \left[S(6.768 \times 10^{-6} S - 4.82496 \times 10^{-4}) + 0.81487658 \right] \right. \\ \left. - 9.344586 \times 10^{-2} \right\} \quad (3.5)$$

En estas ecuaciones, T representa la temperatura de probeta, S la salinidad, y σ_0 es el valor del sigma-t a cero grados centígrados, una función sólo de salinidad.

Por lo tanto para encontrar S en función de sigma-t y T es necesario invertirlas. $A_t, B_t, \sum t$ están dadas en función de T y se pueden calcular directamente.

El valor de σ_0 se determina a partir de la ecuación (3.1), la cual es una ecuación de segundo grado en σ_0 y por lo tanto tiene dos soluciones:

$$\sigma_0 = \frac{-A_t + \sqrt{A_t^2 - 4B_t C_t}}{2B_t} \quad (3.6)$$

$$\sigma_0 = \frac{-A_t - \sqrt{A_t^2 - 4B_t C_t}}{2B_t} \quad (3.7)$$

donde:

$$C_t = \sum t - \sigma_t + 0.1324 A_t - 0.01753 B_t$$

El valor del discriminante será siempre positivo y como obviamente

el valor de la densidad será siempre una cantidad positiva, la solución que nos interesa es la (3.6).

Finalmente, para obtener la salinidad se soluciona la ecuación (3.5), que es una cúbica en S , utilizando el método iterativo de Bierge-Vieta (McCalla, 1967).

Verificación y Calibración del Método Indirecto

Con el objeto de comparar la salinidad de la muestra calculada por el método indirecto con la salinidad determinada por medio de un salinómetro de conductividad, tanto en condiciones normales como ideales y poder saber hasta qué punto el empleo rutinario del hidrómetro en las estaciones costeras se asemejan al rendimiento obtenido en el laboratorio, se realizaron dos clases de pruebas:

- Comparación con muestras de laboratorio.
- Comparación con muestras de estaciones.

a) *Comparación con muestras de laboratorio:*

Estas experiencias se realizaron en base de muestras confeccionadas en el laboratorio para lo cual se tomaron precauciones, tales como mantener constante la temperatura ambiente, enjuague cuidadoso de las probetas para eliminar las sales residuales de pruebas anteriores, verificación de las lecturas tanto de los termómetros, hidrómetros y salinómetros, eliminación de la adhe

rencia del hidrómetro a las paredes de la probeta y calibración de termómetros.

Las muestras se prepararon con una salinidad relativamente alta, aproximadamente 37 partes por mil, y se determinó su temperatura y densidad utilizando termómetros e hidrómetros similares a los que se usan en las estaciones mareográficas. La salinidad fue determinada utilizando un salinómetro de conductividad y en ciertas ocasiones por el método de Mohr-Knudsen, para verificar la precisión de este salinómetro. A continuación se hizo variar la salinidad y temperatura, añadiendo agua destilada para disminuir la concentración y calentándola para aumentar su temperatura. Este proceso fue repetido sistemáticamente por varias ocasiones hasta obtener una gama de datos bastante completa, para cubrir el rango de variación de salinidad que es característico en nuestro medio.

b) *Comparación con muestras de estaciones:*

Para estas pruebas se utilizaron las muestras de agua de mar recogidas en las estaciones mareográficas de La Libertad, Manta e Isla Baltra, desde Octubre de 1974 hasta Enero de 1975. Además, poseemos los datos de temperatura y densidad tomados en una probeta en los mismos lugares y a las mismas horas en que fueron tomadas las muestras de agua para ser enviadas al laboratorio. Al efectuarse las lecturas de los termómetros e hidrómetros, y

en la recolección de las muestras no se tomaron precauciones extraordinarias más allá de la rutina del observador.

Resultados de las Pruebas *

En las figuras 3-A y 3-B, se encuentran ploteadas las salinidades calculadas por el método indirecto (S_h) y las salinidades determinadas por un salinómetro de conductividad (S_d) provenientes de las muestras de laboratorio y de las estaciones respectivamente.

La línea 1:1, representa los valores ideales que serían de esperarse si no existieran factores externos que introduzcan errores en los resultados, de tal manera que se mantenga la igualdad $S_h = S_d$.

En los resultados de las pruebas de laboratorio (Figura 3-A), asumiendo que no hubieron errores en los procedimientos de determinación de las salinidades, la desigualdad $S_h < S_d$ presumiblemente puede ser explicada por fallas de calibración de fábrica en los instrumentos utilizados.

En las pruebas con las muestras de estaciones, los resultados (Figura 3-B), presentan la desigualdad $S_h > S_d$, la cual es explicada

* Algunos conceptos estadísticos que se emplean aquí, se explican en el Apéndice A.

FIGURA 5-A : Diagrama de dispersión para las pruebas en muestras de Laboratorio, donde S_n es la salinidad calculada por el método indirecto, y S_s la salinidad determinada por medio de un salinómetro de conductividad.

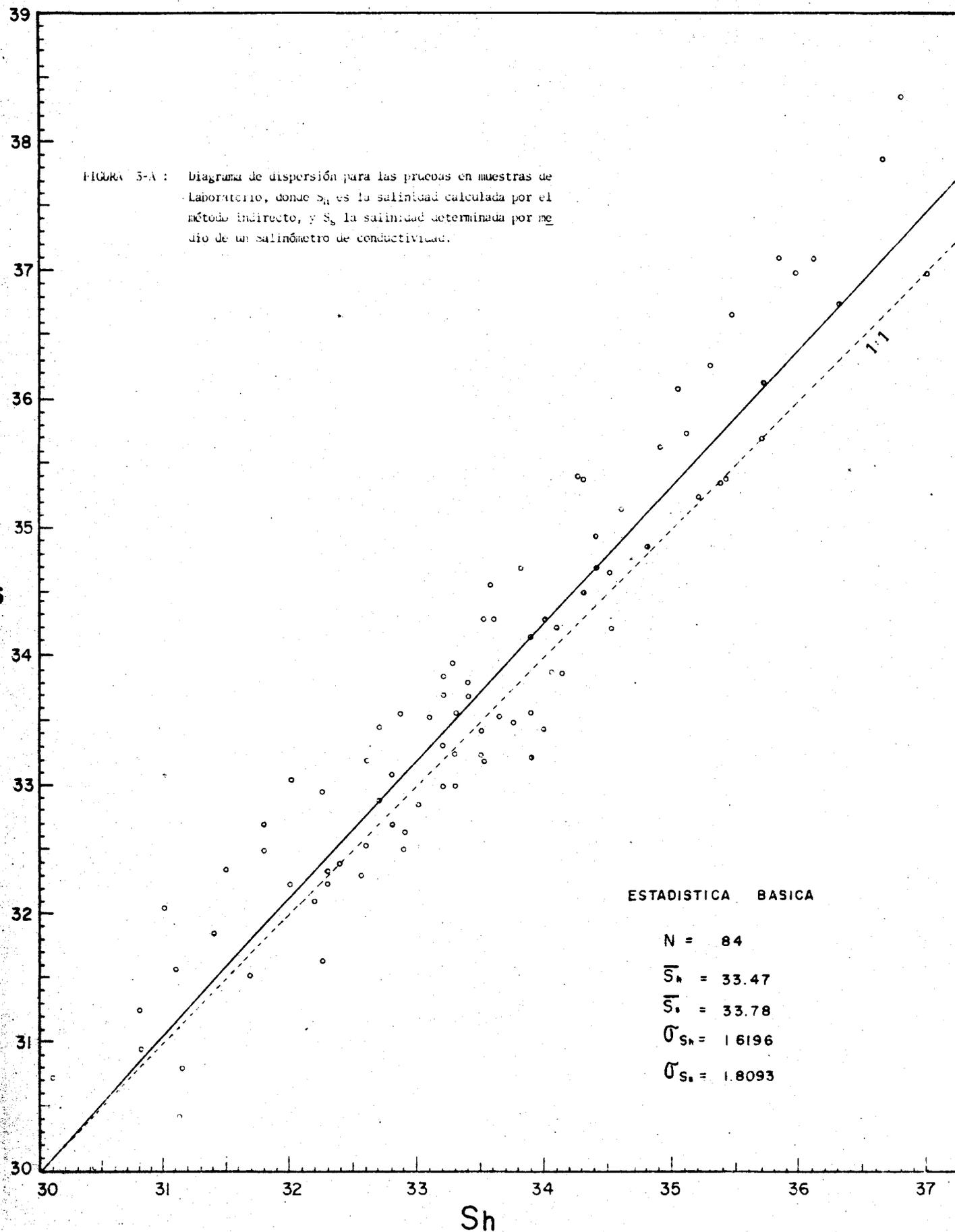
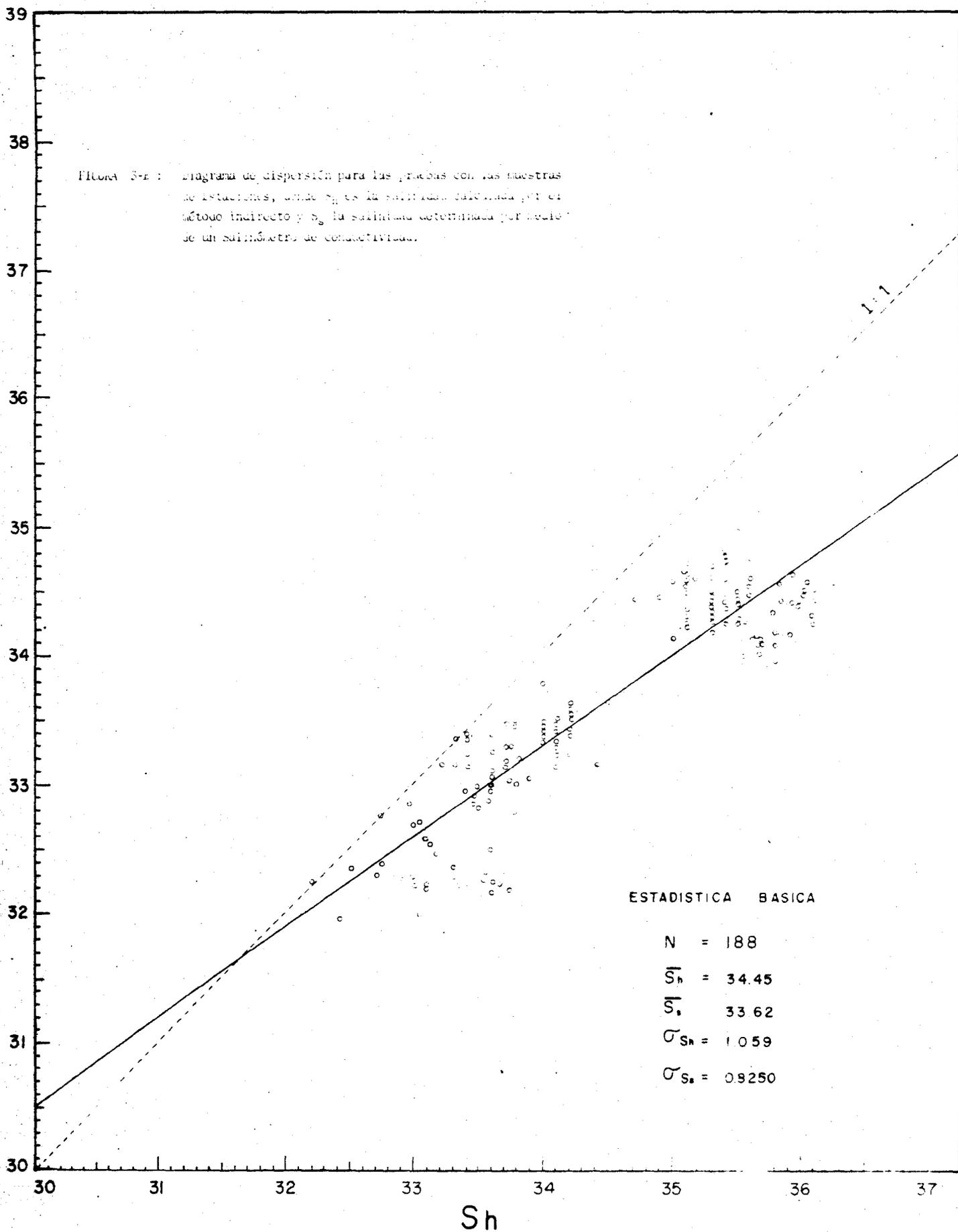


FIGURA 3-2: Diagrama de dispersión para las pruebas con las muestras de estaciones, donde S_h es la salinidad calculada por el método indirecto y S_s la salinidad determinada por medio de un salinómetro de conductividad.



ble, en principio, por errores sistemáticos de parte del observador, por ejemplo:

1. No enjuaga la probeta y/o hidrómetro en el agua que se quiere analizar, acumulándose sal residual de las observaciones anteriores.
2. Lectura alta del termómetro y/o hidrómetro.
3. Error de termómetro y/o hidrómetro sobre el valor real.

Sin embargo una verificación por cálculo de los posibles errores, no ha podido explicar toda la diferencia encontrada; lo cual indica una contribución de agentes foráneos no determinados que inciden en el comportamiento del hidrómetro y/o termómetro y que no pudieron ser determinados en las pruebas del laboratorio.

En la siguiente tabla presentaremos los parámetros estadísticos de las muestras:

	n	\bar{S}_h	\bar{S}_s	σ_{S_h}	σ_{S_s}
Muestras de Laboratorio	84	33.47	33.78	1.6196	1.8093
Muestras de Estaciones	188	34.45	33.62	1.0590	0.8250

donde:

n → Número de pares de datos.

\bar{S}_h → Media aritmética de la salinidad calculada por el método indirecto.

\bar{S}_s → Media aritmética de la salinidad determinada con un salinómetro de conductividad.

σ_{S_h} → Desviación estandar de los valores de S_h .

σ_{S_s} → Desviación estandar de los valores de S_s .

Podemos observar que los parámetros estadísticos para las pruebas con las muestras de estaciones, son menores que los obtenidos con las muestras de laboratorio, esto es explicable por cuanto las muestras de laboratorio fueron preparadas para cubrir un rango de salinidad mayor que el rango real obtenido de las muestras de las estaciones.

En la tabla que presentamos a continuación, constan los resultados del análisis de regresión, realizados para las salinidades de hidrómetro con respecto a las salinidades de las muestras de laboratorio y de las estaciones, respectivamente:

	a	b	S_E	SE(b)	$r_{S_{hs}}$
Muestras de Laboratorio	-2.0897	1.0716	0.5176	0.03487	0.9592
Muestras de Estaciones	9.3908	0.7032	0.3570	0.02459	0.9026

donde:

a → Intercepto de la línea recta de la regresión en S_s .

b → Pendiente de la recta de regresión.

S_E → Error estandar de la estima.

SE(b) → Error estandar estimado de la pendiente (b).

$\hat{r}_{S_{hs}}$ → Coeficiente de correlación.

La recta de regresión, adoptada para el cálculo de la salinidad por el método indirecto es:

$$S_c = 9.3908 + 0.7032 S_h \quad (3.8)$$

S_c → Salinidad corregida.

S_h → Salinidad calculada por el método indirecto.

Los factores de correlación, tanto para las muestras de laboratorio ($\hat{r}_{S_{hs}} = 0.9592$) como para las muestras de estaciones ($\hat{r}_{S_{hs}} = 0.9026$), demuestran que existe una buena correlación lineal entre las variables S_s y S_h .

El error estandar de la estima, para el caso de las muestras de estaciones, es $S_e = 0.3570$, si construimos rectas paralelas a la recta de regresión con una distancia vertical de S_e , se encontrará, como el número de datos es bastante grande, que entre estas líneas quedarán incluidos alrededor del 76% de los datos.

En la última tabla que se presenta a continuación, consta el análisis de varianza explicado por el análisis de regresión.

	SS_T	SS_R	SS_E
Muestras de Laboratorio	274.9659	252.9936	21.9723
Muestras de Estaciones	127.9726	104.2667	23.7059

donde:

SS_T → Suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la media.

SS_R → Suma de cuadrados debido a la regresión.

SS_E → Suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la regresión.

Podemos observar que para el caso de las muestras de laboratorio, la suma de cuadrados debido a la regresión es el 92% de la suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la media, mientras que a la suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la regresión corresponde el 8% restante.

Para las muestras de laboratorio los porcentajes correspondientes son 81.48% para SS_R y 18.52 % para SS_E .

Densidad del Agua de Mar

El sigma-t, obtenido en las estaciones costeras, a través de la lectura del hidrómetro en una muestra de agua recolectada en una probeta, no es la densidad real del agua de mar, debido a que la temperatura de la probeta normalmente es diferente a la del mar,

(véase discusión de Capítulo II).

Por lo tanto para obtener el verdadero valor del sigma-t, es necesario realizar otro cálculo con las ecuaciones descritas en la sección 3.1. Para este fin se utilizan como variables de entrada la temperatura del agua de mar y la salinidad corregida. Luego aplicamos directamente las relaciones (3.1) a (3.5) de Knudsen (1901) para calcular el sigma-t del mar.

Anomalía del Nivel Medio

La anomalía del nivel medio del mar, se define como:

$$A_{NM} = NM - \overline{NMS} \quad (3.9)$$

donde:

A_{NM} → Anomalía del Nivel medio.

NM → Nivel medio diario.

\overline{NMS} → Nivel medio de la serie.

Para la estación de La Libertad fue necesario hacer un reajuste, por cuanto los datos de mareas fueron obtenidos por dos organismos diferentes, durante lapsos distintos:

Serie A : Instituto Geográfico Militar (1953 a 1969).

Serie B : Instituto Oceanográfico de la Armada (desde Octubre de 1972).

Las reglas de mareas instaladas por las dos instituciones, tenían sus ceros de escala a diferentes profundidades de las cotas de referencias (Figura 3-C). El nivel cero de la primera regla, *Serie A*, fue calculado en base al nivelamiento de la regla realizada en 1959. En aquel nivelamiento fue determinada la altura de 12.0823 m, desde el nivel de referencia al nivel medio de los años 1950 - 1959 ($\overline{NM} = 2.6521$ m). Por lo tanto la distancia desde el nivel de referencia al cero de la regla para la serie A fue: $Z_A = 14.73440$ m. Para la *Serie B*, la distancia (Z_B) desde la referencia de nivel, al cero de la regla fue 14.1758 m.

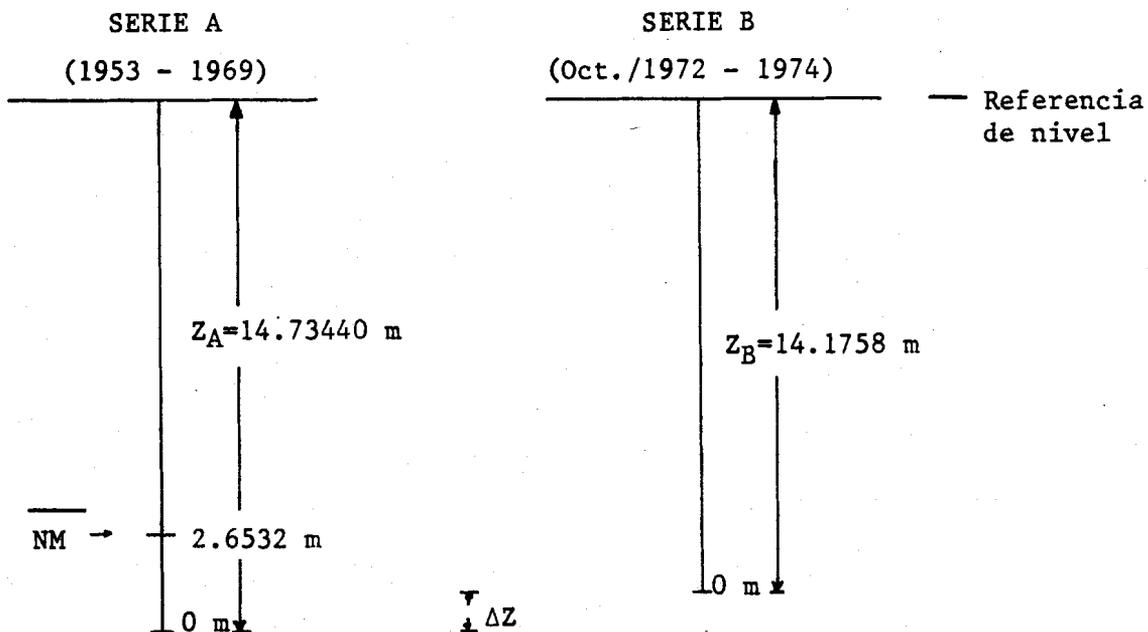
De tal manera que el valor $\Delta Z = Z_A - Z_B$, es de 55.86 cm. Este valor debió ser añadido al nivel medio diario en la serie B, para compensar la diferencia de niveles. Una vez efectuada esta compensación es posible calcular el nivel medio de toda la serie (1953 - 1974), el cual es:

$$\overline{NMS} = 265.32 \text{ cm}$$

y con este valor podemos calcular las anomalías de nivel medio.

Este problema no se presentó en la estación de Isla Baltra, pues los datos digitizados de marea que existen son muy pocos (1973-1974), y durante este período no se cambió la regla de mareas, ni se observó asentamiento de la misma, durante los nivelamientos efectuados.

LA LIBERTAD



$\overline{\text{NM}}$ → Nivel medio promedio para la serie 1950 - 1959, al cual fue referido el nivelamiento de 1959.

ΔZ → Incremento que deberán ser añadido a los datos de la serie B para compensar la diferencia de nivel en los ceros de las escalas.

FIGURA 3-C : Compensación de los ceros de escala en las reglas de los mareógrafos, para los períodos 1953 - 1959 y Octubre 1972 - 1974.

Procesamiento Automatizado

La existencia de largas series de datos oceanográficos y la recolección actual y futura de los mismos, planteó la necesidad de mecanizar el procesamiento de los datos, para ponerlos al alcance de los investigadores en una forma ordenada y rápida.

El procesamiento se realizó utilizando un computador IBM (Sistema 3/10) y el lenguaje de programación utilizado fue el FORTRAN IV.

El programa utiliza como datos de entrada, la fecha y hora en que se efectuó la observación; la temperatura del aire, la temperatura superficial del mar (balde) y de probeta, la densidad de probeta y el nivel medio diario del mar.

Los datos son procesados día a día, que es como regularmente se realiza la observación, y sus resultados se van acumulando para obtener los promedios mensuales. Cada observación diaria está sometida al siguiente manipuleo:

- Las temperaturas son reducidas a grados centígrados, si acaso fueron leídas en grados Fahrenheit en las estaciones.
- Se calcula salinidad en base del método indirecto y se la calibra por medio de la recta de regresión. (Ecuaciones 3-1 a 3-6 y 3-8).

- Se determina la verdadera densidad del agua de mar, basándose en las Fórmulas de Knudsen y utilizando la salinidad que acabamos de calcular, y la temperatura del mar.
- Se determina la anomalía de nivel medio, relativo al nivel medio de toda la serie que estamos tratando.

Los parámetros calculados y reducidos son listados en una salida de resúmenes mensuales (Tabla 3.1). Estos parámetros son ordenados secuencialmente por día con la hora local de observación, como dato auxiliar. Las variables así listadas son: temperatura del aire, temperatura del mar, salinidad y anomalía del nivel medio.

Además se imprime en esta misma salida, la media aritmética de cinco días, para cada variable, siempre que el número de observaciones en este lapso sea igual o mayor que tres. La impresión se efectúa en la quinta línea de cada grupo.

Los promedios mensuales de temperatura del aire, temperatura del mar, densidad del mar, salinidad y anomalía del nivel medio, son acumulados para dar origen a la salida de resúmenes anuales (Tabla 3.2) que contiene, para cada variable, la media aritmética mensual, el valor máximo y mínimo mensual, la desviación estandar mensual y el número de datos existente en cada mes. También se obtiene la media aritmética ponderada anual \bar{X}_A , el valor máximo anual y el número total de datos que hubo durante el año. \bar{X}_A se obtiene de:

DIA	HORA LOCAL	TEMP AIRE	TEMP AGUA	TEMP BRUJ	DENS MAR	SALINIDAD	ANOM. N MED
1	17:27	26.1	26.1	26.1	21.6	33.1	3.9
2	16:30	26.7	25.6	25.6	21.7	33.0	6.0
3	16:36	26.7	25.9	25.6	21.7	33.2	0.3
4	16:31	26.1	26.1	26.1	21.6	33.1	1.7
5	16:29	25.0	26.7	25.7	21.6	33.3	-0.2
6	16:26	26.7	27.2	27.2	21.4	33.4	0.1
7	15:14	26.7	27.2	27.2	21.6	33.4	0.1
8	17:27	25.6	26.7	26.7	21.6	33.1	0.9
9	17:27	26.1	26.7	26.7	21.6	33.1	-0.4
10	15:33	26.7	26.7	26.7	21.6	33.3	-3.6
11	15:33	26.7	26.7	26.7	21.6	33.2	-3.7
12	16:30	25.0	26.4	26.4	21.6	33.1	-3.4
13	16:29	25.0	25.3	25.3	21.9	33.1	-1.2
14	16:27	26.1	25.6	25.6	21.7	33.1	-2.0
15	16:28	25.6	25.5	25.5	21.7	33.3	-4.2
16	16:27	25.6	25.6	25.6	21.7	33.1	-1.4
17	16:27	25.0	25.0	25.0	22.2	33.5	2.2
18	16:33	25.0	26.4	26.4	21.7	33.4	2.0
19	15:23	26.7	25.6	25.6	22.0	33.5	0.3
20	16:25	26.7	25.6	25.6	22.0	33.5	-2.1
21	16:29	26.1	26.1	26.1	21.9	33.1	-3.0
22	17:35	26.1	25.8	27.2	21.7	33.4	-2.1
23	17:25	26.1	27.2	27.2	21.4	33.4	-0.9
24	16:27	26.7	27.2	27.2	21.4	33.3	-1.6
25	14:27	28.3	26.4	26.4	21.7	33.3	-1.0
26	16:36	26.7	27.5	27.5	21.3	33.3	-1.0
27	16:35	27.2	27.2	27.2	21.4	33.4	-0.6
28	16:39	28.3	27.3	29.1	21.1	33.3	-0.6
29	16:35	27.3	27.3	27.3	21.4	33.2	-0.1
30	16:29	26.7	27.5	27.5	21.4	33.4	-0.7
31	17:30	26.7	27.2	27.2	21.4	33.3	-0.7

ESTACION : LA LIBERTAD LAT. : 02 12.0 S USERY : LANCHIMBA
 MES : FEBRERO LONGS.: 90 55.0 W TERMUM : 2105
 ANJ : 1960 MIDRUM : 674

DIA	HORA LOCAL	TEMP AIRE	TEMP AGUA	TEMP BRUJ	DENS MAR	SALINIDAD	ANOM. N MED
1	15:35	27.2	27.2	27.2	21.5	33.5	-5.9
2	16:26	27.8	26.1	26.1	22.3*	34.0*	-9.5
3	17:29	27.2	26.4	26.4	21.7	33.4	-4.0
4	16:30	26.7	26.7	26.7	21.5	33.4	-7.5
5	16:25	26.1	27.2	27.2	21.5	33.4	-7.5
6	16:24	26.1	26.7	26.4	21.7	33.4	-11.1
7	15:34	25.6	26.1	26.1	21.6	33.1	-11.5
8	15:28	26.7	26.9	26.9	21.3	33.0	-5.0
9	16:27	26.1	26.7	26.7	21.4	33.0	-5.0
10	16:26	27.2	27.2	27.2	21.2	33.1	0.5
11	16:31	26.7	27.9	27.2	21.3	33.2	0.5
12	14:36	27.2	27.2	27.2	21.1	33.1	2.1
13	15:25	28.3	27.2	27.2	21.2	33.1	4.5
14	16:22	26.7	27.2	27.2	21.2	33.1	3.6
15	14:27	27.2	27.5	27.5	21.1	33.1	3.5
16	15:34	27.2	27.2	27.2	21.2	33.0	2.1
17	17:25	27.2	25.8	25.8	21.7	33.2	-6.9
18	16:29	27.2	26.7	26.7	21.6	32.5	1.0
19	16:23	27.2	26.7	26.7	21.5	33.5	-1.3
20	17:30	27.2	26.7	26.7	21.5	33.3	-2.7
21	16:31	24.5	26.9	26.9	21.5	33.3	1.1
22	15:25	25.5	27.2	27.2	21.5	33.6	-2.5
23	17:30	27.8	26.1	26.1	21.5	33.3	-4.2
24	15:12	27.8	26.7	26.7	21.5	33.4	-3.0
25	16:28	26.7	25.6	25.6	22.2	33.6	-0.9
26	16:30	27.2	26.7	26.7	21.5	33.6	-4.5
27	16:24	28.4	27.2	27.2	21.6	33.6	7.3
28	15:35	32.5	28.3	28.3	21.6*	34.0*	6.5

TABLA 3-1 : Salida de computador de los datos diarios y promedios de cinco días, de una estación mareográfica/oceanográfica costera.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEJIA	MAX	MIN
TEMP. AMBIENTAL (GRADOS CENTIGRADOS)															
MEDIA	26.4	27.5	27.4	26.3	25.2	22.2	21.7	21.1	21.6	21.2	21.9	24.2	23.9	32.8	19.2
MAX.	28.3	32.8	28.9	30.3	26.9	25.6	23.3	22.5	22.5	22.3	23.3	25.6			
MIN.	25.0	25.6	25.6	23.6	22.5	20.0	20.0	19.2	20.3	20.3	20.0	22.5			
RANGO	3.3	7.2	3.3	6.7	4.4	5.6	3.3	3.3	2.2	1.9	3.3	3.1			
DES. STD.	0.95	1.28	0.93	1.27	1.07	1.41	0.82	0.84	0.70	0.38	0.99	0.89			
N. OBS.	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	TOTA_ OBS :	365	

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEJIA	MAX	MIN
TEMP. DEL MAR (GRADOS CENTIGRADOS)															
MEDIA	26.4	26.7	27.3	25.3	26.1	21.8	22.5	22.4	23.1	23.0	23.3	24.8	24.4	29.2	17.8
MAX.	28.1	28.3	29.2	27.2	27.2	25.0	23.8	23.6	24.1	23.7	24.5	25.9			
MIN.	25.0	23.1	24.4	21.4	24.2	17.8	20.5	21.2	22.0	22.7	22.2	23.9			
RANGO	3.1	5.3	4.7	5.8	3.1	7.2	3.3	2.3	2.1	1.0	2.3	2.2			
DES. STD.	0.83	1.02	1.13	1.73	0.84	2.16	0.79	0.73	0.45	0.23	0.65	0.62			
N. OBS.	31	29	31	29	30	30	31	31	30	31	30	31	TOTA_ OBS :	364	

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEJIA	MAX	MIN
SIGMA-T (DENSIDAD-1.0)*E03															
MEDIA	21.6	21.6	21.6	22.7	22.0	23.3	23.2	23.1	22.9	22.5	22.4	22.1	22.4	24.7	20.9
MAX.	22.1	22.2	22.7	23.8	23.3	24.7	23.8	23.8	23.3	23.0	23.1	22.5			
MIN.	21.1	21.1	20.9	21.4	21.4	21.9	22.6	22.5	22.6	22.4	22.0	21.7			
RANGO	1.1	1.1	1.7	2.4	1.9	2.8	1.2	1.4	0.7	0.6	1.1	0.7			
DES. STD.	0.24	0.34	0.46	0.56	0.47	0.85	0.34	0.34	0.15	0.19	0.28	0.24			
N. OBS.	31	27	31	29	30	30	31	31	30	31	30	31	TOTA_ OBS :	352	

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEJIA	MAX	MIN
SALINIDAD (PARTES POR MIL)															
MEDIA	33.3	33.3	33.7	34.2	33.6	33.7	33.8	33.6	33.6	33.3	33.0	33.3	33.5	34.5	32.5
MAX.	33.5	33.6	34.1	34.5	34.5	34.2	34.1	34.3	33.8	33.7	33.8	33.6			
MIN.	33.0	32.6	33.4	33.9	33.0	33.0	33.3	33.2	33.5	32.8	32.7	33.0			
RANGO	0.5	1.1	0.7	0.6	1.4	1.3	0.8	1.1	0.4	0.8	1.1	0.7			
DES. STD.	0.14	0.32	0.22	0.14	0.33	0.36	0.22	0.23	0.11	0.25	0.29	0.20			
N. OBS.	31	27	31	29	30	30	31	31	30	31	30	31	TOTA_ OBS :	362	

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEJIA	MAX	MIN
ANOMALIA NIVEL MEDIO (CENTIMETROS , REFERIDO AL MTL)															
MEDIA	-0.4	-2.5	-5.6	-1.7	5.1	-0.9	-1.1	-2.9	-2.8	-1.7	-2.9	-0.6	-1.5	14.3	-19.1
MAX.	6.0	7.3	4.0	4.0	14.3	5.8	3.4	3.5	2.4	9.1	6.6	11.1			
MIN.	-4.2	-11.5	-12.5	-8.6	-6.8	-8.6	-6.9	-12.1	-19.1	-10.5	-11.6	-5.4			
RANGO	10.2	18.8	16.5	12.6	21.1	14.4	10.3	15.6	21.5	19.7	18.2	15.5			
DES. STD.	2.25	5.51	4.42	3.68	4.80	4.33	3.12	3.00	3.99	4.47	4.30	4.10			
N. OBS.	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	TOTA_ OBS :	365	

TABLA 3-2 : Un resumen anual de los datos mensuales procesados para una estación mareográfica/oceanográfica costera.

$\bar{X}_A = \frac{\sum n \bar{X}_M}{\sum n}$; donde n es el número de datos mensuales y \bar{X}_M la media mensual. El cálculo e impresión de \bar{X}_A sólo se efectúa cuando existen datos para los doce meses del año.

Para tener una idea general de la forma y secuencia en que se realiza el procesamiento, podemos referirnos a la Figura 3-D y a la aclaración que de él daremos a continuación, pero para mayor detalle será preciso consultar el Apéndice B donde se ha redactado la documentación completa del programa utilizado.

El proceso consta fundamentalmente de tres partes:

- (1) En la primera parte se reducen las temperaturas, se calcula salinidad, densidad y anomalía de nivel medio, diariamente. Este ciclo se repite tantas veces como días tenga el mes que se opera.
- (2) Una vez completado el mes, se procede con la segunda parte en la cual se realiza las estadística básica mensual, tal como determinar promedios, valores máximos y mínimos, rango, desviación estandar y los promedios de cinco días. Este ciclo se repite durante doce meses para completar un año de observaciones y para cada mes se imprime un resumen de resultados (Tabla 3.1).
- (3) La tercera parte del programa se emplea en calcular los prome-

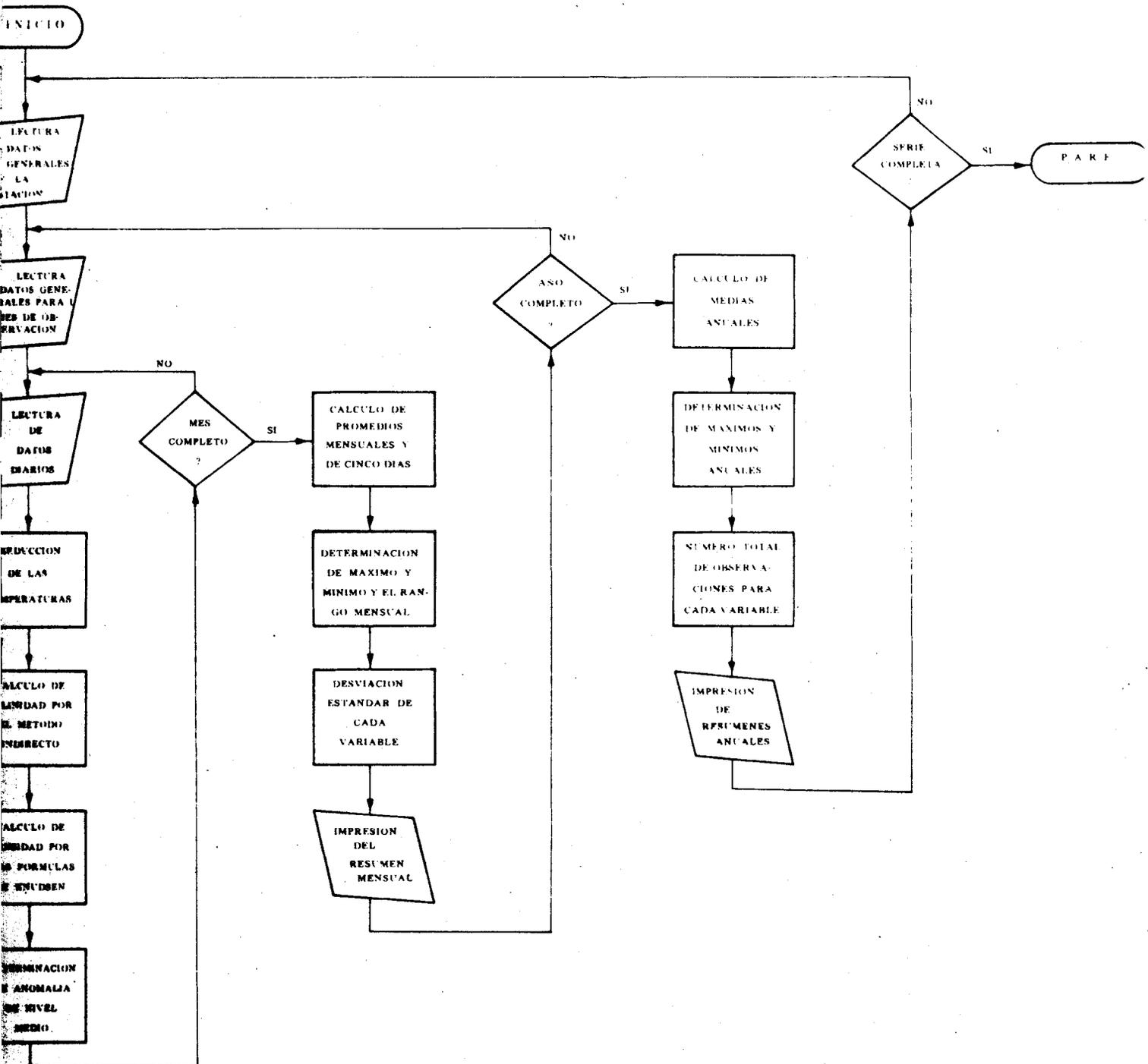


FIG. 3-D DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESAMIENTO DE DATOS.

dios anuales, máximos y mínimos, y en imprimir una salida con el resumen anual de todas las variables (Tabla 3.2).

Si acaso se está procesando una serie de varios años o varias estaciones, el programa regresa al inicio y repite todo el proceso, de lo contrario finaliza.

CAPITULO IV

ANALISIS DE LAS SERIES

Introducción

El propósito de este capítulo es el de describir las principales características de las series de datos que para cada variable se tienen en las estaciones de Baltra y La Libertad, comparándolas además entre sí y señalando sus relaciones y diferencias.

Los datos utilizados son las medias mensuales obtenidas en los resúmenes anuales del programa de computador, los cuales a su vez, fueron manipulados para obtener las medias corridas de doce meses y las variaciones anuales normales.

Por otra parte se analiza el comportamiento de las variaciones interanuales en relación con otros índices similares, lo que permite un mejor conocimiento de los índices océano-climatológico de la región.

Variaciones Anuales

En el presente trabajo hemos considerado como variaciones normales, aquellas que se obtienen de series que tienen más de 20 años de observaciones, y como variaciones promedios las que resultan de

series de 20 años o menos, de datos.

Para el cálculo de las variaciones anuales de cada parámetro, se determina la media aritmética, en cada serie, de los valores que poseen los meses del mismo nombre.

En la Figura 4-A se puede apreciar, para cada una de las variables, las variaciones anuales normales en La Libertad, y las variaciones anuales promedios en Baltra.

La curva normal de temperatura superficial de La Libertad y la curva promedio de Baltra tienen un patrón similar que dejan entrever dos épocas anuales bien definidas. La primera época va desde Enero hasta Mayo en ambas series y está caracterizada por temperaturas superiores a los promedios globales respectivos. La segunda época abarca desde Junio hasta Diciembre y tiene temperaturas inferiores a dichos promedios. En la tabla que se presenta a continuación se tienen los valores característicos de los patrones de temperatura superficial.

LA LIBERTAD

\bar{T} (Global) = 25°C

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media	26.4	27.2	27.4	26.5	25.7	24.4	23.3	23.1	23.6	23.7	23.8	25.1
Desv. Std.	0.8	0.6	1.0	1.2	1.1	1.4	0.9	0.9	0.6	0.7	0.6	0.7

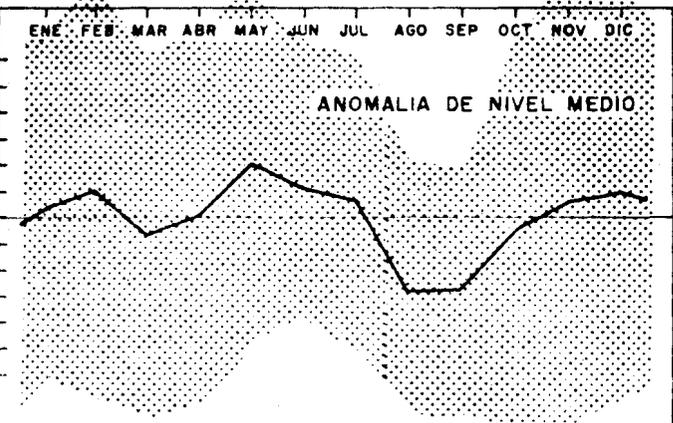
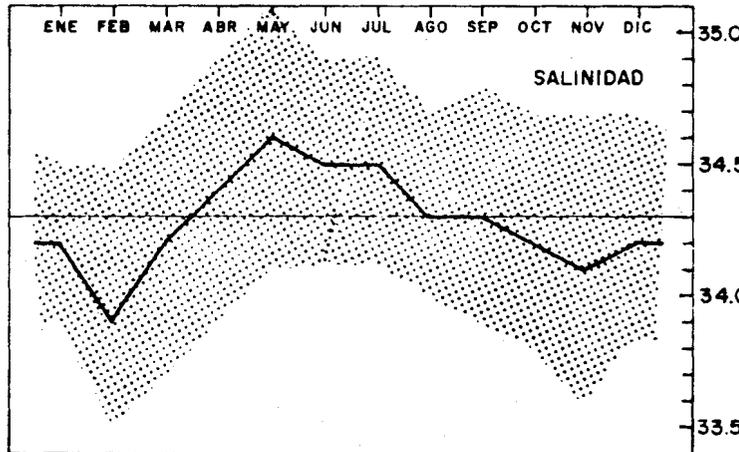
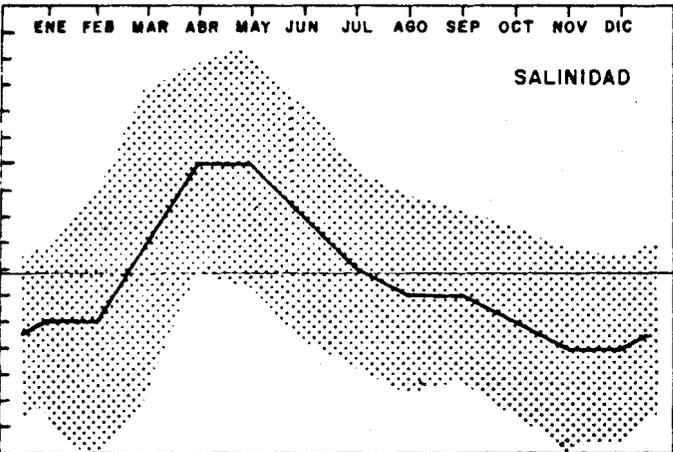
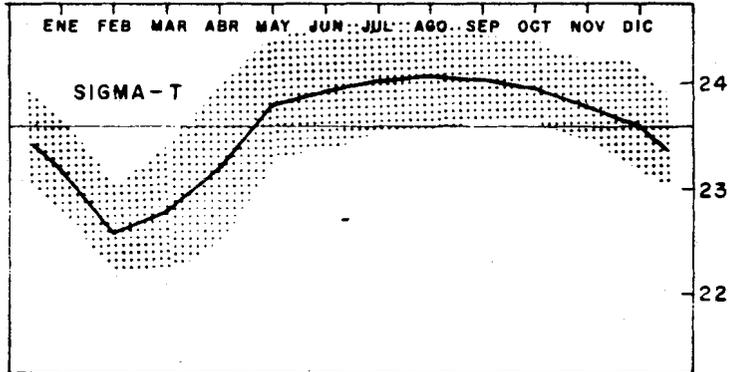
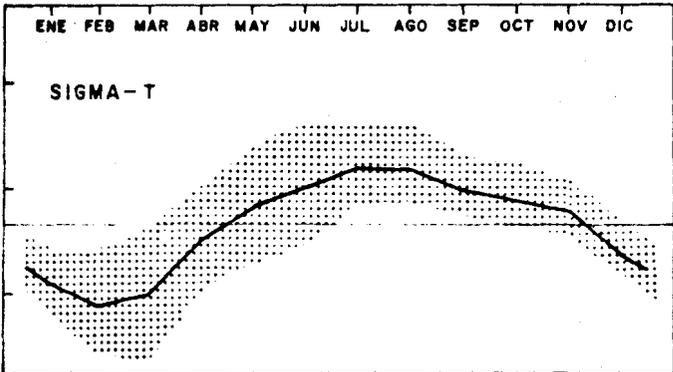
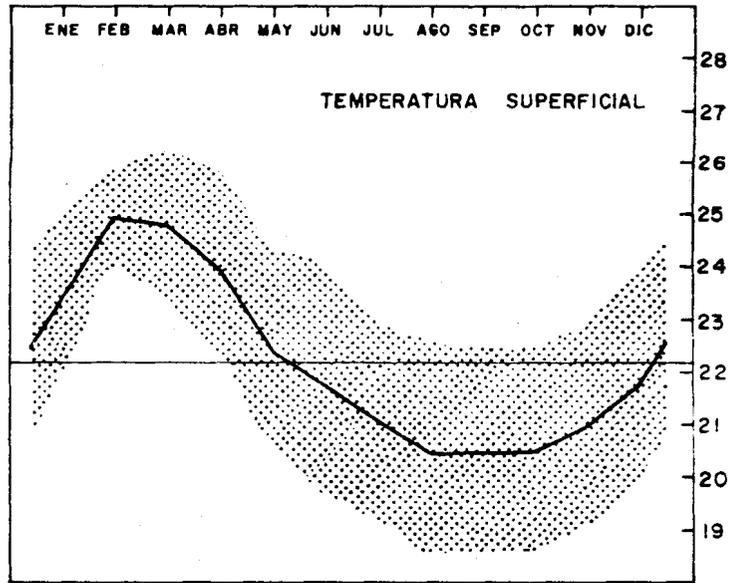
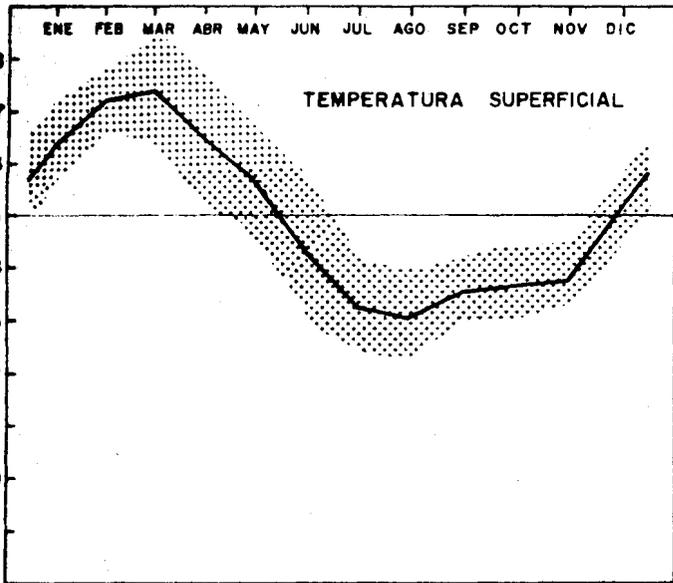


FIGURA 4-A

- LA LIBERTAD VARIACION ANUAL NORMAL (1953 - 1974)
- BALTRA VARIACION ANUAL PROMEDIO (NOV 1959 - DIC. 1974)
- PROMEDIO GLOBAL DE LA SERIE
- DESVIACION ESTANDAR DE VALORES MENSUALES

BALTRA

$$\bar{T} \text{ (Global)} = 22.8^{\circ}\text{C}$$

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media	23.4	24.9	24.8	24.0	22.4	21.8	21.1	20.5	20.5	20.5	21.0	21.8
Desv. Std.	1.5	0.9	1.4	1.8	1.9	2.2	1.8	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0

Estos patrones, a pesar de ser similares en su configuración, dejan entrever una diferencia clara en cuanto a los promedios globales de temperatura, siendo el promedio de La Libertad en 2.8°C superior al promedio global de Baltra.

Los rangos de ambas curvas difieren en apenas 0.1°C , sin embargo se puede observar que las desviaciones estandar de los valores mensuales involucrados en la determinación de la variación anual promedio de Baltra, son superiores con respecto a aquellos de La Libertad.

Las variaciones anuales de sigma-t mantienen entre sí, en términos generales, una configuración similar, y al igual que la temperatura superficial define dos estaciones: la primera época con densidades menores que el promedio global y que va de Diciembre hasta Abril, en La Libertad, y de Enero hasta Abril en Baltra; la segunda época abarca desde Mayo en adelante con promedios superiores al promedio global.

En la siguiente tabla, constan los valores característicos de las variaciones anuales de densidad (sigma-t).

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

<u>LA LIBERTAD</u>		$\bar{\sigma}_t(\text{Global}) = 22.65$										
Media	22.1	21.9	22.0	22.5	22.8	23.0	23.2	23.2	23.0	22.9	22.8	22.4
Desv. Std.	0.3	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3

<u>BALTRA</u>		$\bar{\sigma}_t(\text{Global}) = 23.6$										
Media	23.2	22.6	22.8	23.2	23.8	23.9	24.0	24.1	24.1	24.0	23.8	23.7
Desv. Std.	0.4	0.4	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5

El primer hecho que resalta en estos datos es la diferencia que presentan los promedios globales, siendo la densidad de Baltra mayor en 0.95 que el de La Libertad. Además, las desviaciones estandar de los datos que originaron estos promedios son mayores para Baltra que para La Libertad, pero en todo caso, esta diferencia no es comparable en magnitud con la registrada para la temperatura superficial.

En el caso de los patrones de salinidad, no es posible definir dos períodos anuales, similares y coincidentes, como en el caso de temperatura superficial y densidad, pero si se puede sostener que existe un período comprendido entre Marzo y mediados de Agosto en el cual las salinidades son superiores al promedio global de sus respectivas series.

Los valores que determinan la variación anual normal en La Libertad y la variación anual promedio en Baltra, se encuentran tabulados a continuación:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<u>LA LIBERTAD</u>		$\bar{S}(\text{Global}) = 34.08 \text{ ‰}$										
Media	33.9	33.9	34.2	34.5	34.5	34.3	34.1	34.0	34.0	33.9	33.8	33.8
Desv. Std.	0.3	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
<u>BALTRA</u>		$\bar{S}(\text{Global}) = 34.3 \text{ ‰}$										
Media	34.2	34.0	34.2	34.4	34.6	34.5	34.5	34.3	34.3	34.2	34.1	34.2
Desv. Std.	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4

En estos datos se observa que la diferencia de los promedios globales es de 0.22 ‰, siendo la salinidad de Baltra la más alta, además se puede acotar que el punto máximo de la curva de variación anual de Baltra (Mayo) es mayor en 0.1 ‰ que el máximo para La Libertad (Abril-Mayo), sin embargo, los promedios de Marzo y Abril para La Libertad son superiores a los promedios obtenidos para los mismos meses en Baltra.

Medias Corridas

En este trabajo se emplearán como datos valiosos para el análisis, *la media corrida de doce meses*, para lo cual se utilizan como datos originales los promedios mensuales de cada variable en sus respectivas series.

Para obtener este parámetro se aplica a la serie que se procesa un *filtro*, el cual sólo permite la entrada de doce promedios mensuales a

la vez. Se ubica este *filtro* al inicio de la serie y se calcula la media aritmética de los valores que se encuentran dentro de él. El promedio resultante se ubica en la mitad del período limitado por el *filtro*. A continuación se corre el *filtro* sobre la serie, permitiendo que entre un nuevo promedio mensual y que se elimine el que se encontraba en la posición opuesta a la nueva entrada, repitiéndose de igual manera el cálculo de la media aritmética y la centralización del promedio. El proceso se repite sistemáticamente hasta finalizar la serie.

Las ventajas de utilizar las medias corridas de doce meses son:

1. Permite seguir la marcha de la media a través del tiempo, con lo cual se consigue distinguir, en las variaciones interanuales, los períodos fríos de los períodos cálidos.
2. Posibilita la eliminación de las variaciones estacionales, de tal manera que no se pierda información con respecto a las variaciones interanuales. Clarificaremos esto con un ejemplo:
Supongamos que existe una variación interanual importante entre un período frío y uno cálido, pero que los extremos no estén centrados en Junio, de tal manera que la única forma de observar el fenómeno sería sirviéndose de la media corrida (Figura 4-B).
3. Es posible comparar el comportamiento de las variables con índices similares, tal como el de Quinn (1974), quien también empleó para el análisis de las variaciones de anomalías de presión atmosférica, la media corrida de doce meses.

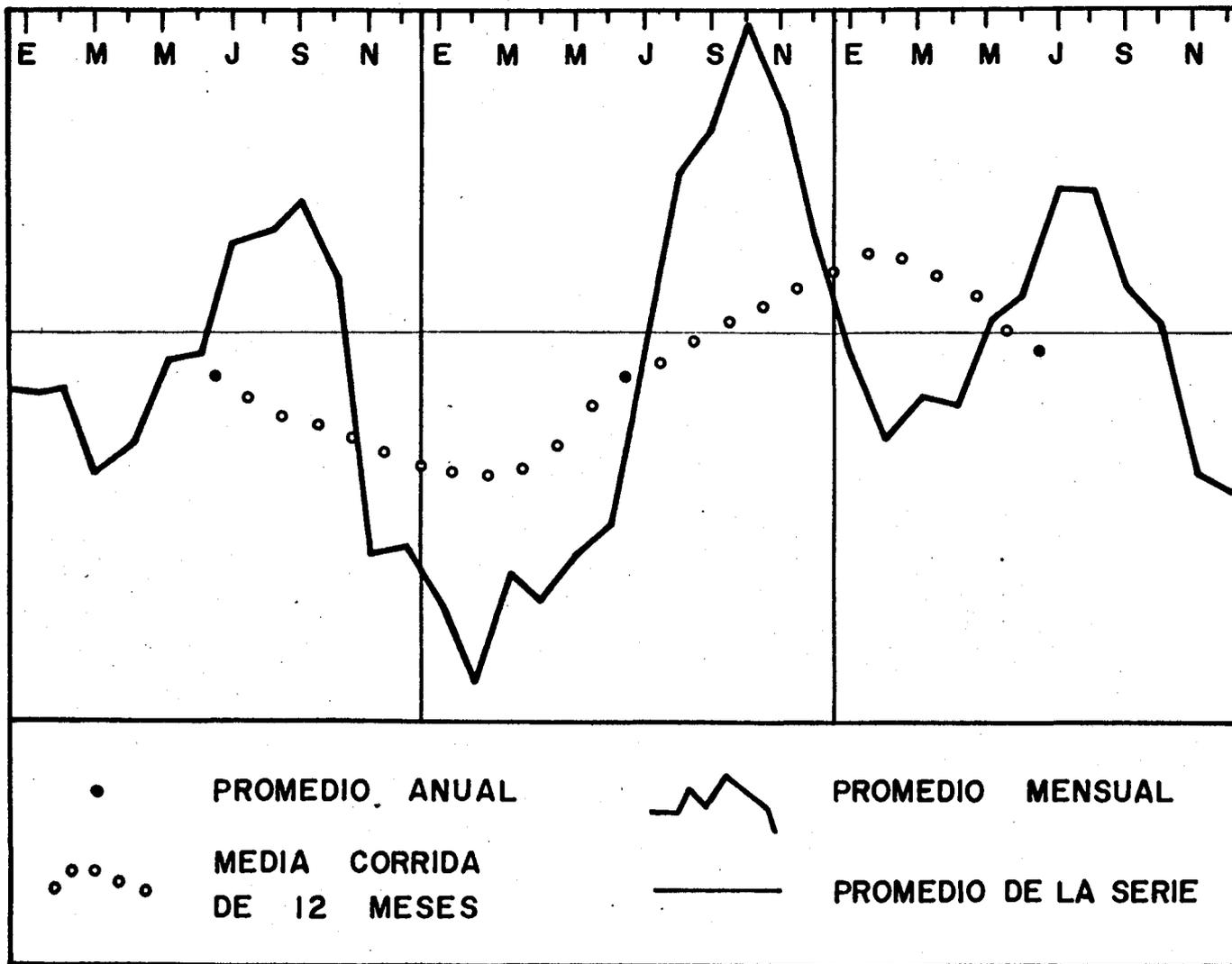


FIGURA 4-B.- VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE LA MEDIA CORRIDA DE DOCE MESES

Análisis

Del procesamiento de los datos provenientes de las estaciones oceanográficas, por medio del programa de computador, se obtuvieron los promedios mensuales depurados, los cuales han sido ploteados, dando origen a un conjunto de figuras, las cuales se encuentran al final del presente capítulo (Figuras 4-C a 4-I). En ellas se encuentran graficados los promedios mensuales, variación anual promedio o normal, el promedio con respecto a la media mensual y la media corrida de doce meses.

En La Libertad, la temperatura superficial (Figura 4-C) demuestra que existen largos períodos cálidos que se alternan con largos períodos fríos, pero siempre oscilando alrededor del promedio global de la serie. En Baltra, para el mismo parámetro (Figura 4-D), se apre-cia una fuerte tendencia de la media corrida de doce meses a aumentar con los años, lo que hace que el período comprendido entre 1960 y 1967 sea frío, con excepción de 1965, y a partir de Abril de 1968 sea cáli-do, dado que las temperaturas se han mantenido altas en relación al promedio global de la serie.

En cuanto a la densidad (σ_t), para La Libertad (Figura 4-E), se aprecia que los períodos de oscilación interanual alrededor de la media global son más largos, pero su rango es pequeño, comparado con las variaciones de Baltra, para este mismo parámetro (Figura 4-F) donde los períodos son mucho más cortos, pero de rango mayor.

Por el contrario en cuanto a salinidad, tanto para La Libertad (Figura 4-B) como para Baltra (Figura 4-H), las curvas mantienen bastante semejanza en lo que se refiere a la alternación de períodos más salinos y menos salinos, siendo sus rangos muy similares, sin embargo en Baltra, durante los últimos años (1972-1974) se observa un aumento del valor de la salinidad, bastante considerable, sin demostrar tendencias inmediatas de disminuir.

Durante los períodos que abarcan nuestras series, *El Niño* fue reportado para los siguientes años: 1953 (Posner, 1959); 1957-1958 (Bjerknes, 1961); 1965 (Guillen, 1967); 1972-1973 (Enfield, Valdivia, Lagos, Blandín, 1974).

Analizando el comportamiento de nuestras variables durante los años en que incidió *El Niño*, podemos observar que a comienzos de 1953 y 1957, los parámetros que se pueden considerar como mejores indicadores del fenómeno, en La Libertad son salinidad superficial y densidad. Estos alcanzaron valores muy significativos, así:

$$\text{Marzo 1953} \rightarrow \sigma_t = 20.4 \quad , \quad S = 32.6 \text{ ‰}$$

$$\text{Febrero 1957} \rightarrow \sigma_t = 20.6 \quad , \quad S = 32.5 \text{ ‰}$$

En cuanto a la temperatura superficial, a pesar de que las variaciones estacionales muestra un comportamiento anómalo bastante pronunciado durante estos dos períodos, no podemos afirmar que sea un indicador poderoso de la presencia del Niño, pues durante otros

años de la serie presenta el mismo comportamiento sin que se hubiesen reportado durante esos años ocurrencias de El Niño.

Los parámetros no indican alteraciones sustanciales en 1965 y 1972-1973, esto posiblemente indica que las instrucciones de los niños, reportadas para esos años fueron mucho menos intensas que las de 1953 y 1957.

Comparación con el índice de Quinn

Según Quinn (1974), las invaciones de El Niño están asociadas con períodos anómalos de debilitamiento de los vientos alisios del sureste. La fuerza de los alisios varía con el desarrollo de la zona de alta presión del Pacífico Sur Subtropical.

El núcleo Este de la Oscilación Sur se considera que está en la vecindad de esta zona de alta presión. Quinn sostiene que los índices que representan la Oscilación Sur pueden ser efectivos para moni to rear los desarrollos que se producen en las bajas latitudes del Pa cí fí co, que nos guían a El Niño. Por estas razones el índice escogido por Quinn fue la diferencia de presión atmosférica a nivel del mar en tre la isla de Pascua (Eastern Island) y Darwin en Australia.

El análisis de Berlage (1966) refuerza la conclusión de Quinn y Burt (1970, 1972), puesto que también indica que la presión de la is la de Pascua sería preferible para representar cambios en el núcleo

Este de la Oscilación.

En el intento de hallar un factor de correlación aceptable de nuestras series con la serie del índice de Quinn, (Figura 4-J, 4-K) encontramos que la variable que ofrece resultados más alentadores es la salinidad.

Sin embargo, de los resultados obtenidos para este parámetro, de la comparación de Baltra y La Libertad con el índice de Quinn, la salinidad de Baltra es la que ofrece mejores resultados, a pesar de que del examen visual podría esperarse una mejor conclusión para La Libertad.

Los resultados para Baltra fueron:

N	\bar{X}	\bar{Y}	σ_x	σ_y	δ_{xy}
145	10.39	34.2	1.36	0.21	0.58

donde:

- N → Número de datos.
- \bar{X} → Media de los índices de Quinn, expresado en milibares (mb).
- \bar{Y} → Media de la salinidad, expresado en partes por mil (‰).
- σ_x → Desviación estandar del índice de las anomalías de presión atmosférica.
- σ_y → Desviación estandar de los valores de salinidad.
- δ_{xy} → Factor de correlación.

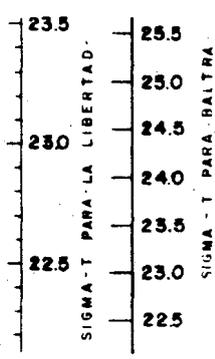
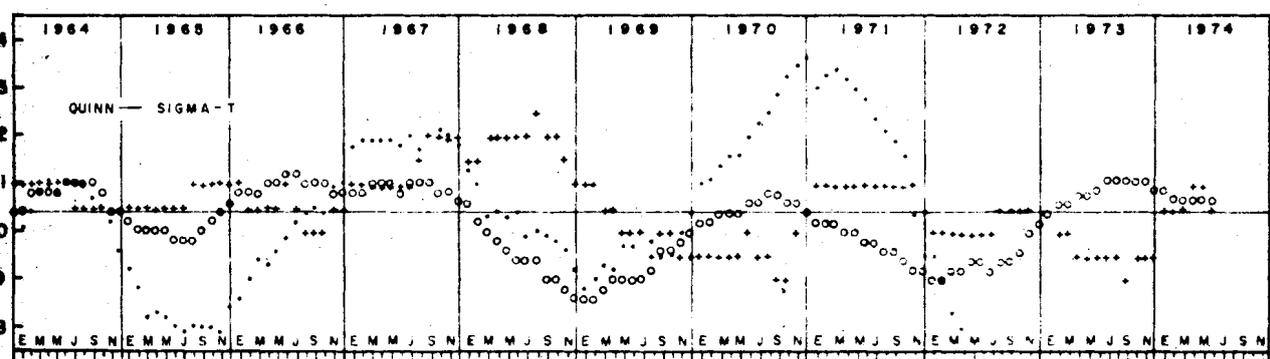
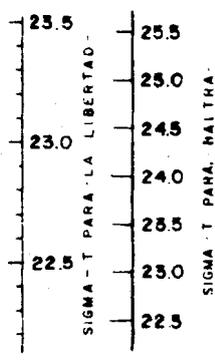
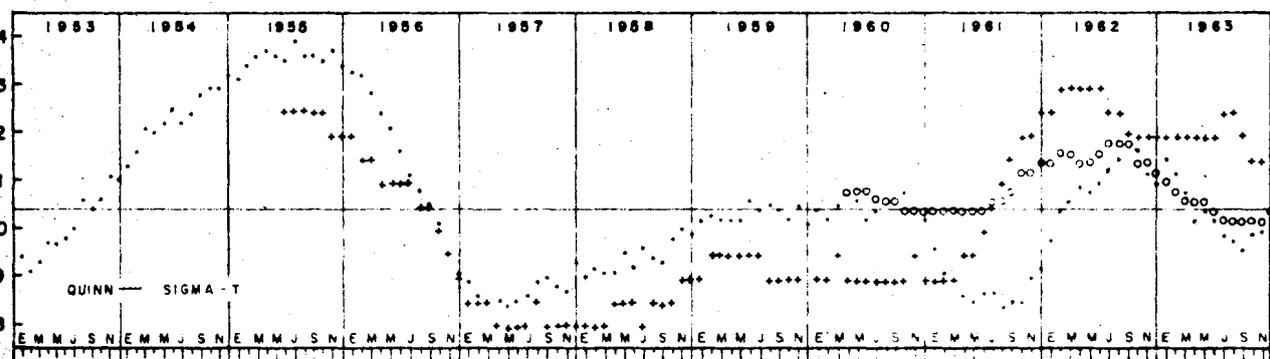
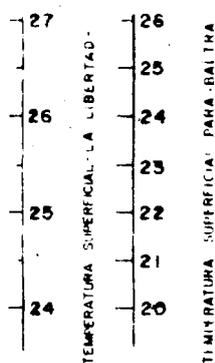
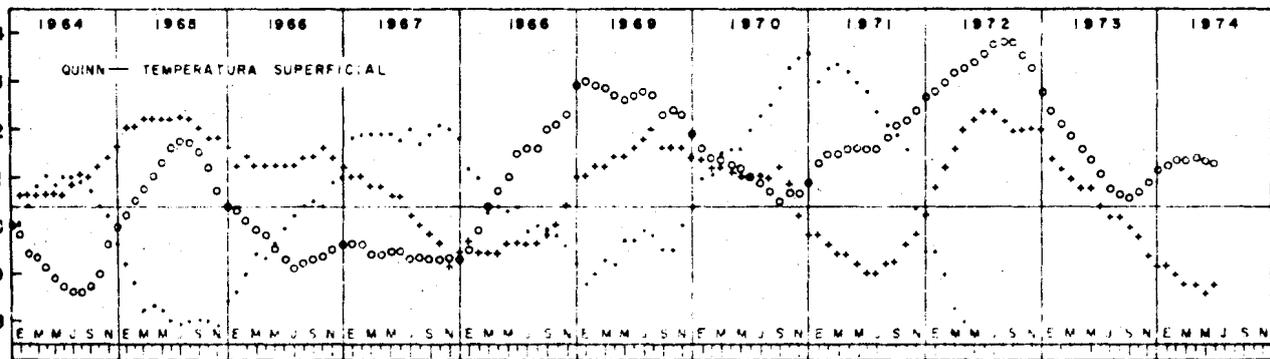
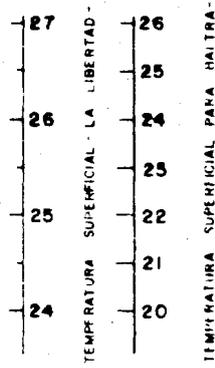
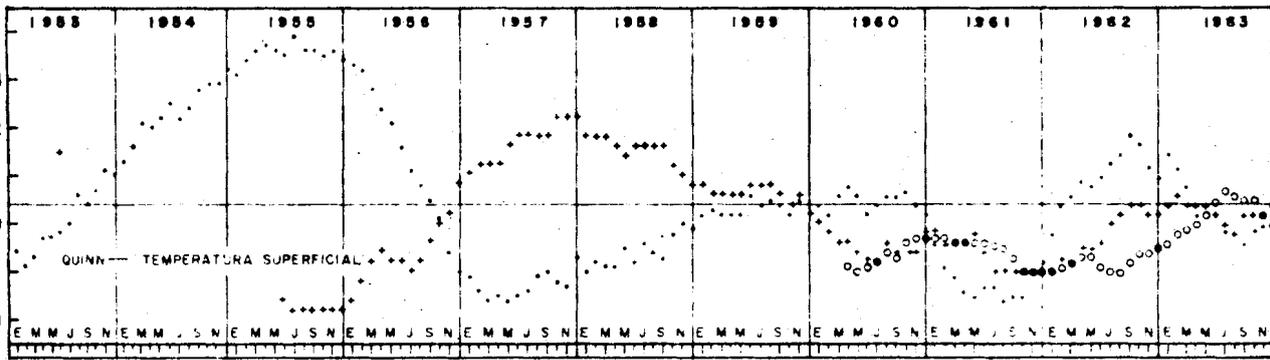


FIGURA 4-J: Índice de Quinn, y neclas corrigidas de doce meses para Baltra y La Libertad.

- Índice de Quinn.
- o La Libertad.
- o Baltra.

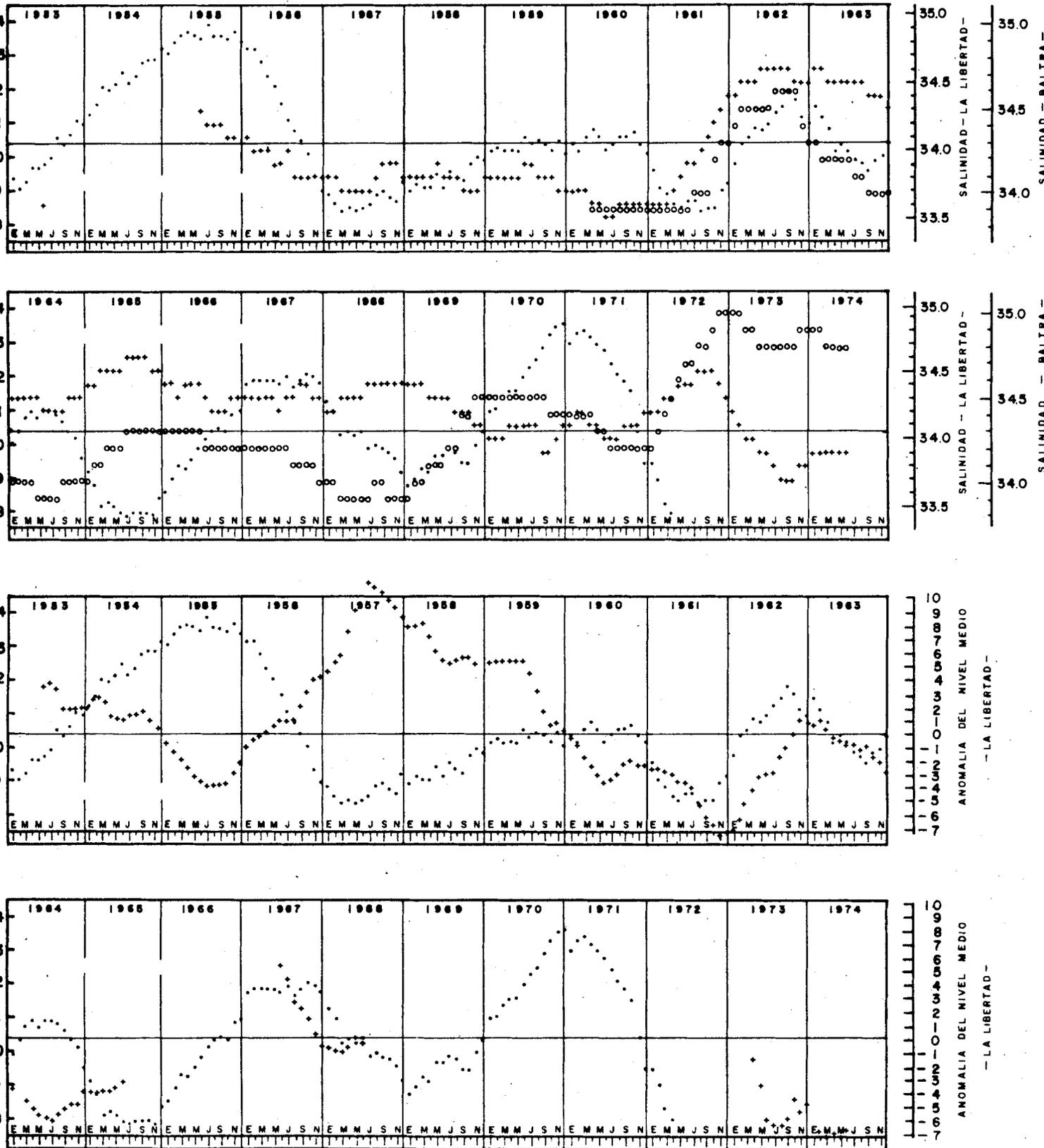


FIGURA 4-K: Índice de Quim, y medias corridas de doce meses para Baltra y La Libertad.

- + + Índice de Quim
- + + La Libertad
- o + Baltra

FIGURA 4 - C

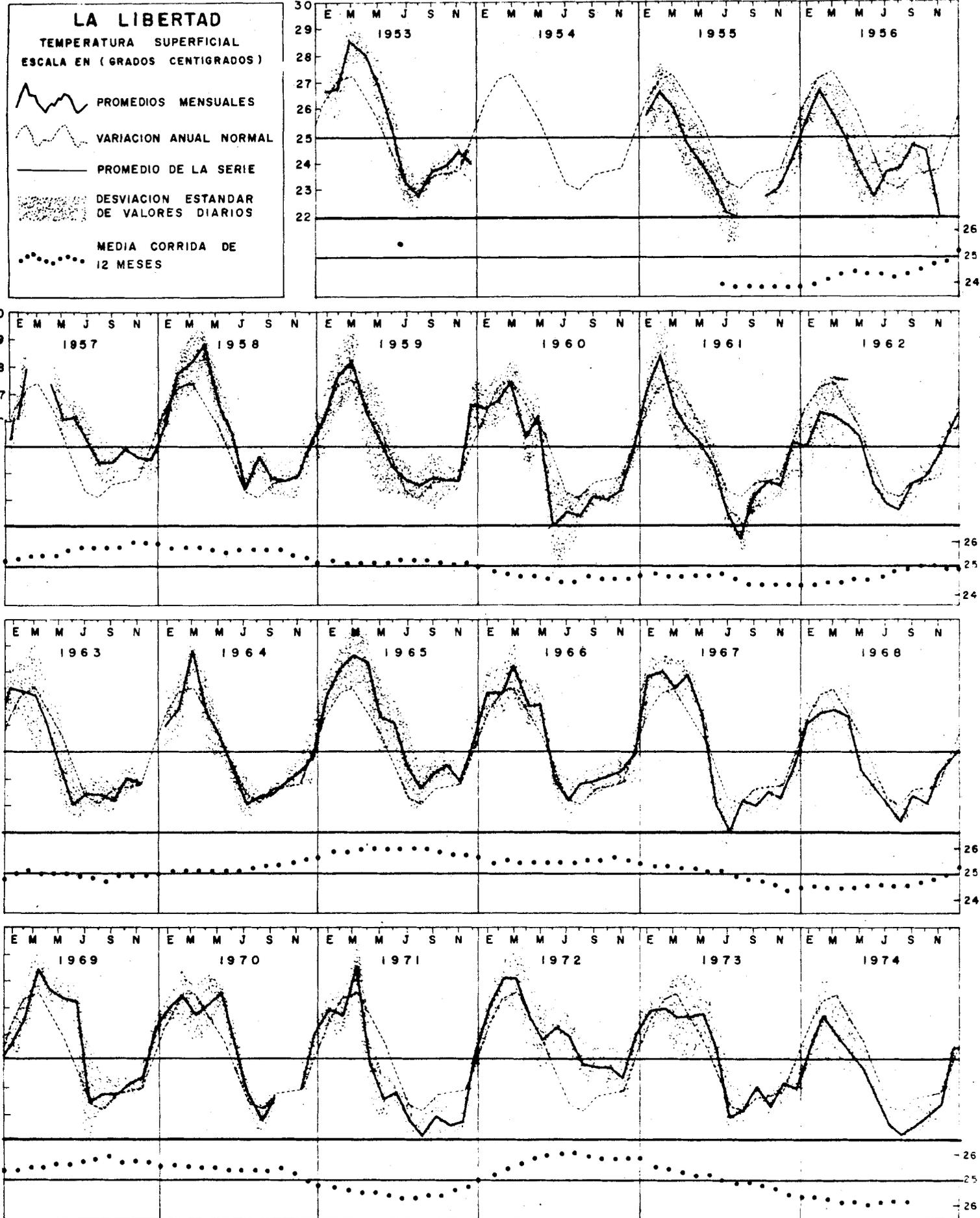


FIGURA 4-D

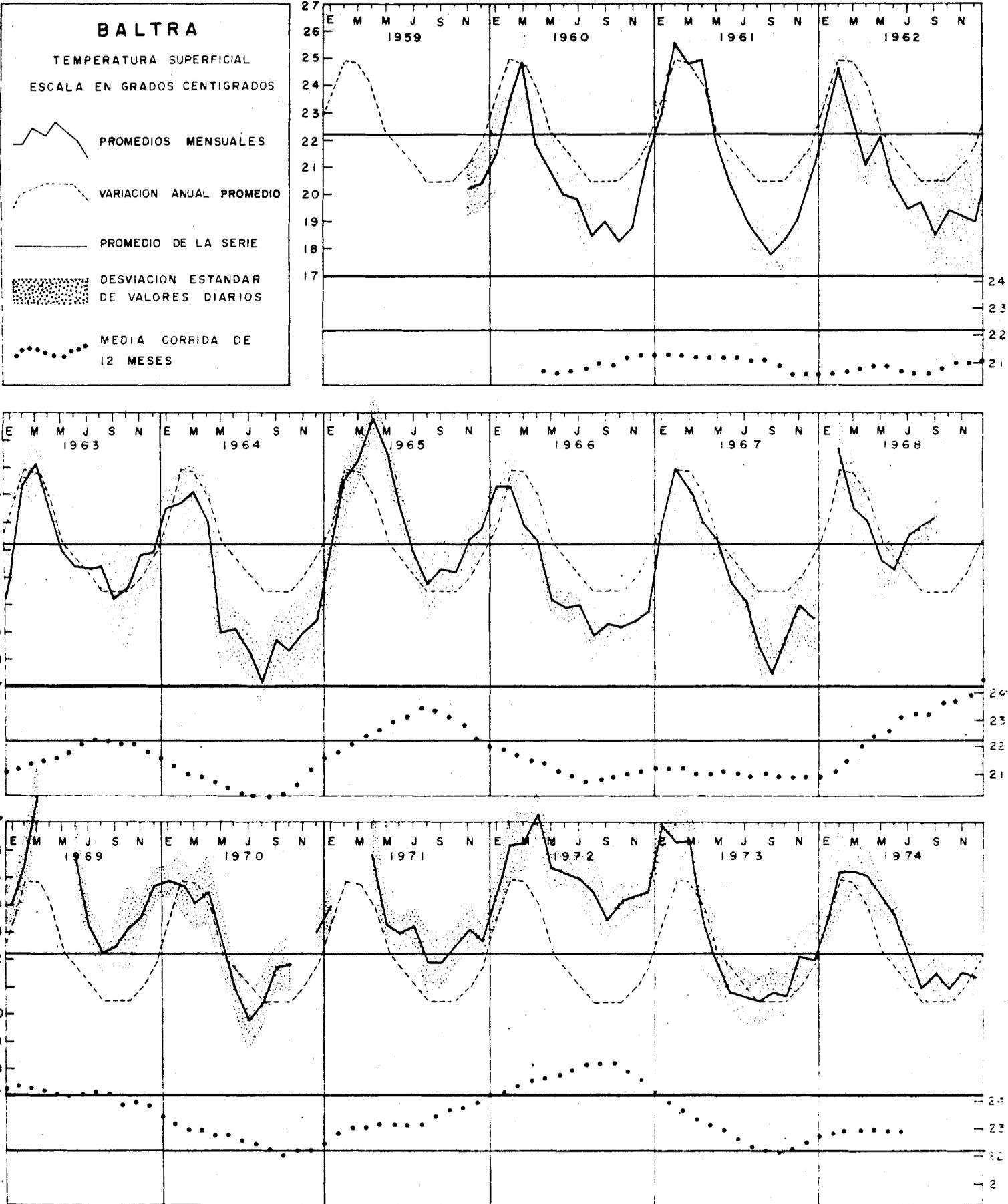
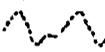


FIGURA 4-E

LA LIBERTAD

SIGMA - T

-  PROMEDIOS MENSUALES
-  VARIACION ANUAL NORMAL
-  PROMEDIO DE LA SERIE
-  DESVIACION ESTANDAR DE VALORES DIARIOS
-  MEDIA CORRIDA DE 12 MESES

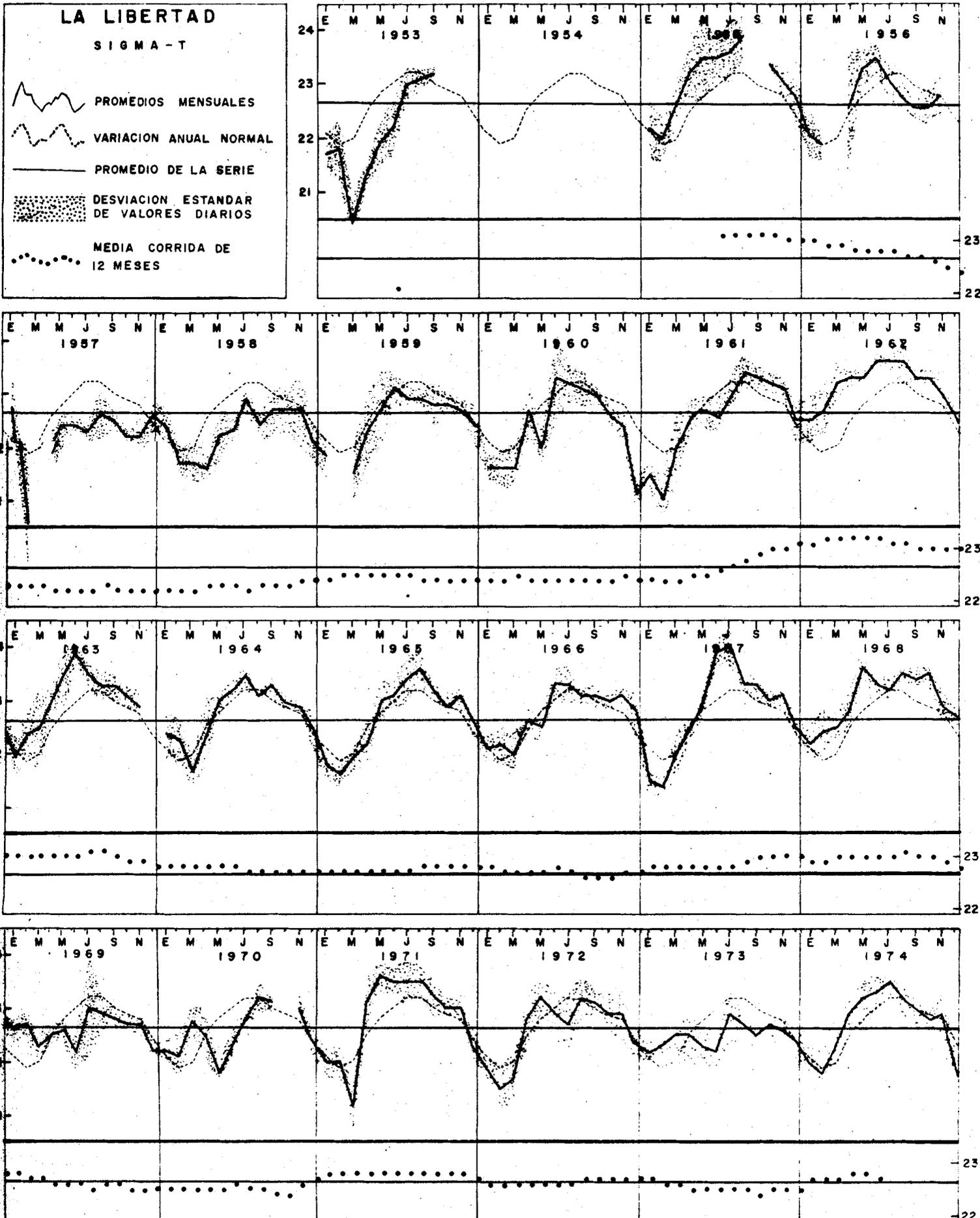
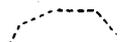


FIGURA 4 - F

BALTRA

SIGMA - T

-  PROMEDIOS MENSUALES
-  VARIACION ANUAL PROMEDIO
-  PROMEDIO DE LA SERIE
-  DESVIACION ESTANDAR DE VALORES DIARIOS
-  MEDIA CORRIDA DE 12 MESES

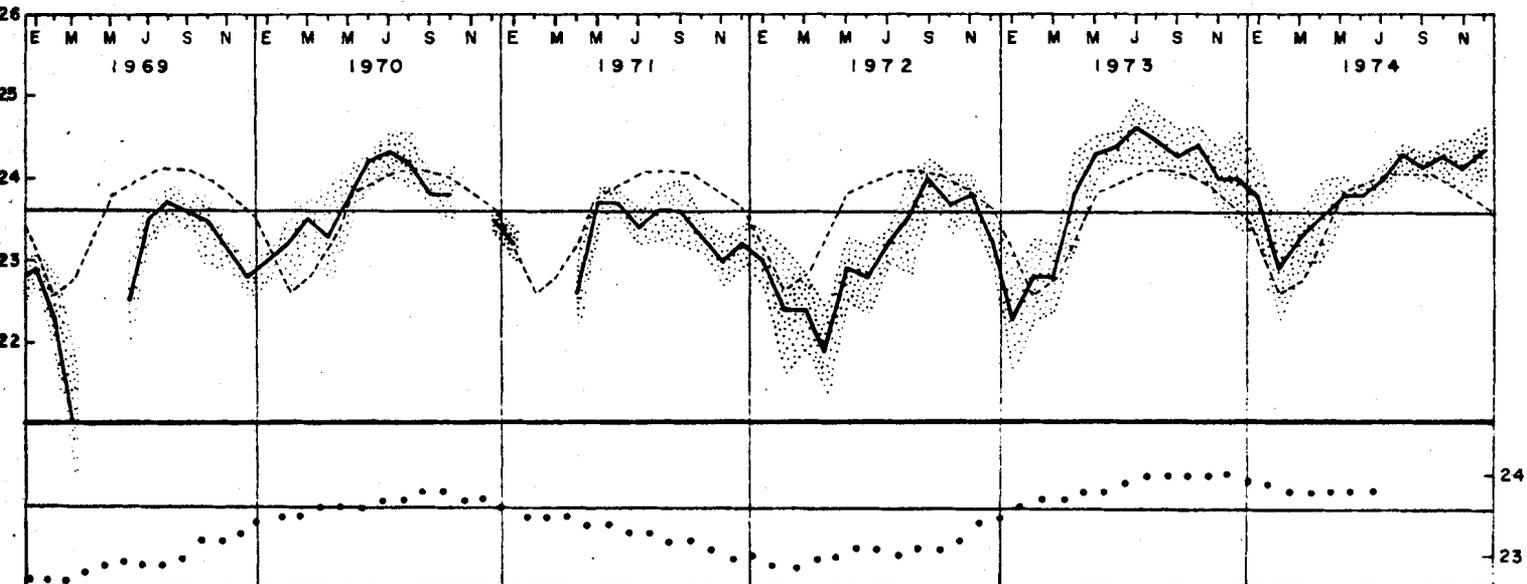
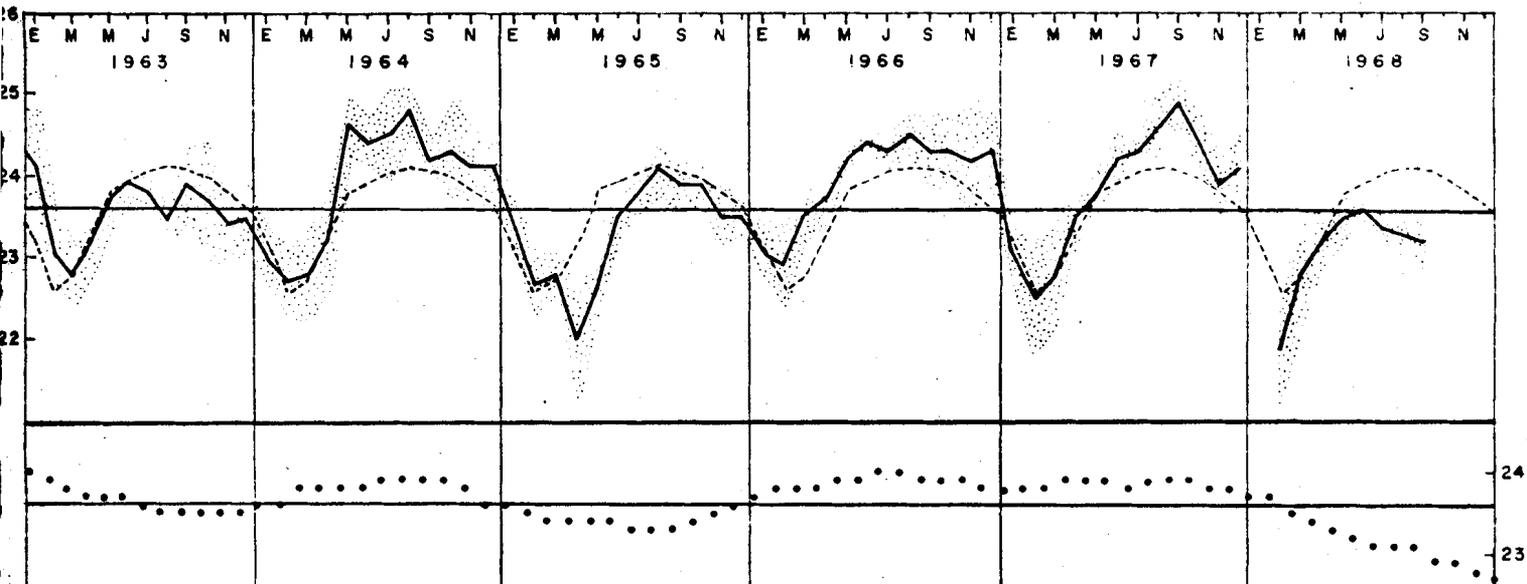
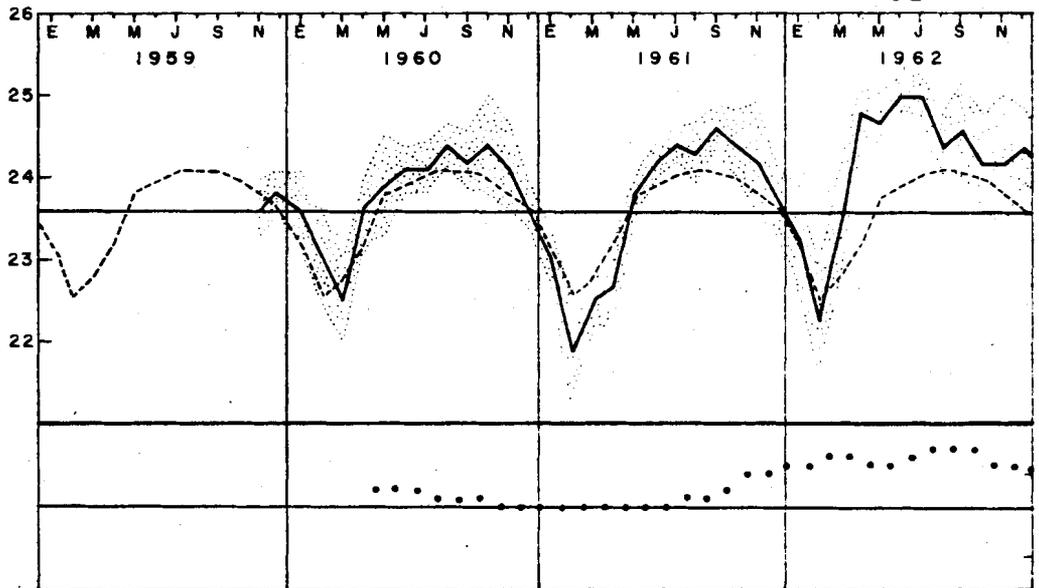


FIGURA 4-G

LA LIBERTAD

SALINIDAD SUPERFICIAL
ESCALA EN PARTES POR MIL

-  PROMEDIOS MENSUALES
-  VARIACION ANUAL NORMAL
-  PROMEDIO DE LA SERIE
-  DESVIACION ESTANDAR DE VALORES DIARIOS
-  MEDIA CORRIDA DE 12 MESES

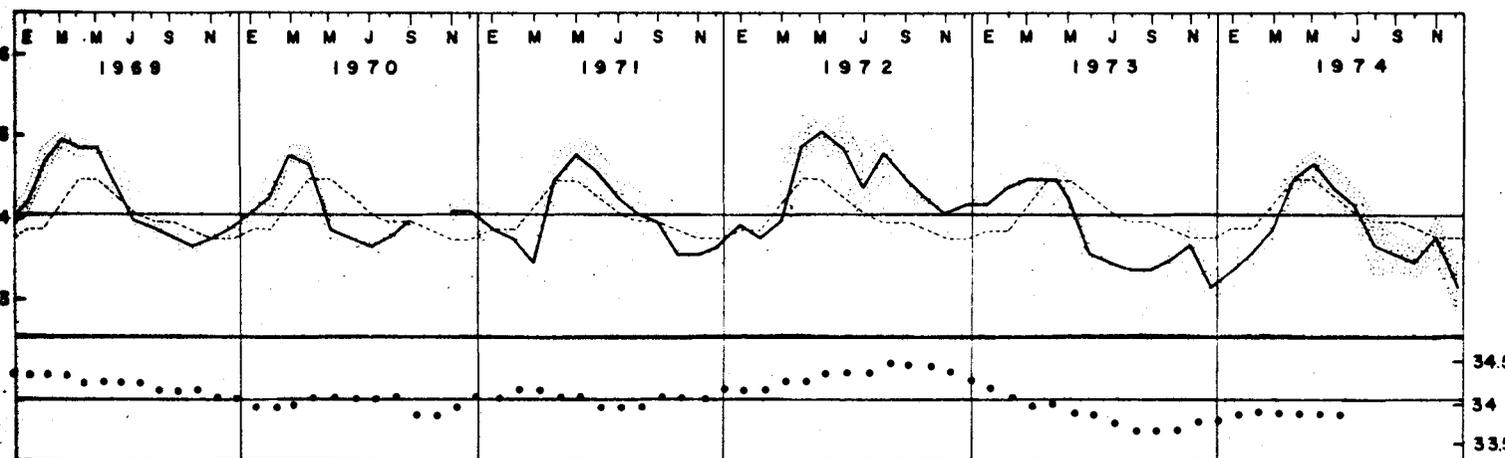
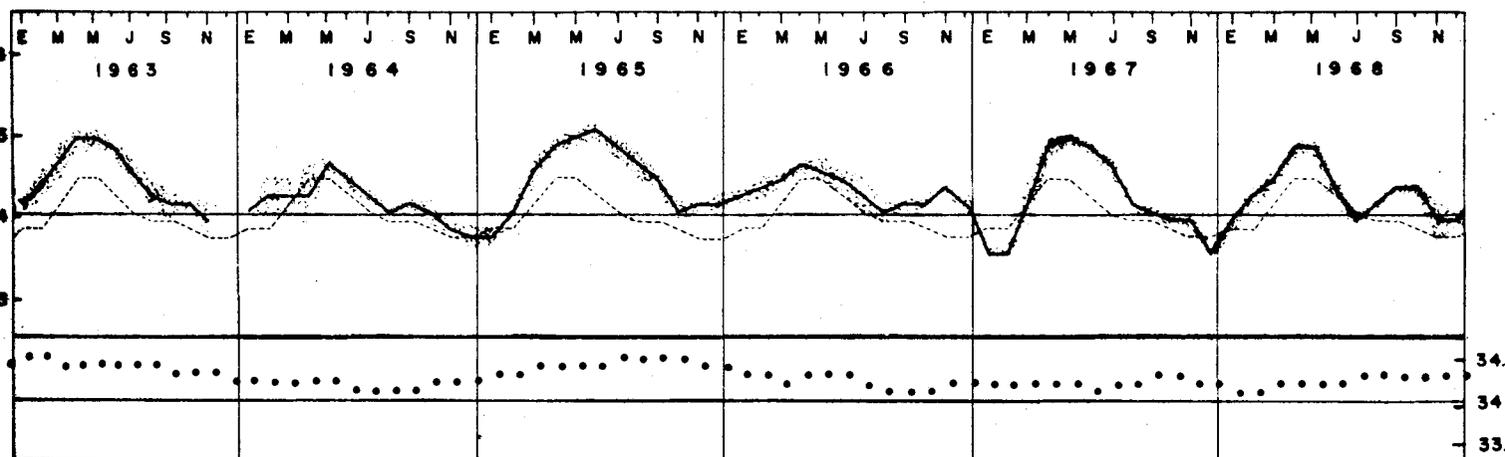
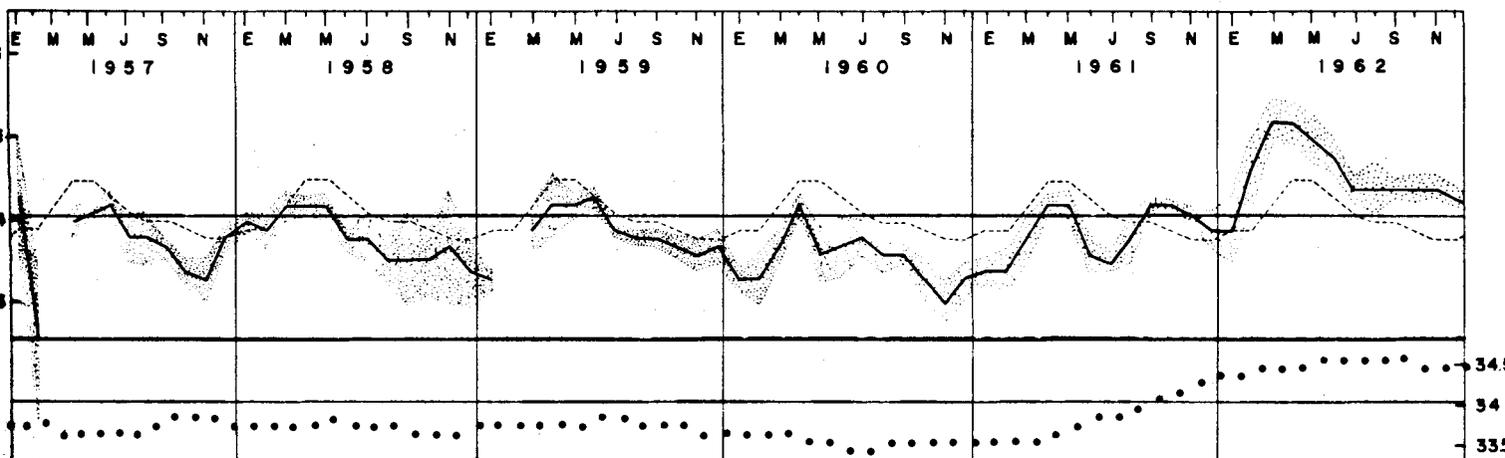
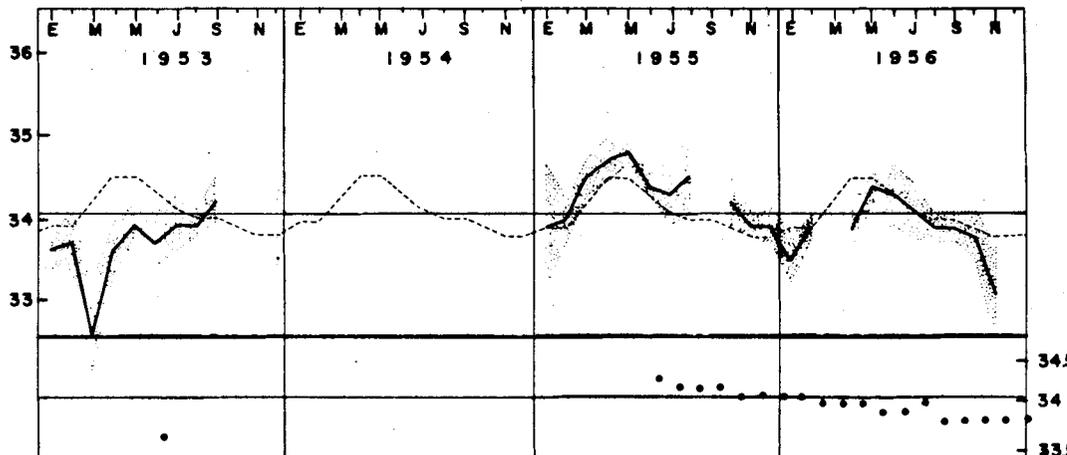


FIGURA 4-H

BALTRA
 SALINIDAD SUPERFICIAL
 ESCALA EN PARTES POR MIL

 PROMEDIOS MENSUALES
 VARIACION ANUAL PROMEDIO
 PROMEDIO DE LA SERIE
 DESVIACION ESTANDAR DE VALORES DIARIOS
 MEDIA CORRIDA DE 12 MESES

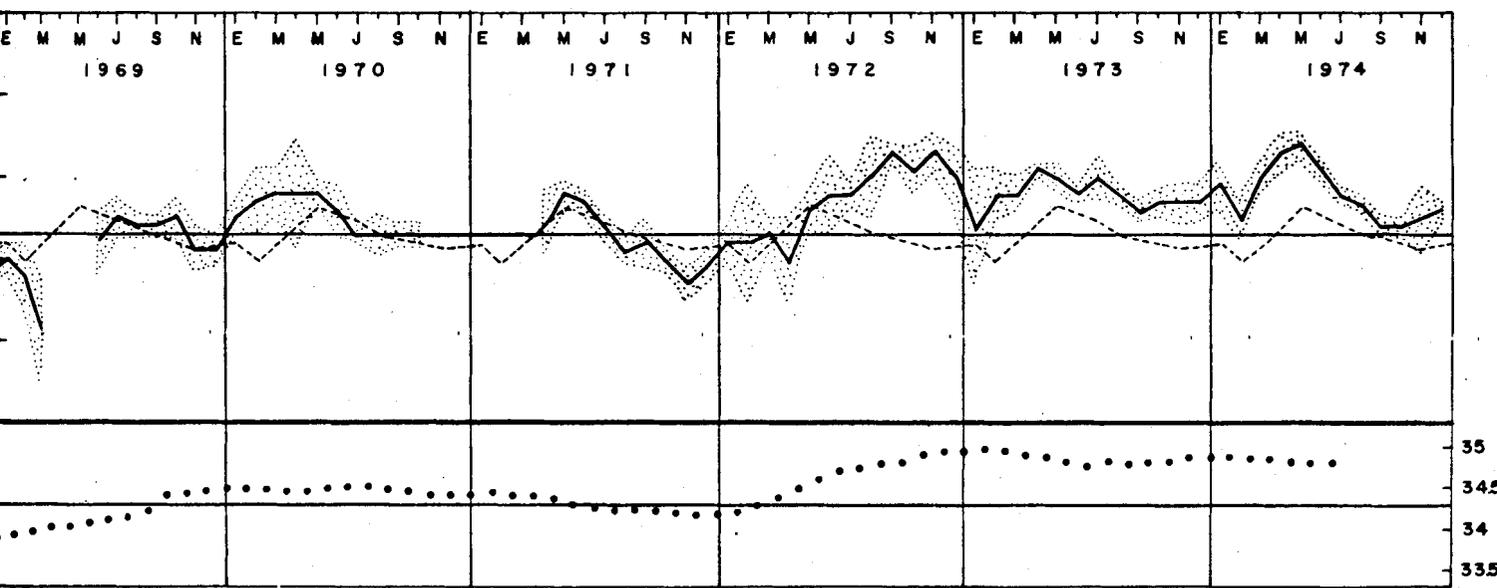
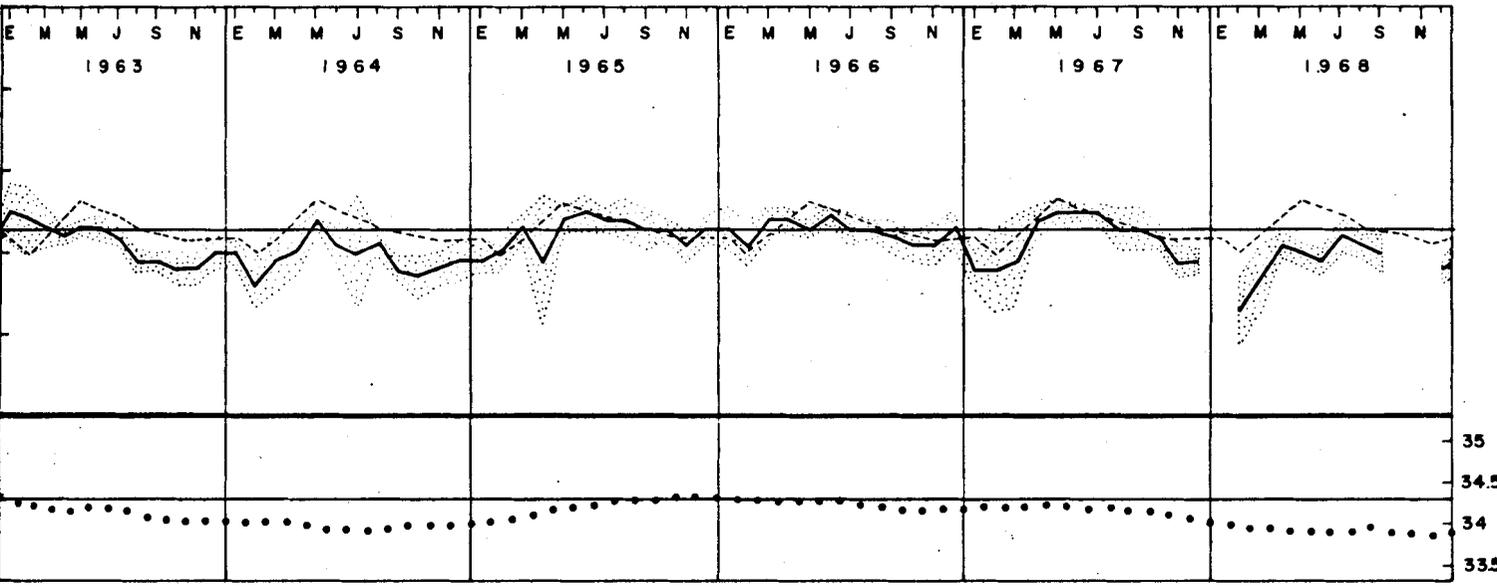
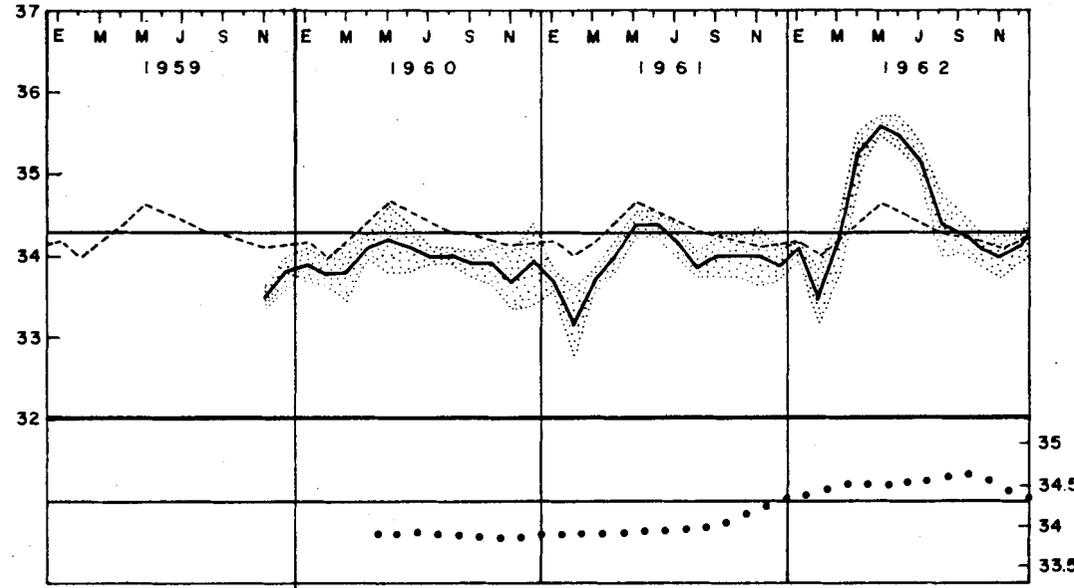
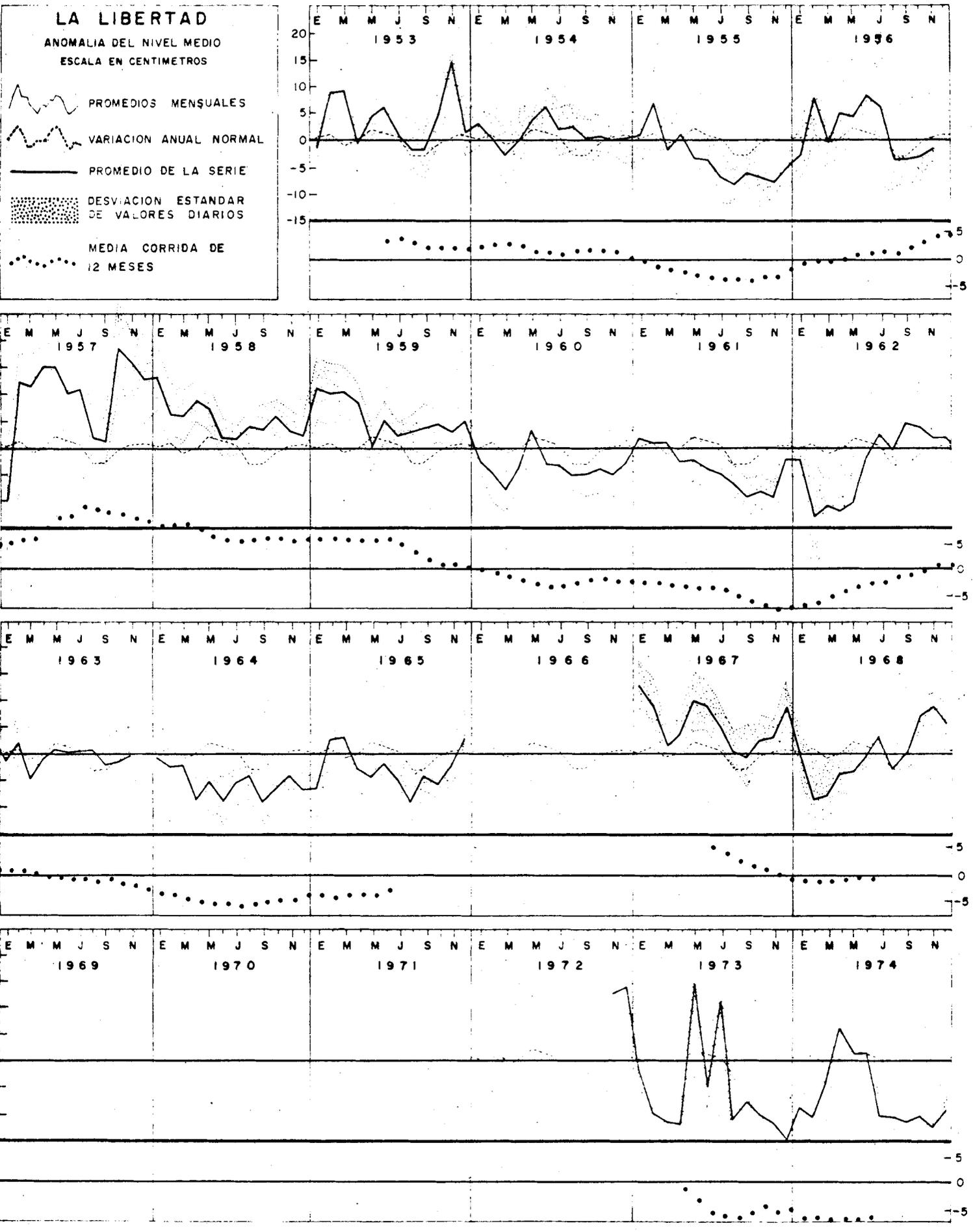


FIGURA 4 - I



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procesamiento automatizado, utilizado para el estudio de lar gas series de datos oceanográficos que no habían sido utilizadas con anterioridad, demostró ser eficiente, por lo que será posible poner a disposición de los investigadores interesados en el estudio del Pa cífico Sur-Oriental, los datos oceanográficos costeros obtenidos en las estaciones de Baltra y La Libertad, para diferentes tipos de aná lisis oceanográficos.

En el empleo del método indirecto para el cálculo de salinidad, es recomendable continuar con las comparaciones utilizando muestras de laboratorio y muestras recolectadas en las estaciones oceanográfi cas costeras, para tratar de explicar la diferencia encontrada entre la salinidad determinada por medio de un salinómetro de conductividad o por el método de Mohr-Knudsen y la salinidad determinada por el mé todo indirecto.

Del análisis de las series, se puede concluir que las variables empleadas en este estudio presentan grandes anomalías, durante las incidencias muy intensas del fenómeno de El Niño, tales como las reportadas para los años 1953 (Posner, 1959) y 1957-1958 (Bjerknes, 1961). Cuando se presenta el Fenómeno con mediana o pequeña intensidad, las variables no reflejan un cambio significativo que pueda confirmarlo, tal es el caso de los fenómenos reportados para los años 1965 (Guillén, 1967) y 1972-1973 (Zuta et al., 1974).

De la comparación de las variables con el Índice de Quinn, podemos concluir que no guardan una correlación estrecha, por lo que de resultar el índice de Quinn un predictor óptimo del fenómeno de El Niño, no podrían las variables aquí analizadas, ser utilizadas con el mismo fin. Sin embargo, es posible que otros parámetros, obtenidos en las mismas estaciones, puedan ser utilizadas como predictores del Fenómeno. Por esta razón se recomienda explorar las posibles correlaciones que den otras variables, tales como el viento o presión atmosférica, ya que estos podrían dar resultados más alentadores que los obtenidos aquí por el autor.

Por último, como una manera de hacer más confiables los datos obtenidos, se recomienda la automatización de las estaciones con termógrafos y salinógrafos de registro continuo.

A P E N D I C E S

CONTENIDO DE LOS APENDICES

<u>APENDICE A</u>	Página
PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA DISTRIBUCION	
La Media Aritmética	59
La Media Aritmética Ponderada	60
Rango	61
Desviación Estandar	61
ANALISIS DE REGRESION	
Ajuste de la Curva	63
Error tipo de la Estima	66
ANALISIS DE LA VARIANZA EXPLICADO POR EL ANALISIS DE REGRESION	68
Error estandar estimado de la Pendiente	69
Coficiente de Correlación	74
<u>APENDICE B</u>	
PROGRAMA PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	72
Programa FISP50	74
Subroutine FISR53	74
Subroutine FISR52	76
Subroutine FISR51	76
Subprograma Function	78
Programa FISP51	78
Datos y Formatos de Entrada	79
Listado de los Programas	84
Descripción de los Parámetros utilizados en el Programa	91

APENDICE A

PARAMETROS ESTADISTICOS DE LA DISTRIBUCION

Si se va a describir la distribución de una variable en una forma concisa, cuya variación, además de reflejar un proceso físico es caracterizado por una dispersión al azar, es de desear ciertos valores representativos que resuman el gran volumen de información contenido en muchos datos. Estos valores son las estadísticas de la distribución.

Al grado en que los datos numéricos tienden a dispararse con respecto a su valor medio, se le llama variación o dispersión de los datos. Se utilizan distintas medidas del centroide y dispersión de los datos, las más empleadas son la media aritmética, la media aritmética ponderada, el rango y la desviación estandar.

La Media Aritmética

La media de la distribución representada por \bar{X} , se define como el promedio aritmético de todos los valores de la variable. La fórmula para calcular la media de la distribución es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{A.1})$$

donde n es el número de observaciones. Debe notarse que la media aritmética está afectada por cada elemento de la muestra.

Dos propiedades interesantes de la media aritmética son:

1. La suma de las desviaciones con respecto a la media aritmética es cero.
2. La suma de los cuadrados de las desviaciones a partir de la media aritmética es menor que la suma de los cuadrados de las desviaciones a partir de cualquier otro valor.

La Media Aritmética Ponderada

En determinados casos se asocia a los números X_1, X_2, \dots, X_k ciertos factores o pesos w_1, w_2, \dots, w_k que dependen de la significación o importancia de cada uno de los números. En este caso

$$\bar{X} = \frac{w_1 X_1 + w_2 X_2 + \dots + w_k X_k}{w_1 + w_2 + \dots + w_k}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (\text{A.2})$$

Rango

Es la medida de variación más simple. Si representamos por X_{min} al valor más pequeño (mínimo) de la distribución y con X_{max} al más grande (máximo), el rango de la distribución está dado por

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (A.3)$$

El rango de la muestra, aún cuando es fácil de calcular, a menudo es calificado de ineficiente porque ignora toda la información disponible en los valores intermedios de la distribución. Sin embargo, suele ser útil en el diseño de sistemas donde las condiciones extremas son de mayor interés.

La Desviación Estandar

Explicaremos la desviación estandar a través de la definición de la varianza.

La varianza de la distribución, representada como σ^2 , se define como:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (A.4)$$

La desviación estandar de la muestra queda entonces, definida como la raíz cuadrada positiva de la varianza, esto es

$$\sigma = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\}^{1/2} \quad (\text{A.5})$$

A veces la desviación estandar de los datos de una distribución viene definida con $n-1$ en lugar de n en el denominador de la expresión (A.5), porque el valor resultante representa un estimador de la desviación de una población de la que se ha tomado un determinado número de datos. En el límite de grandes valores de n , prácticamente no hay diferencia entre las dos definiciones.

ANALISIS DE REGRESION

Cuando se tiene información acerca de dos variables relacionadas, es natural buscar un modo de expresar la forma funcional de la relación. Además es deseable conocer la consistencia de la relación. Esto es, no se debe buscar únicamente la función matemática que exprese la relación entre las variables, sino también averiguar con qué precisión se puede predecir el valor de una variable si conocemos los valores de las variables asociadas. Las técnicas utilizadas para lograr estos dos objetivos se conocen como métodos de regresión.

Los métodos de regresión se usan para determinar la mejor relación funcional entre las variables y su confiabilidad para ser utilizado con fines de evaluación o predicción, e incluyen cálculos de correlación que se utilizan para medir el grado de asociación de las variables.

Ajuste de la Curva

En la aplicación del Capítulo III se trata de predecir la verdadera salinidad ($Y = S_g$) a través de la salinidad dada por hidrómetros ($X = S_h$).

Los diagramas de dispersión demuestran la posibilidad de postu

lar como función representativa de la distribución, la ecuación de una línea recta:

$$\hat{Y} = a + bX \quad (\text{A.6})$$

donde \hat{Y} es la variable a predecirse y X la variable predictora. Es ahora necesario estimar los parámetros a y b de esta función.

El método de estimación usado en regresión es el de los mínimos cuadrados. Los valores de a y b de la ecuación (A.6) se determinan minimizando la suma de los cuadrados de las diferencias entre la variable dependiente Y y el valor estimado \hat{Y} de la ecuación de la recta (ver Figura A-1). Esto es, a y b se encuentran minimizando

$$Q = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - bX_i)^2$$

Q se deriva con respecto a cada uno de los estimadores a y b , y cada derivada parcial se iguala a cero, minimizando así Q . Esto nos dará como resultado:

$$na + b \sum X_i = \sum Y_i$$

$$a \sum X_i + b \sum X_i^2 = \sum X_i Y_i$$

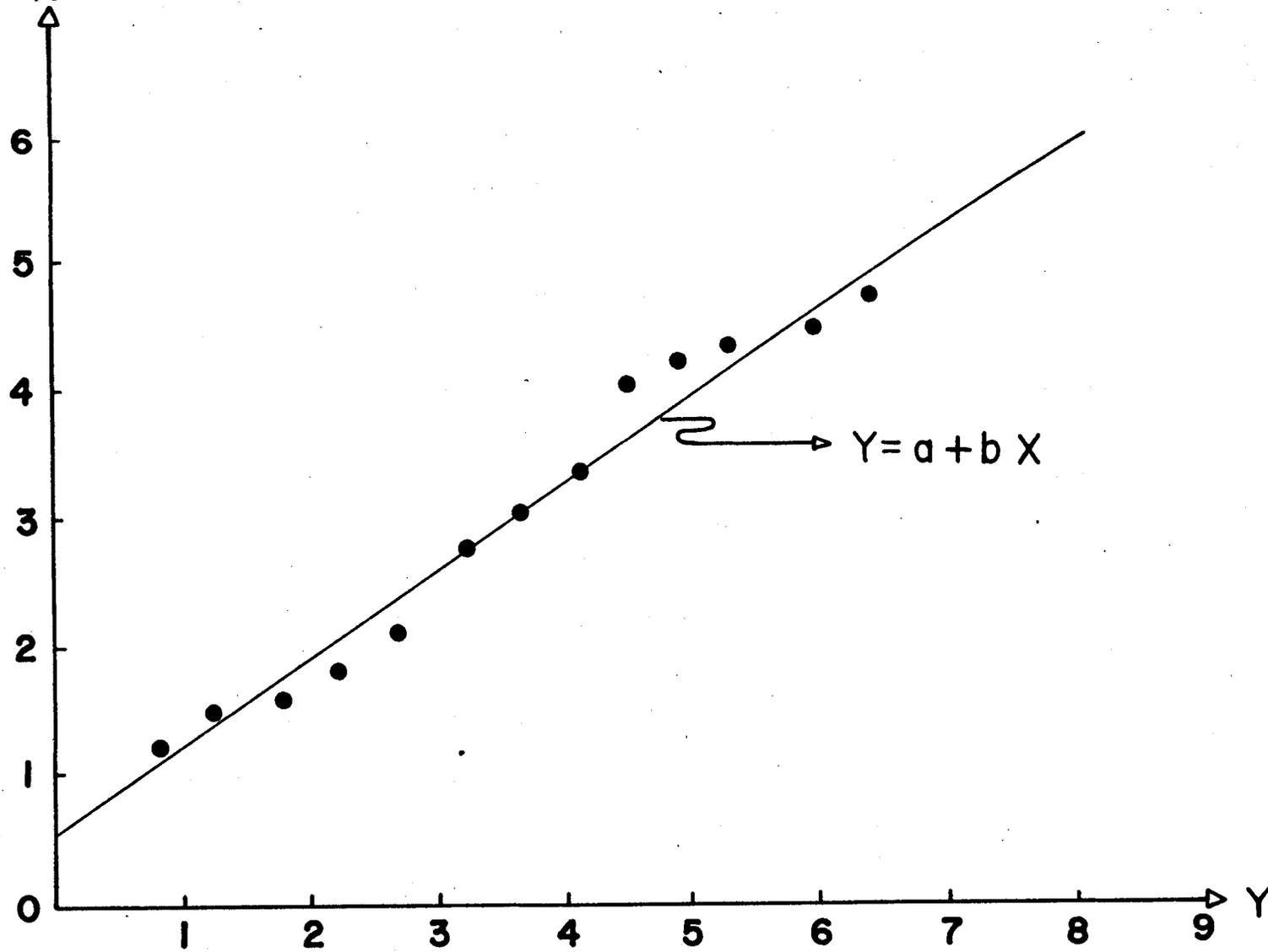


Figura A-1 Ejemplo de un diagrama de dispersión con una línea recta inserta, mostrando las desviaciones verticales cuya suma de cuadrados deberá ser reducida al mínimo por la elección adecuada de la línea recta.

las soluciones de los coeficientes son:

$$a = \frac{1}{n} \sum Y_i - \frac{b}{n} \sum X_i \quad (\text{A.7})$$

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum X_i \sum Y_i}{\sum X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum X_i)^2}$$

o lo que es igual

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (\text{A.8})$$

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2}$$

En las ecuaciones anteriores se omitieron los límites de las sumatorias, los cuales son invariablemente: $i=1$ para el límite inferior, y n para el superior.

Error Tipo de la Estima

Suponiendo que la falla del modelo supuesto para ajustar exactamente a las observaciones es únicamente una función de los errores, el cuadrado medio para las desviaciones respecto a la regresión (esto es el cuadrado medio residual) viene expresado por:

$$S_{\varepsilon}^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n-2)$$

Si \hat{Y}_i representa el valor de Y estimado de (A.6) para valores de X_i dados, una medida de dispersión alrededor de la línea de regresión viene dada por la cantidad

$$S_e = \left\{ \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (n-2) \right\}^{1/2} \quad (\text{A.9})$$

que se llama *error estandar* de la estima.

ANALISIS DE VARIANZA EXPLICADO POR EL ANALISIS DE REGRESION

Los cálculos de regresión pueden ser vistos también como un proceso de partición de la suma total de cuadrados, $\sum y^2$, en tres partes, cada una de las cuales es significativa y útil. Así, se puede comprobar que:

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= (\sum Y)^2/n + \sum (Y - \bar{Y})^2 \\ &= n\bar{Y}^2 + \sum (Y - \bar{Y})^2\end{aligned}\quad (\text{A.10})$$

Esto es, que la suma total de cuadrados es igual a la suma de los cuadrados debido a la media, más la suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media.

Usando los métodos de regresión, la suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la media, también puede subdividirse en dos partes; la suma de los cuadrados debido a la regresión y la suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la regresión (los residuos).

$$\sum (Y - \bar{Y})^2 = \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y - \hat{Y})^2 \quad (\text{A.11})$$

Luego:

$$\sum Y^2 = n\bar{Y}^2 + \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y - \hat{Y})^2 \quad (\text{A.12})$$

donde:

$$\begin{aligned}
 n\bar{Y}^2 &\rightarrow \text{Suma de cuadrados debido a la media.} \\
 \sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 &\rightarrow \text{Suma de cuadrados debido a la regresión.} \\
 \sum (Y - \hat{Y})^2 &\rightarrow \text{Suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la regresión.}
 \end{aligned}$$

Gráficamente, cada una de las particiones indicadas de la suma total de cuadrados se puede asociar con las sumas de los segmentos de las ordenadas Y . Esto se ilustra en la figura A-2, donde la ordenada Y_i asociada con X_i es particionada de acuerdo con la identidad:

$$Y_i = \bar{Y} + (\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)$$

esto quiere decir que Y observada es igual a la contribución debido a la media, más una contribución causada por la regresión, más la desviación de la regresión.

Error Estandar Estimado de la Pendiente

El error estandar estimado de b , es la raíz cuadrada de la varianza estimada de b , esto es

$$SE(b) = \frac{S_e}{\left\{ \sum (X - \bar{X})^2 \right\}^{1/2}} \quad (A.13)$$

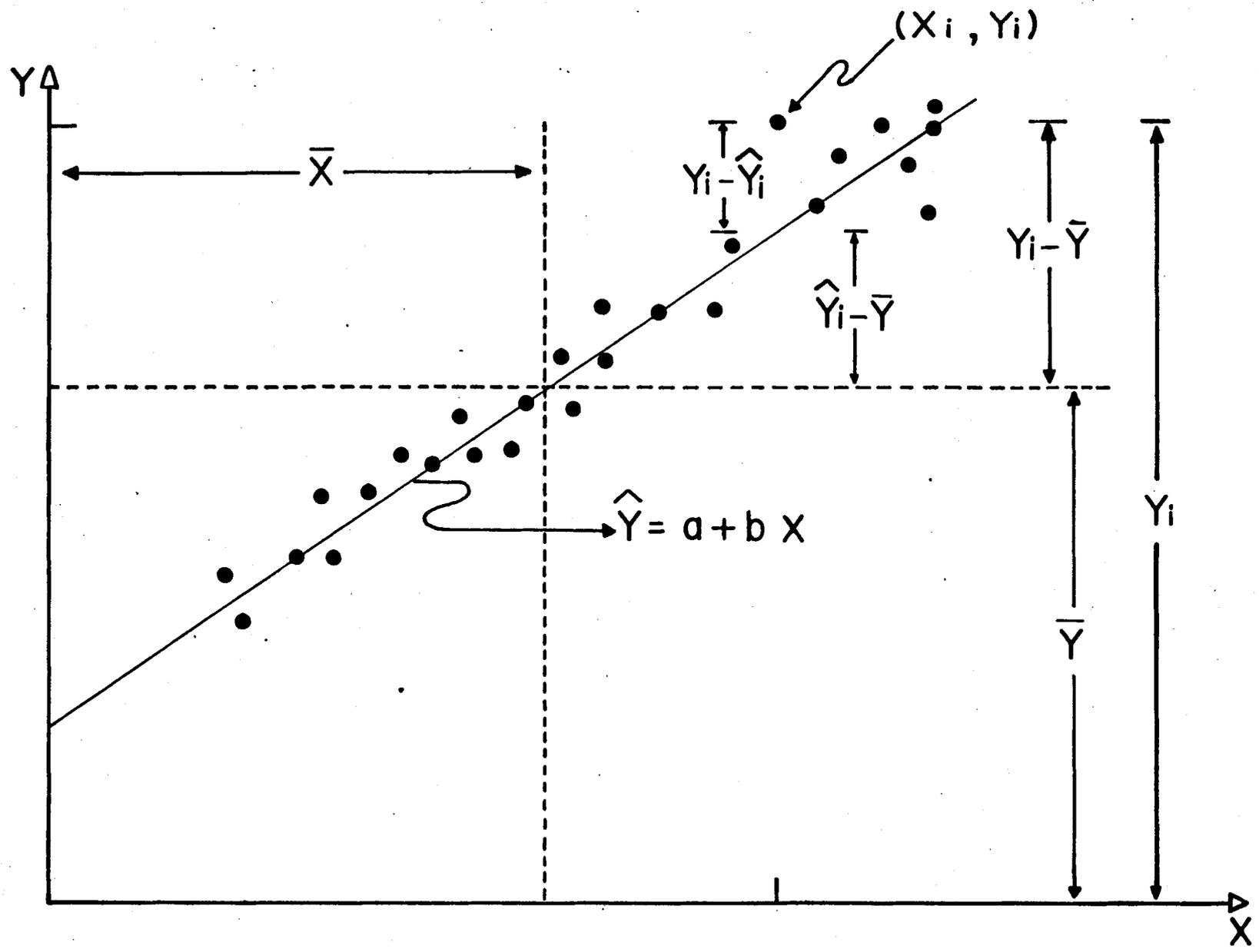


Figura A-2 Diagrama para ilustrar la partici3n de la suma total de cuadrados.

Coefficiente de Correlación

El coeficiente de correlación asociada con la regresión lineal simple, se obtiene de:

$$r_{XY} = \pm \sqrt{\frac{\text{Suma de cuadrados debido a la regresión}}{\text{Suma de cuadrados de la desviación con respecto a la media}}}$$

luego:

$$r_{XY} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (Y - \bar{Y})^2}} \quad (\text{A.14})$$

Para una relación lineal entre dos variables, la ecuación (A.14) se convierte en

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left\{ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right\}^{1/2} \left\{ \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right\}^{1/2}}$$

Immediatamente se podrá observar que el coeficiente de correlación asociado con la regresión lineal simple, se obtiene fácilmente una vez que se ha efectuado el análisis de regresión. Además es obvio que: $-1 \leq r \leq 1$, donde -1 representa una asociación lineal negativa perfecta en la muestra, y, $+1$ representa una asociación lineal positiva perfecta en la muestra. Un valor de cero indica que no existe en la muestra relación lineal entre X y Y .

APENDICE B

PROGRAMA PARA EL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS *

Este apéndice documenta el Programa FORTRAN utilizado en el procesamiento automatizado de los datos océano/climatológicos, provenientes de las estaciones costeras.

El proceso se realizó en un computador IBM Sistema 3, Modelo 10, que tiene una capacidad de memoria de 16K (1K = 1024 bytes). El tamaño básico de memoria para un programa es de 12K, los 4K restantes son requeridos por el supervisor del ordenador.

El tamaño de este programa excede en mucho los 12K, disponible razón por la cual fue necesario parcelarlo en dos unidades principales: FISP50 y FISP51, además en subrutinas adicionales como FISR51, FISR52 y FISR53.

Las unidades principales FISP50 y FISP51 se encuentran relacionadas por medio de una sentencia INVOKE y los datos se mantienen en la memoria mediante la sentencia GLOBAL.

* El listado de las unidades principales, Subrutinas y Subprogramas FUNCTION, así como la definición de todas las variables en orden alfabético, se encuentran al final de este apéndice.

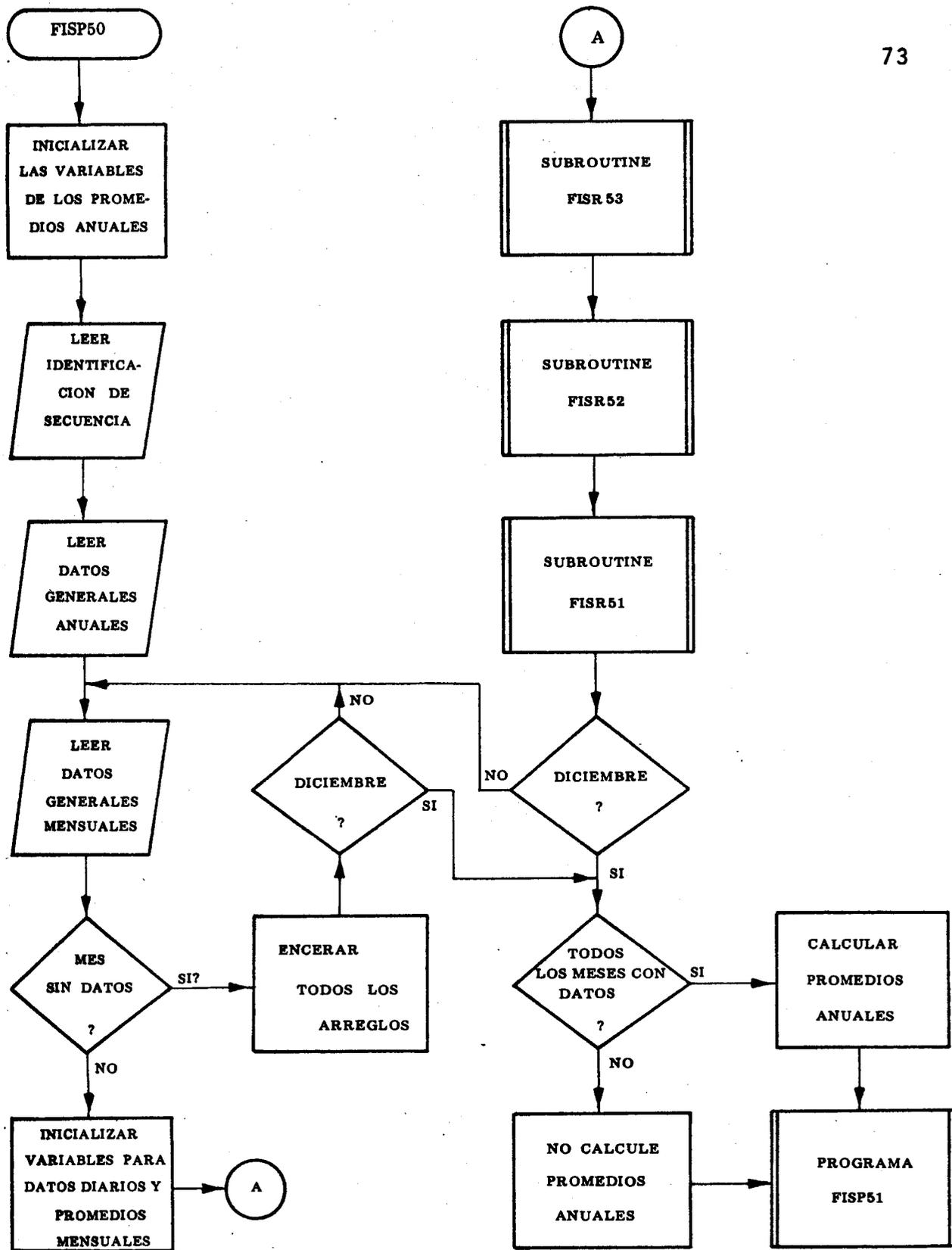


FIGURA B-1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA FISP50

Programa FISP50

Ejerce las funciones de coordinador de las diferentes operaciones. El diagrama de flujo se encuentra en la Figura B-1. Sus tareas principales son:

1. Inicialización de las variables.
2. Lectura de las dos tarjetas cabeceras que contienen los datos generales de la estación. Esto se repite tantas veces como años se vayan a ejecutar.
3. Llamar a las subrutinas principales.
4. Calcular los promedios anuales para cada variable.
5. Invoca al Programa FISP51.

Subroutine FISR53

En esta Subrutina se realizan los cálculos con los datos diarios. La Figura B-2 muestra el diagrama de flujo correspondiente. Sus funciones son:

1. Leer los datos diarios.
2. Ubicar en los arreglos, los indicadores de los datos que fueron clasificados previamente como errados.
3. Reducir las temperaturas que fueron leídas en grados Fahrenheit a grados centígrados.
4. Efectuar las sumatorias de las variables, tanto para los promedios mensuales como para los promedios de cinco días.

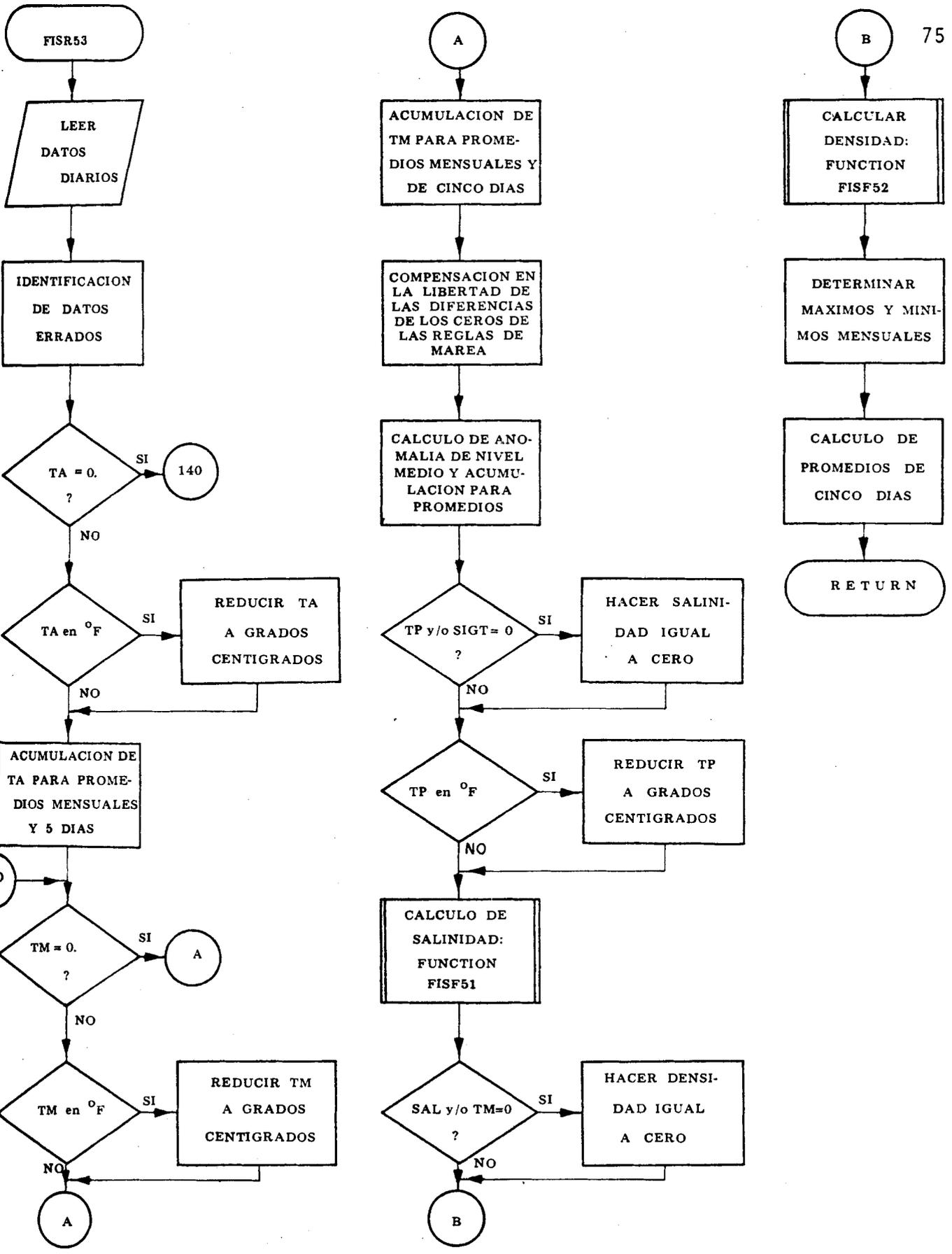


FIGURA B-2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA FISR53

5. Calcular anomalía de nivel medio diario.
6. Llamar los subprogramas FUNCTION FISF51 y FISF52.
7. Calibración de la Salinidad obtenida en FISF51.
8. Determinar los valores Máximos y Mínimos mensuales.
9. Calcular los promedios de cinco días.

Subroutine FISR52

Por las limitaciones de la memoria disponible en el computador, fue preciso crear esta subrutina, cuya función es la de imprimir las cabeceras de los resúmenes mensuales, controlando previamente que se impriman dos resúmenes por página. Un ejemplo de esta salida se puede apreciar en la Tabla 3.1.

Subroutine FISR51

La Figura B-3 contiene el diagrama de flujo de esta subrutina.

Las tareas que realiza son:

1. Asignar los asteriscos en los arreglos de salida para la identificación de los datos errados.
2. Imprimir el resumen mensual, el cual contiene los valores diarios de cada una de las variables y los promedios de cinco días.
3. Calcular los promedios mensuales, los máximos y mínimos de cada mes, el rango y la desviación estandar de los datos

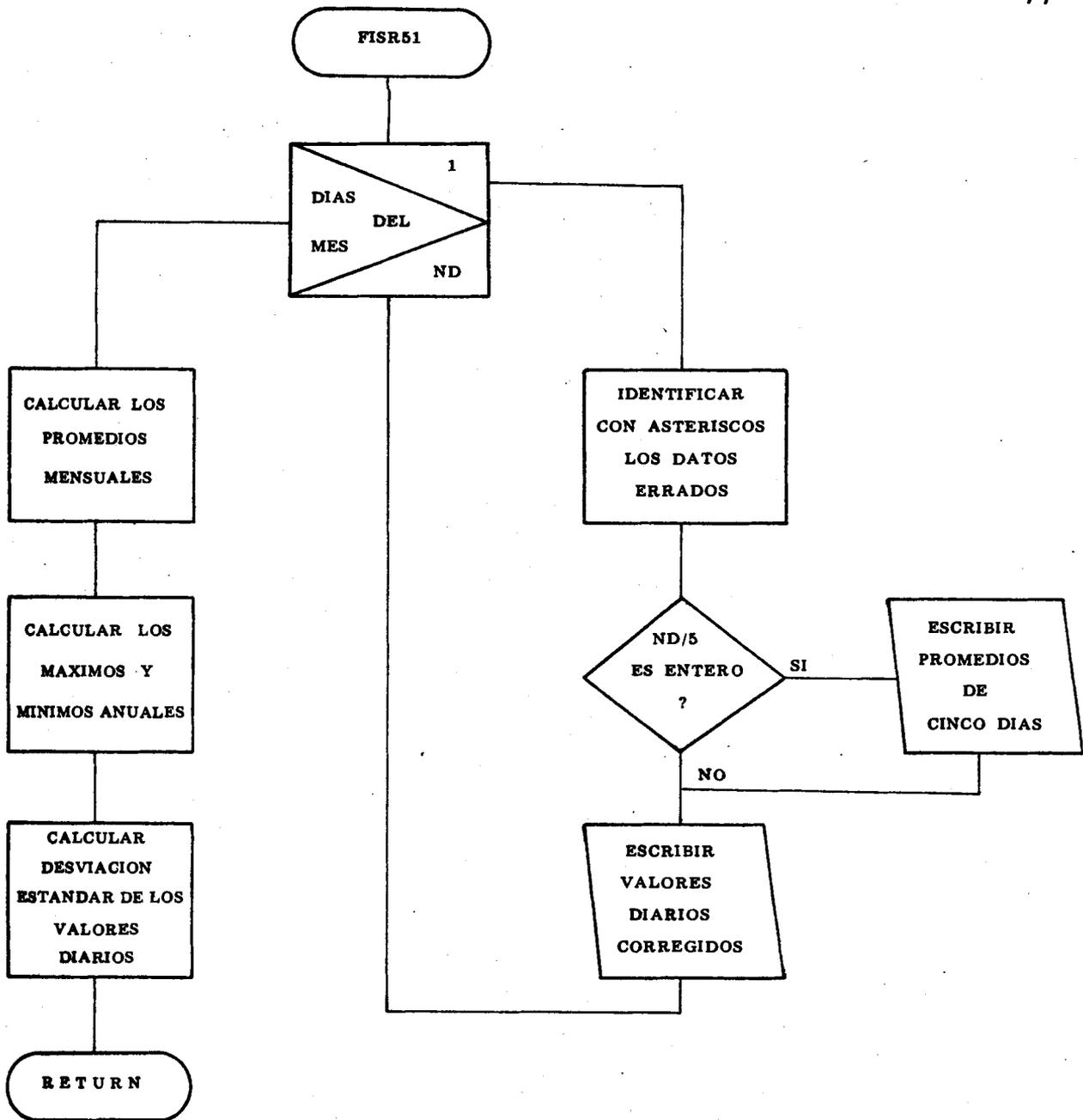


FIG. B - 3 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA FISR51

diarios con respecto a la media del mes.

Subprogramas FUNCTION

FUNCTION FISF51 tiene como objetivo principal calcular salinidad en función de la temperatura y del sigma-t del agua. Para esto evalúa las fórmulas de Knudsen para la determinación del sigma-0 (ecuaciones 3.2 a 3.4 y 3.6), luego por el método iterativo de Bierge-Vieta soluciona la ecuación 3.5 que es una cúbica en salinidad y que es una función únicamente de sigma-0.

La Salinidad obtenida es una función de temperatura y densidad de probeta, para lo cual fue necesario calibrar en FISF53, la salinidad obtenida. De esta manera, con la salinidad ya calibrada, podemos calcular la densidad real del agua de mar, esto se consigue en la FUNCTION FISF52, lo cual soluciona las fórmulas de Knudsen para la obtención del sigma-t (ecuaciones 3.1 a 3.5) pero teniendo en esta ocasión como datos de entrada, la temperatura del agua de mar y la salinidad de la misma.

Programa FISP51

Luego de que todo el proceso se ha efectuado, desde el programa FISP50 se requiere al programa FISP51 por medio de una sentencia FORTRAN INVOKE; en este programa se realiza exclusivamente la impresión del resumen anual de los datos y la grabación de los mis

mos en un disco para su utilización posterior. Un ejemplo de la salida del resumen anual puede ser observado en la Tabla 3.2.

Datos y Formatos de Entrada

Los datos provenientes de las estaciones costeras y que se utilizan como entrada a este programa son la fecha y hora en que se efectuó la observación, la temperatura del aire, la temperatura superficial del mar (balde) y probeta, la densidad de probeta y el nivel medio diario del mar.

Estos datos y otros datos generales para identificación de la estación y año que se procesa, han sido distribuidos en cuatro formatos. Los dos primeros se encuentran en el programa FISP50 y corresponden a los datos generales de la estación; el tercero que se encuentra en el mismo programa, contiene los datos cabeceros para cada mes; y el último está localizado en la subrutina FISR53 y corresponde a los datos diarios. A continuación se describirá cada uno de los formatos:

```
READ(1.50) IULANO,IA  
50 FORMAT(I1,I2)
```

Esta tarjeta se debe colocar al inicio de cada año de datos. La variable IULANO sólo llevará perforada un número 1 cuando se trate del único año que se procesa, o en todo caso, sea el último año

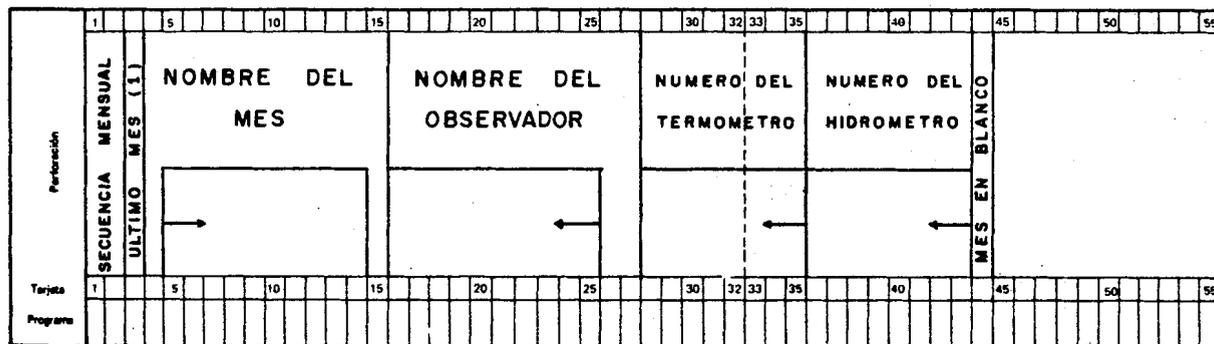
tad por las diferencias de los ceros de escala, y a los diferentes niveles medios de las dos series. Además especifica en qué archivo deberán ser grabados los resultados.

En NA se deberán perforar los dos últimos dígitos correspondientes al año.

Para ALAT y ALONG deberá efectuarse las perforaciones tal como se especifica en el diseño de la segunda tarjeta, pues de esta manera se puede mantener la uniformidad en los formatos de salida.

Por AA entra el nombre del puerto, el cual debe empezar a ser perforado desde la columna 29 y su longitud como máximo, puede llegar hasta la columna 38.

```
READ(1,2)NM,IULMES,RMES,OBSERV,TERMO,AHIDRO,IBLAN
2 FORMAT(I2,I1,2(3A4),2(2A4),I1)
```



DISEÑO DE LA TARJETA CABECERA DE LOS DATOS MENSUALES

Esta tarjeta debe ir colocada siempre, al inicio de cada mes.

En caso de que falten uno o varios meses de datos, de igual manera

deberá colocarse esta tarjeta, las cuales llevarán perforados los parámetros NM e IBLAN, en este último se perforará el número 1, que es el indicador de la ausencia de datos; en estos casos, irá a continuación la tarjeta con los datos cabeceros del siguiente mes.

RMES es el parámetro en el cual se perfora el nombre del mes, se empezará la perforación, necesariamente en la columna 5. Para los tres parámetros que le siguen, OBSERV, TERMO y AHIDRO, las dimensiones máximas están especificadas en el diseño de la tarjeta (columna 16-25, 28-35, 36-43, respectivamente) y es muy importante que se acomode la cantidad de tal manera que el dígito de la extrema derecha coincida con las columnas 25, 35 y 43 respectivamente.

```
READ(1,8)ND,IH,M1,MZ,TA,ITA,TM,ITM,TP,ITP,SIGT,DNM,IULDIA,ISIGT
8 FORMAT(2I2,2I1,3(F4.1,I1),F4.1,F5.1,2(I1,1x))
```

Estas tarjetas van a continuación de la tarjeta cabecera de los datos mensuales, y deberán ir ordenadas secuencialmente de acuerdo a los días. Si durante uno o varios días no se hubiesen efectuado observaciones, de todas maneras deberá colocarse una tarjeta que llevará perforada únicamente el valor del parámetro ND, correspondiente.

Todos los parámetros se encuentran bien definidos al final del apéndice, únicamente haré hincapié en M1 y M2. Estos dos parámetros contienen los minutos correspondientes a la hora de observación, M1 contiene las decenas de minuto y M2 las unidades de minuto. Fue ne

cesario hacer esto debido a que cuando los minutos correspondientes a la hora de observación es igual o menor que nueve, se asigna a M1 el valor de cero y se consigue que en la salida vaya impreso este valor sin dejar un blanco a la izquierda de M2, como ocurriría en caso de que se tuviera una sola variable de entrada con formato I2.

Finalmente después que está estructurado el bloque con todos los datos correspondientes a un año, es necesario colocar una tarjeta al final de este, la cual deberá ir en blanco.

PROCESS OBJECT(T,LIB(R1))

```

1      FUNCTION FISF51(SIGT,T)
2
3      IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
4      DIMENSION C(3),P(3),PP(3)
5      C(1)=-71.29073014
6      C(2)=120401.3359
7
8      C      EVALUACION DE LAS FORMULAS DE KNUDSEN PARA CALCULAR SIGMA-0
9      SJMAT=-(T*(T*(T+275.04)-2235.8396)+4482.8332)/(503.57*(T+57.25))
10     ASUBT=1.-(T*(T*(0.0010843*T-0.098155)+4.7857))/1000.
11     BSUBT=(T*(T*(0.01667*T-0.8164)+18.03))*0.000001
12     CSUBT=SJMAT-SIGT+.1324*ASUBT-(.1324**2)*BSUBT
13     RAIZ =SQRT(ASUBT**2-4.*BSUBT*CSUBT)
14     FISIG0=(-ASUBT+RAIZ)*.5/BSUBT
15     C(3)=(-0.09344586-FISIG0)/6.768E-06
16
17     C      DETERMINAR SALINIDAD POR EL METODO ITERATIVO DE BIERGE-VIETA
18     S0=35.0
19     PP(1)=1.0
20     EPSIL=0.001
21     9  P(1)=S0+C(1)
22     DO 10 K=2,3
23     P(K)=S0*P(K-1)+C(K)
24     PP(K)=S0*PP(K-1)+P(K-1)
25     10 SNU=S0-P(3)/PP(3)
26     IF (ABS(SNU-S0)-EPSIL)12,12,11
27     11 S0=SNU
28     GO TO 9
29     12 FISF51=SNU
30     RETURN
31     END

```

84

```

000 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION
103 I TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS REQUIRED IS      5
NAME-FISF51,PACK-FISICA,UNIT-R1,RETAIN-T,LIBRARY-R,CATEGORY-020

```

FORTRAN IV VER10/MOD00

PROCESS OBJECT(T,LIB(R1))

```

1      FUNCTION FISF52(S,T)
2
3      IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
4
5      C      DETERMINACION DE SIGMA-T POR LAS FORMULAS DE KNUDSEN
6      ST=-(T*(T*(T+275.04)-2235.8396)+4482.8332)/(503.57*(T+57.25))
7      AT=1.-(T*(T*(0.0010843*T-0.098155)+4.7857))/1000.
8      BT=(T*(T*(0.01667*T-0.8164)+18.03))*0.000001
9      S0=(S*(S*(0.00000679*S-0.000482495)+0.81487553))-0.09344586
10     FISF52=ST+AT*S0+BT*(S0**2)+0.1324*AT-0.01752976*BT
11     RETURN
12     END

```

```

000 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION
103 I TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS REQUIRED IS      4
NAME-FISF52,PACK-FISICA,UNIT-R1,RETAIN-T,LIBRARY-R,CATEGORY-020

```

REGORY VALJE-10
 ESS OBJECT(T,LIB(R1))

85

SUBROUTINE FISRS1(KK1, KK2, KK3, KK4)

```

IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
REAL KMAX, <MIN, KMAXA, <MINA
DIMENSION ICOD(2), <K1(31), <K2(31), <K3(31), <K4(31), I<K1(31), I<K2(31)
+, IKK3(31), IKK4(31), IKK5(31)
DATA ICOD/' ','*'/
GLOBAL DEVSTI(12,5), DEVSTD(12,5), ITOTAL(5), B(31,5), A(12,5), RANGD(1
+2,5), I(12,5), PA(5), IOTROS(31,3), OTROS(31,1), ALAT(3), ALONG(3), DBSER
+V(3), TERMO(2), AHIDRO(2), RMES(3), NM, ND, STA, STM, SSIG, SSAL, SVM, V5(31,
+5), AA(3), KMAXA(5), KMINA(5), KMAX(12,5), KMIN(12,5), NANO, NE, IJLAND, IA

```

C DETECCION DE LOS DATOS ERRADOS

```

DO 61 J=1, ND
KP1=KK1(J)+1
IKK1(J)=ICOD(KP1)
KP2=KK2(J)+1
IKK2(J)=ICOD(KP2)
KP3=KK3(J)+1
IKK3(J)=ICOD(KP3)
KP4=KK4(J)+1
IKK4(J)=ICOD(KP4)
KP5=1
IF(KP3.EQ.2) KP5=KP3
IF(KP4.EQ.2) KP5=KP4
IKK5(J)=ICOD(KP5)

```

C AVERIGUAR SI EL DIA QUE SE PROCESA ES 5 O MULTIPLO DE 5

```

IF( J.EQ.5) GO TO 7
IF( J.EQ.10) GO TO 7
IF( J.EQ.15) GO TO 7
IF( J.EQ.20) GO TO 7
IF( J.EQ.25) GO TO 7
IF( J.EQ.ND) GO TO 7

```

C ESCRIBIR DATOS CORREGIDOS DIARIOS

```

WRITE(3,27) J, IOTROS(J,1), IOTROS(J,2), IOTROS(J,3), B(J,1), IKK1(J), B(
+J,2), IKK2(J), OTROS(J,1), IKK3(J), B(J,3), IKK4(J), B(J,4), IKK5(J), B(J,
+5)

```

```

27 FORMAT(3X, I2, 3X, I2, ':', 2I1, 4X, 5(F4.1, A1, 3X), F5.1)
GO TO 61

```

C ESCRIBIR DATOS CORREGIDOS DIARIOS Y LOS PROMEDIOS DE 5 DIAS

```

7 WRITE(3, 8) J, IOTROS(J,1), IOTROS(J,2), IOTROS(J,3), B(J,1), IKK1(J), B(
+J,2), IKK2(J), OTROS(J,1), IKK3(J), B(J,3), IKK4(J), B(J,4), IKK5(J), B(J,
+5), (V5(J, <1), <1=1,5)
8 FORMAT(3X, I2, 3X, I2, ':', 2I1, 4X, 5(F4.1, A1, 3X), F5.1, 15X, 5(3X, F5.1))
61 CONTINUE

```

C CALCULO DE LOS PROMEDIOS MENSUALES Y ACUMULACION EN LOS ARREGLOS

```

TAM=STA/I(NM,1)
TNM=STM/I(NM,2)
SALM=SSAL/I(NM,4)
SIGM=SSIG/I(NM,3)
DNMM=SVM/I(NM,5)
A(NM,1)=TAM
A(NM,2)=TNM
A(NM,3)=SIGM
A(NM,4)=SALM
A(NM,5)=DNMM
DO 41 NV=1,5

```

C DETERMINAR LOS MAXIMOS Y MINIMOS MENSUALES

```

IF(KMAX(NM, NV).GT.<MAXA(NV)) KMAXA(NV)=KMAX(NM, NV)
IF(KMIN(NM, NV).LT.<MINA(NV)) KMINA(NV)=KMIN(NM, NV)
RANGD(NM, NV)=KMAX(NM, NV)-KMIN(NM, NV)
PA(NV)=PA(NV)+A(NM, NV)*I(NM, NV)
ITOTAL(NV)=ITOTAL(NV)+I(NM, NV)
DO 42 I1=1,31
IF(B(I1, NV)) 43, 42, 43

```

C CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR DE LOS DATOS DIARIOS

```

43 DEVSTI(NM, NV)=DEVSTI(NM, NV)+(B(I1, NV)-A(NM, NV))*#2
42 CONTINUE
41 DEVSTD(NM, NV)=SQRT(DEVSTI(NM, NV)/(I(NM, NV)-1))
RETURN

```

FORTRAN IV VER10/MDD00

// CATEGORY VALUE-10
*PROCESS OBJECT(T,LIB(R1))

```

1  SUBROUTINE FISR52 (KK)
2  IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
3  REAL KMAX,KMIN,KMAXA,KMINA
4  GLOBAL DEVST1(12,5),DEVSTD(12,5),ITOTAL(5),B(31,5),A(12,5),RANG0(1
+2,5),I(12,5),PA(5),IDTRDS(31,1),ALAT(3),ALONG(3),OBSER
+V(3),TERMD(2),AHIDRO(2),RMES(3),NM,ND,STA,STM,SSIG,SSAL,SNM,V5(31,
+5),AA(3),KMAXA(5),KMINA(5),KMAX(12,5),KMIN(12,5),NANO,NE,IJLAND,IA
5  IF(KK-1)72,73,72
6  WRITE(3,74)
7  FORMAT(1H1)
8  KK=2
9  GO TO 71
10 KK=1
11 WRITE(3,85)
12 FORMAT(///)

13 C  IMPRESION DE LAS CABECERAS PARA LOS RESUMENES MENSUALES
14 71 WRITE(3,26)AA,ALAT,OBSERV,RMES,ALONG,TERMD,VANJ,AHIDRO
26 FORMAT(3X,'ESTACION :',3A4,' LAT. :',3A4,' OBSERV :',3A4/3X,' MES. :',6
+X,' :',3A4,' LONG. :',3A4,' TERMD :',2X,2A4/3X,' ANO. :',6X,' :',19,' 12,26
+S,' AHIDRO :',2X,2A4/3X,' DIA HDRA TEMP DEN SALI ANJM. /8X,
* LOCAL AIRE MAR AGJA PRGB NIDAD N MED. /3X,36(.-.-),19X,36(.-.-))
15 * RETURN
16 END

```

```

000 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION
0L103 I TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS REQUIRED IS 7
NAME-FISR52,PACK-FISICA,UNIT-RI,RETAIN-T,LIBRARY-R,CATEGORY-010

```

SUBROUTINE FISRS3(KK1, KK2, KK3, KK4)

IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
 REAL KMAX, KMIN, KMAXA, KMINA
 DIMENSION JI(5), S(5), KK1(31), KK2(31), KK3(31), KK4(31)
 GLOBAL DEVSTI(12,5), DEVSTD(12,5), ITOTAL(5), B(31,5), A(12,5), RANGD(1
 +2,5), I(12,5), PA(5), IOTROS(31,3), OTROS(31,1), ALAT(3), ALONG(3), OBSER
 +V(3), TERMO(2), AHIDRO(2), RMES(3), NM, ND, STA, STM, SSIG, SSAL, SVM, V5(31,
 +5), AA(3), KMAXA(5), KMINA(5), KMAX(12,5), KMIN(12,5), NANO, NE, IULAND, IA

C COEFICIENTES A Y B DE LA RECTA DE REGRESION PARA COMPENSAR SALINI-
 C DAD

COEFA=9.39076
 COEFB=0.70322

C LECTURA DE DATOS DIARIOS

7 READ(1,8)ND, IH, M1, M2, TA, ITA, TM, ITM, TP, ITP, SIGT, DNM, IJ, DIA, ISIGT
 8 FORMAT(2I2, 2I1, F4.1, I1, F4.1, I1, F4.1, I1, F4.1, F5.1, I1, IX, I1)

C DEFINICION DE VARIABLES PARA IDENTIFICAR DATOS CALIFICADOS COMO
 C ERRADOS

KK1(ND)=ITA
 KK2(ND)=ITM
 KK3(ND)=ITP
 KK4(ND)=ISIGT
 KP5=0
 JSD=0
 IF(KK3(ND).EQ.1)KP5=1
 IF(KK4(ND).EQ.1)KP5=1
 IOTROS(ND,1)=IH
 IOTROS(ND,2)=M1
 IOTROS(ND,3)=M2

C REDUCCION DE TEMP. DEL AIRE Y ACUMULACION PARA PROMEDIOS MENSUALES
 C Y DE CINCO DIAS

IF(TA.EQ.0.)GO TO 140
 IF(TA.LT.40.)GO TO 200
 TA=5./9.*(TA-32.)
 200 IF(ITA.EQ.1)GO TO 140
 JI(1)=JI(1)+1
 I(NM,1)=I(NM,1)+1
 STA=TA+STA
 S(1)=TA+S(1)

C REDUCCION DE TEMP. DEL MAR Y ACUMULACION PARA PROMEDIOS MENSUALES
 C Y DE CINCO DIAS

140 IF(TM.EQ.0.)GO TO 141
 IF(TM.LT.40.)GO TO 201
 TM=5./9.*(TM-32.)
 201 IF(ITM.EQ.1)GO TO 141
 I(NM,2)=I(NM,2)+1
 JI(2)=JI(2)+1
 STM=TM+STM
 S(2)=TM+S(2)
 141 IF(DNM)9,21,9
 21 JSD=1
 GO TO 10
 9 I(NM,5)=I(NM,5)+1
 JI(5)=JI(5)+1

C COMPENSACION EN LA LIBERTAD DE LAS DIFERENCIAS DE LOS CEROS DE LAS
 C REGLAS DE MAREAS

IF(NE.NE.1)GO TO 31
 IF(NANO.LT.72)GO TO 50
 DNM=DNM+55.86

C CALCULO DE ANOMALIA DE NIVEL MEDIO Y ACUMULACION PARA PROMEDIOS
 C MENSUALES Y DE CINCO DIAS

50 DNM=DNM-263.362
 GO TO 34
 31 DNM=DNM-225.2
 34 SVM=DNM+SVM
 S(5)=DNM+S(5)

C REDUCCION DE TEMPERATURA DE PROBETA

10 IF(TP.EQ.0.)GO TO 4

```

      IF(TP.LT.40)GO TO 4
      TP=5./9.*(TP-32.)
4     IF(SIGT.EQ.0.)GO TO 13
      IF(1SIGT.EQ.1)GO TO 205
205   IF(TP.EQ.0.)GO TO 13
      GO TO 14
13    B(ND,4)=0.
      GO TO 35

C     LLAMAR FUNCION QUE CALCULA SALINIDAD
14    B(ND,4)=FISF51(SIGT,TP)
      B(ND,4)=COEFA+COEFB*B(ND,4)
      IF(KP5.EQ.1)GO TO 35
      JI(4)=JI(4)+1
      I(NM,4)=I(NM,4)+1
      SSAL=B(ND,4)+SSAL
      S(4)=B(ND,4)+S(4)
35    B(ND,1)=TA
      B(ND,2)=TM
      IF(B(ND,2).EQ.0.)GO TO 36
      IF(B(ND,4).EQ.0.)GO TO 36

C     CALCULO DEL SIGMA-T DEL AGUA DE MAR
      B(ND,3)=FISF52(B(ND,4),B(ND,2))
      IF((KK2(ND)+KK3(ND)+KK4(ND)).GT.0.)GO TO 36
      I(NM,3)=I(NM,3)+1
      SSIG=B(ND,3)+SSIG
      JI(3)=JI(3)+1
      S(3)=B(ND,3)+S(3)
36    B(ND,5)=DNM
      DTROS(ND,1)=TP
      DD 19 NV=1.5
      GO TO (210,211,212,213,101),NV
210   IF(ITA.EQ.0)GO TO 100
      GO TO 19
211   IF(ITM.EQ.0)GO TO 100
      GO TO 19
212   IF(1SIGT.EQ.0)GO TO 100
      GO TO 19
213   IF(KP5.EQ.0)GO TO 100
      GO TO 19
101   IF(JSD.EQ.1)GO TO 19

C     DETERMINACION DE LOS MAXIMOS Y MINIMOS MENSUALES
100   IF(B(ND,NV).GT.KMAX(NM,NV))KMAX(NM,NV)=B(ND,NV)
      IF(NV.EQ.5)GO TO 38
      IF(B(ND,NV))19,19,38
38    IF(B(ND,NV).LT.<MIN(NM,NV))<MIN(NM,NV)=B(ND,NV)
19    CONTINUE

C     CALCULOS DE LOS PROMEDIOS DE CINCU DIAS
      IF(ND.EQ.5)GO TO 15
      IF(ND.EQ.10)GO TO 15
      IF(ND.EQ.15)GO TO 15
      IF(ND.EQ.20)GO TO 15
      IF(ND.EQ.25)GO TO 15
      IF(IULDIA)7,7,15
15    DD 16 J=1.5
      IF(JI(J).LT.3)GO TO 11
      V5(ND,J)=S(J)/JI(J)
      GO TO 12
11    V5(ND,J)=0.
      JI(J)=0
      S(J)=0.
      GO TO 16
12    JI(J)=0
      S(J)=0.
16    CONTINUE
      IF(IULDIA)7,7,20
20    RETURN
      END

```

000 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

3 I TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS REQUIRED IS 16

NAME-FISR53,PACK-FISICA,JNIT-RI,RETAIN-T,LIBRARY-R,CATEGORY-010

HEAD DEVICE-MFCU1
 PRINT DEVICE-5203
 ACCESS OBJECT(T,LIB(R1)),NOLINK

PROGRAM FISPS0

```

    IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
    REAL KMAX,KMIN,KMAXA,KMINA
    DIMENSION KK1(31),KK2(31),KK3(31),KK4(31)
    GLOBAL DEVSTI(12,5),DEVSTD(12,5),ITOTAL(5),B(31,5),A(12,5),RANGO(1
+2,5),I(12,5),PA(5),IOTROS(31,3),OTRDS(31,1),ALAT(3),ALONG(3),OBSER
+V(3),TERM(2),AHIDRO(2),RMES(3),NM,ND,STA,STM,SSIG,SSAL,SNM,V5(31,
+5),AA(3),KMAXA(5),KMINA(5),KMAX(12,5),KMIN(12,5),NANO,NE,IULANO,IA
    DO 1 NV=1,5
    KMAXA(NV)=-1000.
    KMINA(NV)=1000.0
    ITOTAL(NV)=0
    1 PA(NV)=0.
    KK=1

C     LEER TARJETA CON IDENTIFICACION DE SECUENCIA
    READ(1,50)IULANO,IA
    50 FORMAT(I1,I2)

C     LECTURA DE DATOS GENERALES ANUALES
    READ(1,5)NE,NANO,ALAT,ALONG,AA
    5 FORMAT(I1,I2,3(3A4))

    II=0

C     LECTURA DE DATOS GENERALES MENSUALES
    6 READ(1,2)NM,IULMES,RMES,OBSERV,TERM, AHIDRO,IBLAN
    2 FORMAT(I2,I1,2(3A4),2(2A4),I1)
    IF (IBLAN)54,54,52
    52 DO 53 NV=1,5
    A(NM,NV)=0.
    KMAX(NM,NV)=-0.
    KMIN(NM,NV)=0.
    RANGO(NM,NV)=0.
    DEVSTD(NM,NV)=0.
    53 I(NM,NV)=0
    IF (IULMES)6,6,17
    54 II=II+1
    STA=0.
    STM=0.
    SSIG=0.
    SSAL=0.
    SNM=0.
    DO 3 NV=1,5
    KMIN(NM,NV)=1000.
    KMAX(NM,NV)=-1000.
    I(NM,NV)=0
    3 DEVSTI(NM,NV)=0.

C     LLAMAR A SUBROUTINAS PRINCIPALES
    CALL FISR53(KK1,KK2,KK3,KK4)
    CALL FISR52(KK)
    CALL FISR51(KK1,KK2,KK3,KK4)
    IF (IULMES)6,6,17
    17 IF (II-12)31,100,9

C     CALCULO DE MEDIAS ANUALES
    100 DO 18 NV=1,5
    18 PA(NV)=PA(NV)/ITOTAL(NV)
    GO TO 86
    31 DO 32 NV=1,5
    32 PA(NV)=0.
    86 INVOKE FISPS1
    9 STOP
    END
    
```

100 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

11 TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS REQUIRED IS 11

NAME-FISPS0,PACK-FISICA,UNIT-R1,RETAIN-T,LIBRARY-R,CATEGORY-255

PRINT DEVICE-5203
 READ DEVICE-MFCU1
 AD44 UNITNO-25
 ACCESS OBJECT(T,LIB(R1)),NOLINK

90

PROGRAM FISP51

```

IMPLICIT INTEGER*2(I-N)
REAL KMAX,KMIN,KMAXA,KMINA
DEFINE FILE 25(76,1347,L,KK)
GLOBAL DEVSTI(12,5),DEVSTD(12,5),ITOTAL(5),B(31,5),A(12,5),RANGD(1
+2,5),I(12,5),PA(5),IOTRDS(31,3),OTRDS(31,1),A_LAT(3),A_LONG(3),JBSER
+V(3),TERMJ(2),AHDRJ(2),RMES(3),NM,ND,STA,STM,SSIG,SSAL,SNM,V5(31,
+5),AA(3),KMAXA(5),KMINA(5),KMAX(12,5),KMIN(12,5),NANO,NE,IULAND,IA
WRITE(3,21)AA,ALAT,ALONG,NANO
21 FORMAT(1H1//23X,'ESTACION : ',3A4,' LAT: ',3A4,' LONG:',3A4,' AND
+: 19',12 //15X,'ENE',4X,'FEB',4X,'MAR',4X,'ABR',4X,'MAY',4X,'JUN',
+4X,'JUL',4X,'AGO',4X,'SEP',4X,'OCT',4X,'NOV',4X,'DIC',4X,'MEDIA',2
+X,'MAX',4X,'MIN'// 3X,113('-'//)

```

C ESCRIBIR SBTITULOS EN SALIDA DE RESUMENES ANUALES

```

DO 24 NV=1,5
GO TO(51,52,53,54,55),NV
51 WRITE(3,56)
GO TO 24
52 WRITE(3,57)
GO TO 24
53 WRITE(3,58)
GO TO 24
54 WRITE(3,59)
GO TO 24
55 WRITE(3,60)

```

C ESCRIBIR RESUMEN ANUAL DE DATOS

```

24 WRITE(3,22)(A(NM,NV),NM=1,12),PA(NV),(KMAX(NM,NV),NM=1,12),KMAXA(N
+V),(KMIN(NM,NV),NM=1,12),KMINA(NV),(RANGD(NM,NV),NM=1,12),(DEVSTD(
+NM,NV),NM=1,12),(I(NM,NV),NM=1,12),ITOTAL(NV)
56 FORMAT(/6X,' TEMP. AMBIENTAL (GRADOS CENTIGRADOS)//)
57 FORMAT(/6X,' TEMP. DEL MAR (GRADOS CENTIGRADOS)//)
58 FORMAT(/6X,' SIGMA-T (DENSIDAD-1.0)*E03//)
59 FORMAT(/6X,' SALINIDAD (PARTES POR MIL)//)
60 FORMAT(/6X,' ANOMALIA NIVEL MEDIO (CENTIMETROS , REFERIDO AL MTL
+)//)
22 FORMAT(3X,'MEDIA',6X,13(F5.1,2X)/3X,'MAX.',7X,12(F5.1,2X),6X,F5.1/
+3X,'MIN.',7X,12(F5.1,2X),13X,F5.1/3X,'RANGD',6X,12(F5.1,2X)/3X,'DE
+S. STD.',3X,12(F5.2,2X)/3X,'N. OBS.',5X,12(I2,5X),1X,'TOTAL OBS :
+',13//)
KK=IA

```

C GRABAR EN DISCO RESUMEN ANUAL

```

WRITE(25*KK,15)((I(NM,NV),NM=1,12),NV=1,5),((A(NM,NV),NM=1,12),NV=
+1,5),((KMAX(NM,NV),NM=1,12),NV=1,5),((KMIN(NM,NV),NM=1,12),NV=1,5)
+,(DEVSTD(NM,NV),NM=1,12),NV=1,5),NE,NANO,ALAT,A_LONG
15 FORMAT(60I2,240F5.1,I1,I2,2(3A4))
IF(IULAND.EQ.1)GO TO 99
INVOKE FISP50
99 STOP
END

```

000 TOTAL ERRORS FOR THIS COMPILATION

03 I. TOTAL NUMBER OF LIBRARY SECTORS REQUIRED IS 15

NAME-FISP51,PACK-FISICA,UNIT-R1,RETAIN-T,LIBRARY-R,CATEGORY-255

DESCRIPCION DE LOS PARAMETROS UTILIZADOS EN EL PROGRAMA

<u>PARAMETROS</u>	<u>DEFINICION</u>
A*	Promedios mensuales para cada variable.
AA	Nombre del Puerto.
AHIDRO	Número del Hidrómetro utilizado.
ALAT	Latitud correspondiente a la estación.
ALONG	Longitud correspondiente a la estación.
ASUBT	A_t .- (Capítulo III, Ecuación 3.3).
AT	A_t .- (Capítulo III, Ecuación 3.3).
B*	Valores diarios de cada variable.
BSUBT	B_t .- (Capítulo III, Ecuación 3.4).
BT	B_t .- (Capítulo III, Ecuación 3.4).
C*	Constante utilizadas en el método iterativo de Bierge-Vieta.
COEFA	Coefficiente a de la recta de regresión (Capítulo III, Ecuación 3.8).
COEFB	Coefficiente b de la recta de regresión (Capítulo III, Ecuación 3.8).
CSUBT	C_t .- Variable auxiliar para el cálculo de Sigma-0 (Capítulo III, Ecuación 3.6).
DEVSTI*	Diferencia de cuadrados entre el valor diario y la media mensual.
DEVSTD*	Desviación estandar de los valores diarios con respecto a la media mensual.

* ARREGLOS que se encuentran Dimensionados en las sentencias GLOBAL o DIMENSION.

<u>PARAMETROS</u>	<u>DEFINICION</u>
DNM	Nivel medio diario.
DNMM	Media mensual de la anomalía de nivel medio.
EPSIL	Término de convergencia determinado por el grado de precisión requerido.
FISIGO	SIGMA-0 obtenido en FUNCTION FISFSI.
I*	Número de observaciones en un mes.
IA	Secuencia del registro correspondiente en el <u>archi</u> vo de disco.
IBLAN	Identifica un mes que no tuvo observaciones.
ICOD	Codigo para imprimir un asterisco en caso de que el dato sea errado.
IH	Hora de observación.
II	Número de meses que en un año tuvieron datos.
IKK1	Almacena asterisco si temperatura ambiental es errada.
IKK2	Almacena asterisco si temperatura del mar es errada.
IKK3	Almacena asterisco si temperatura de probeta es <u>erra</u> da.
IKK4	Almacena asterisco si Sigma-t es errado.
IKK5	Almacena asterisco si Salinidad es errada.
IOTROS*	Arreglo que almacena la hora y los minutos de la observación.
ISIGT	Si Sigma-t es un dato falso se le asigna el valor de uno.
ITA	Si la temperatura ambiental esta errada, se le <u>asig</u> na el valor de uno.

* ARREGLOS que se encuentran Dimensionados en las sentencias GLOBAL o DIMENSION.

PARAMETROSDEFINICION

ITM	Si la temperatura del mar es falsa, se le asigna el valor de uno.
ITOTAL*	Número total de observaciones diarias durante un año.
ITP	Cuando la temperatura de probeta es errada, lleva el valor de uno.
IULANO	Identifica el último año de la serie que se procesa.
IULMES	Identifica el último mes del año que se ejecuta.
J	Subíndice que lleva la secuencia diaria.
JI*	Acumulador del número de observaciones para el promedio de cinco días.
JSD	Cuando lleva el valor de uno, indica que no se observó mareas durante ese día.
KK*	Indica si hay que imprimir el resumen mensual en una nueva página (se imprimen dos meses por página).
KK1*	Arreglo en el que se almacenan los valores de ITA.
KK2*	Arreglo en el que se almacenan los valores de ITM.
KK3*	Arreglo en el que se almacenan los valores de ITP.
KK4*	Arreglo en el que se almacenan los valores de ISIGT.
KMAX*	Máximo mensual.
KMAXA*	Máximo anual.
KMIN*	Mínimo mensual.
KMINA*	Mínimo anual.
KP1	Subíndice para seleccionar el caracter que se imprimirá por ICOD, junto al valor de TA.

* ARREGLOS que se encuentran Dimensionados en las sentencias GLOBAL o DIMENSION.

PARAMETROSDEFINICION

KP2	Subíndice para seleccionar el carácter que se imprimirá por ICOD, junto al valor de TM.
KP3	Subíndice para seleccionar el carácter que se imprimirá por ICOD, junto al valor de TP.
KP4	Subíndice para seleccionar el carácter que se imprimirá por ICOD, junto al valor de Sigma-t.
KP5	Subíndice para seleccionar el carácter que se imprimirá por ICOD, junto al valor de Salinidad.
M1	Variable de entrada para las decenas de minuto.
M2	Variable de entrada para las unidades de minuto.
NANO	Año a procesar.
ND	Variable de entrada con la secuencia de los días.
NE	Código de la estación (1 → La Libertad, 2 → Baltra).
NM	Subíndice para la secuencia de los meses (de 1 a 12).
NV	Subíndice para el código de las variables (1 → Temperatura ambiental, 2 → Temperatura del mar, 3 → Sigma-t, 4 → Salinidad, 5 → Anomalía de nivel medio).
OBSERV	Nombre del Observador.
P*	Variable auxiliar para la solución de la cúbica en salinidad.
PA*	Media aritmética ponderada anual.
PP*	Variable auxiliar para la solución de la cúbica en salinidad.
RAIZ	Raíz cuadrada del discriminante para la solución

* ARREGLOS que se encuentran Dimensionados en las sentencias GLOBAL o DIMENSION.

PARAMETROSDEFINICION

	de Sigma-0.
RMES	Nombre del mes.
RANGO	Rango mensual para cada variable.
S*	Sumatorio para los promedios de cinco días.
SALM	Media mensual de salinidad.
SIGM	Media mensual de sigma-t.
SIGT	Sigma-t diario.
SNM	Sumatorio de los valores diarios de anomalía de nivel medio durante el mes.
SNU	Salinidad determinada por el método indirecto.
SSAL	Sumatorio de los valores diarios de salinidad durante el mes.
SSIG	Sumatorio de los valores diarios de sigma-t durante el mes.
S0 (FISF51)	Valor inicial asignado a la salinidad.
S0 (FISF52)	Sigma-0 (Capítulo III, Ecuación 3.6).
ST	t (Capítulo III, Ecuación 3.2).
STA	Sumatorio de los valores diarios de temperatura ambiental durante el mes.
STM	Sumatorio de los valores diarios de temperatura del mar durante el mes.
SUMAT	t (Capítulo III, Ecuación 3.2).
TA	Temperatura ambiental diaria.
TAM	Media mensual de temperatura ambiental.
TM	Temperatura del mar diario.

* ARREGLOS que se encuentran Dimensionados en las sentencias GLOBAL o DIMENSION.

PARAMETROSDEFINICION

TNM	Media mensual de temperatura del mar.
TP	Temperatura de probeta diaria.
TERMO	Número del termómetro utilizado.
V5*	Promedios de cinco días

* ARREGLOS que se encuentran Dimensionados en las sentencias GLOBAL o DIMENSION.

B I B L I O G R A F I A

- Bjerknes, Jacob, 1961: El Niño Study based on analysis of ocean surface temperatures, 1935-1957. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 5(3), 219-303.
- Carrillo, C. N., 1892: Estudios sobre las corrientes marinas y especialmente la corriente de Humboldt, Sociedad Geográfica de Lima, Tomo II.
- Enfield, D. B., 1975: Oceanografía de la región norte del Frente Ecuatorial.- Aspectos Físicos. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.
- Guillén, O. 1967: Anomalies in the waters off the Peruvian Coast during March and April 1965. Stud. Trop. Oceanogr. Miami. 5, 452-465.
- Instituto del Mar, 1972: La anchoveta en relación con el fenómeno El Niño de 1972. Inf. Esp. N° IM-104.
- Knudsen, Martin, 1901: Hydrographical Tables. Copenhagen G. E. G. Gad.
- McCalla, T. M., 1967: Introduction to Numerical Methods and FORTRAN Programming. John Wiley and Sons, Inc.
- Posner, Gerald S., 1957: The Peru Current Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Vol. 16(2), 106-155.
- Quinn, W. H., 1974: Monitoring and Predicting El Niño Invasions. Journal of Applied Meteorology. Vol. 13, N° 7, October, 1974, pp. 825-830.

- Quinn, W. H., and W. V. Burt, 1970: Prediction of abnormally heavy precipitation over the equatorial Pacific dry zone. *J. Appl. Meteor.*, 9, 20-28.
- Smith, R., 1968: Upwelling, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, H. Barnes, Ed; London, 6, 11-46.
- U. S. Coast and Geodetic Survey, 1969: Manual de Observación de las Mareas. Publicación N° 30-1-S.
- Zuta, D. B. Enfield, J. Valdivia, P. Lagos, and C. Blandín, 1974: Physical aspects of the 1972-1973 El Niño phenomenon. Paper presented at the IOC El Niño Workshop in December 1974, Guayaquil, Ecuador.